

# 生存圈研究



No. 10

2014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。本第10号は、平成25年度の成果を基に発行します。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下さい（〒611-0011宇治市五ヶ庄、電話番号0774-38-3346、E-mail: edit-j-journal@rish.kyoto-u.ac.jp）。

#### 編集委員

阿部賢太郎	上地 恭子	岸本 芳昌
日下部利佳	杉山 淳司	反町 始
高橋けんし	馬場 啓一	古本 淳一

## 目 次

### 総説

電波は生存圏を救う .....	1
	篠原 真毅
末端リグニン分解菌と位置づけられる微生物 .....	9
	渡邊 崇人
木材から燃料電池用材料をつくる .....	17
	畑 俊充
災害に立ち向かう先端大気観測とその社会還元 .....	23
	古本 淳一, 東 邦昭
生存圏科学の新領域開拓 .....	29
★共同利用	
MUレーダー / 赤道大気レーダー全国国際共同利用 .....	57
電波科学計算機実験装置 (KDK) 全国国際共同利用 .....	67
METLAB全国国際共同利用 .....	73
木質材料実験棟全国国際共同利用 .....	79
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 .....	87
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 .....	93
先進素材開発解析システム全国国際共同利用 .....	101
生存圏データベース全国国際共同利用 .....	107
生存圏学際萌芽研究センター .....	113
研究業績 .....	167



# 電波は生存圏を救う

篠原 真毅\*\*

## 1. はじめに

「生存圏研究所」とは「人類の生存に必要な領域と空間を「生存圏」としてグローバルにとらえ、その状態を正確に「診断」するとともに、それに基づいて現状と将来を学術的に正しく評価・理解し、さらにその生存圏の「治療・修復」を積極的に行なうことを目指した研究を遂行する」研究所です<sup>1)</sup>。研究所内には様々な研究を遂行する先生方が居られますが、私は電波を用いた研究をしています。電波は生存圏に何の関係があるのでしょうか？電波だけではありませんが、私たち人間にとって電波技術を含む科学技術は生存のために不可欠な要素だと思います。

私たち人間は「裸のサル」とも呼ばれ、生物としてはサルの幼生がそのまま大きくなってしまった不思議な生物で、体毛もなく、生まれて立ち上がるまでに約1年もかかる(普通の哺乳類は生まれて数分で立つ)、体一つでは生きていけない不思議な生物という説があります。しかし、それでも人間は地球上にすべての生物を搾取して君臨しています。これは知能が異常に発達し、生物として駄目な部分を知能と、その発現である科学技術で補完しているからと思っています。体毛がなければ服を發明し作り、子供が生まれて1年も全く無防備であれば家族や社会システムを作って子供を守り、生き延びるために食物を採取するのみならず農業を始め、そして様々な科学技術が私たちの生存を支えています。科学技術がなければ(つまり知能がなければ)人間は生存できないと思います。近年「行き過ぎた科学技術は人間を滅ぼす」という論調が目立ちますが、どこまで行きすぎたとするのかははっきりしませんし、イメージだけの問題でしょう。すぐに我々の役には立たないように見え、人間を滅ぼすかに見える最先端科学は、我々の生存を支える基盤技術や社会システムを支えるために必須であり、イメージで研究を減速させることは人間という不思議な生物自体の否定に見えます。

このような思いで、電波を応用した様々なエネルギーシステムの研究を私は行っています。大きく分けると 1) 宇宙で発電した電力を電波で地上に送る「宇宙太陽発電所」の研究、2) 電池を電波で充電したり電池レスで電波だけで電気製品を動かすような「無線電力伝送」の研究、3) 電波で新材料を作る研究、の3つを宇治キャンパスで行っています。今回はこれらの内容について説明します。

## 2. 宇宙太陽発電所 SPS<sup>2)</sup>

宇宙開発には重大な意味があると思います。近視的には多大なコストのわりにリターンが少なく見える宇宙開発や宇宙科学は意味がないように思えるかもしれません。しかし、今地球は真綿で首を絞められるがごとく少しずつおかしくなっています。最近すっかり忘れられ、下手をするとその問題すら否定するような論調に変わってしまった地球温暖化問題は何も解決していません。豪雨や竜巻等が起こると「温暖化問題のために」と少し他人ごとのように天気予報で触れるだけで、5年ほど前の「地球温暖化問題を解決しない限り地球に未来はない」的な論調はすっかり影をひそめました。人間は信じたいものしか信じないという特性があるので仕方がないのですが、我々の首を絞めているのは私達人間以外の何者でもないのです。地球上に人類が今の勢いで増え続ける限り、地球は破滅へ向かい続けるでしょう。宇宙空間を利用することは人類を地球の重力から解放し、生存のためにその活動を広げることを意味すると思っています。私達はこれを「生存圏の持続的発展」として捉えています。図

---

\*\* 〒611-0011 宇治市五ヶ庄 京都大学生存圏研究所生存圏電波応用分野。  
E-mail: shino@rish.kyoto-u.ac.jp

1はそのイメージ図ですが、地球上のみならず宇宙圏からもエネルギーをはじめ様々な循環系を構築し、持続的に発展していける地球や生活のイメージと考えています。すぐにリターンが返らない宇宙開発は、近未来の人類や地球のために重要な意味を持っているのです。



図1 「生存圏の持続的発展」のイメージ

このような思いの下、生存圏研究所では宇宙圏の研究を行っています。その中でも特に「宇宙太陽発電所SPS (Solar Power Satellite/Station)」の実現のために日々研究を行っています。SPSとは宇宙空間で超大型の太陽電池パネルを広げ、太陽光発電によって得られる直流電力をマイクロ波という電波に変換して、送電アンテナから地球や宇宙都市の受電所に設置されるレクテナと呼ばれる受電アンテナへ伝送し、再び直流電力に戻す方式の発電所構想です(図2)。SPSは、地球上のエネルギー不足を補い、様々な問題を抱える原子力発電所の不足を補い、環境破壊や地球温暖化をもたらす火力発電所に代わる大型基幹電力供給源となり得るものとして1968年に米国のピーター・グレーザーによって提案されました。以降40年以上絶え間なく研究が行われています。

SPSは宇宙空間に浮かぶ発電所から地上に電力を送らなければならないため、無線による電力伝送技術が重要となります。SPSは上空36,000kmの静止衛星軌道にあり、常に地上から止まっているかのように見えています。受電側ではマイクロ波をレクテナと呼ばれる整流アンテナで再び電気エネルギーに再変換して利用します。マイクロ波はISMバンド(産業・科学・医療用周波数帯)である2.45GHzや5.8GHzの周波数を用いることが検討されています。SPSは宇宙空間で太陽光発電を行い、地上へマイクロ波送電するシステムであるため、他の新技術のように越えなければいけない技術ハードルはほとんどありません。唯一発電所としてのビジネスモデルを考えた際に必要な技術の研磨及び量産性が求められているだけなのです。SPSは2040年頃の実現を目指して検討が進められています。

我が国は2009年6月に制定された宇宙基本計画<sup>3)</sup>、及び2013年1月に改定された宇宙基本計画<sup>4)</sup>で共にSPS研究開発の推進をうたっています。国の宇宙開発計画にSPSが明記されているのは現在世界中でも日本だけです。しかし残念ながら、SPSは国の本格プロジェクトとしてはまだ始動していないのが現

実です。SPSプロジェクトとしては2013年現在経済産業省が推進する太陽光発電無線送電技術委員会が無線電力伝送システム開発は行っており、近々マイクロ波無線電力伝送の地上実証実験を予定しています。日本の宇宙開発の中心であるJAXAも一部ではSPS研究を推進し、経産省プロジェクトと現在も連携してはいます、他の宇宙プロジェクトと比べるべくもないほど小さなものです。京都大学では30年以上前からマイクロ波無線電力伝送の研究を中心としたSPS研究を進めています。現在は宇治キャンパス内にある実験設備の中で正確なマイクロ波ビームの制御方法の研究や、小型試験衛星の設計研究等を行っています。経済産業省プロジェクトの委員長も著者です。

このような状況ですが、我が国及び世界が推進してきたSPS及び無線電力伝送技術研究が技術の民生展開を推進し、逆に民生研究が宇宙応用へと逆輸入され始めたという嬉しいニュースがありました。2013年6月には世界最大の米国電気学会IEEEが「民生用無線電力伝送技術の発展が宇宙開発及びSPSを牽引する」と発表したのです<sup>5)</sup>。無線電力伝送は10年前まではSPSのみが魅力的な応用でした。しかし今IEEEが発表したように、SPS以外でも様々な応用が進んでいるのです。

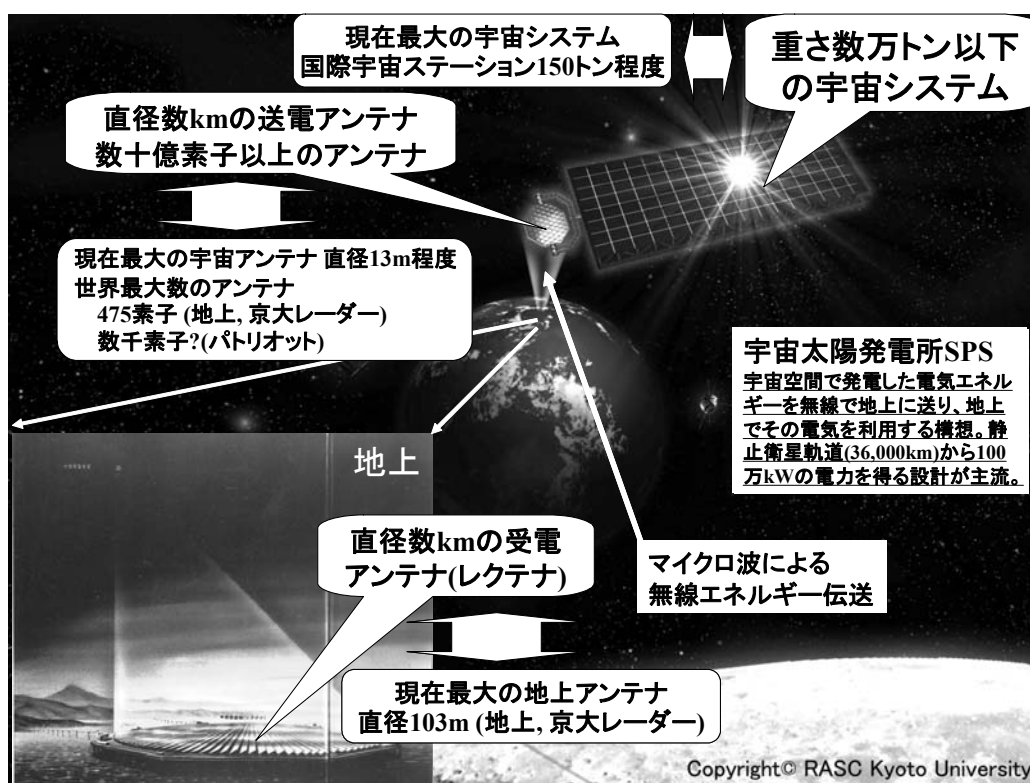


図2：宇宙太陽発電所 SPS の概念図と特徴

### 3. 無線電力伝送<sup>6)</sup>

一番古い無線電力伝送実験は100年以上前に行われました。しかしこの頃は電波エネルギーを伝えるほどに1か所に集中させる技術がなく、失敗に終わりました。第2次世界大戦以後にマイクロ波という携帯電話でも今使われている電波を発生させることができる技術が生まれ、その後1960年代にはマイクロ波を使って電波エネルギーを1か所に集中させることができるようになり、マイクロ波無線電力伝送の技術が始まりました。しかし、電波エネルギーを1か所に集中させることができたといってもまだ私たちが日常使うには大きすぎるシステムと高すぎるコストであったため、マイクロ波無線電力伝送は商売としてはうまく発展できませんでした。ちょうどマイクロ波無線電力伝送の実験が行われていた頃に先述の Glaser が SPS を提唱したため、以後マイクロ波無線電力伝送は SPS 研究と寄り添うように発展してきたのです。

しかし、無線で電力を送る方法は電波を使う以外にもう一つあり、コイルを介して磁場で行う方法がこれも 100 年以上前から研究されており、こちらは電気ポットやシェーバー、IC カード等に実用化されてきました。しかしコイルで磁場を介する方法は電波と違い cm 以下に近づけないと理論的に無線で電気が送れません。電波を用いると SPS のように何万 km でも非常に高い効率で電気エネルギーを送ることができます。ですのでコイルを用いる方式は個別には商品化されていても爆発的な普及はしなかったのですが、2006 年に MIT がコイル方式でも距離を数 m 程度まで伸ばせる方式「共鳴送電」を提唱し、無線電力伝送に「革命」を起こしました。MIT の革命以降、世界中で「無線電力伝送は使える」という雰囲気となり、研究が爆発的に広がり始めたのです。現在は「Qi 規格」と呼ばれる携帯電話の置くだけ充電器が電気屋で手に入るまでに普及してきました。

これまで SPS 以外ではなかなか応用が難しかったマイクロ波無線電力伝送も MIT の革命のおかげで再注目されるようになりました。京都大学ではマイクロ波無線電力伝送を含む無線電力伝送一般の実用化を図るために企業を集めて「ワイヤレス電力伝送実用化コンソーシアム WiPoT」を 2013 年 4 月に立ち上げ、無線電力伝送の実用化を目指す 28 社とそれをサポートする学識会員 30 大学等で活発な議論を行っています<sup>7)</sup>。

京都大学ではマイクロ波無線電力伝送のアプリケーションとして今電気自動車とワイヤレスセンサ、固定通信機器等を想定し、企業との共同研究等を進めています。図 3 は 2012 年度に開発した固定通信機器への情報と電力の同時送信<sup>8)</sup>を想定して開発した受電整流用の 1mm×3mm 角のチップです。周波数は SPS で研究されていたマイクロ波よりも 1 ケタ高い 24GHz を用いており、世界最高効率の 47.9%を実現しました<sup>9)</sup>。

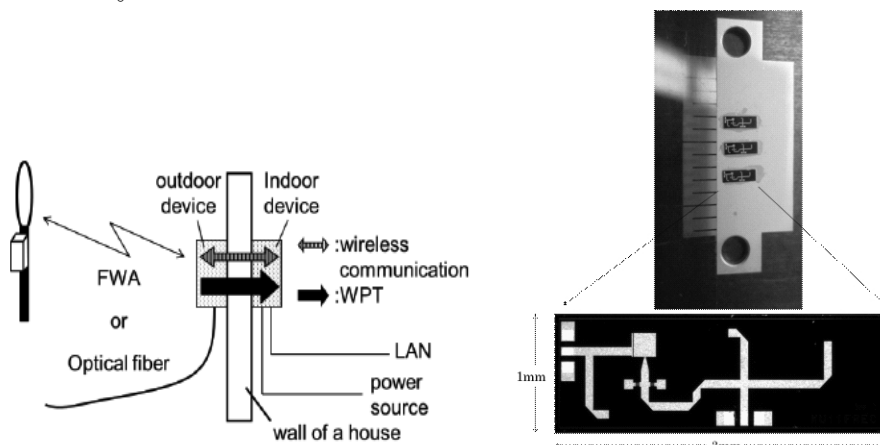


図 3：想定する応用 - 固定通信機器(FWA : Fixed Wireless Access)<sup>8)</sup>と開発したレクテナチップ (24GHz)<sup>9)</sup>

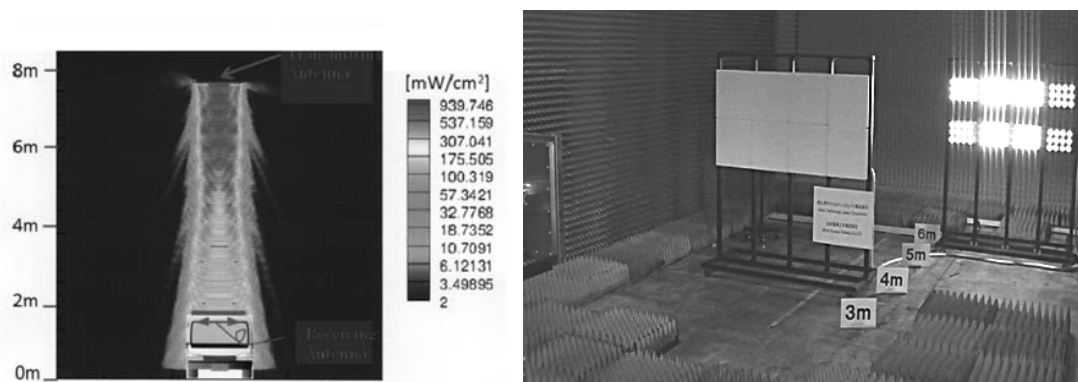


図 4：高さ 8m 程度の上空送電アンテナからの電気自動車無線充電システムのシミュレーション結果



(10kW)<sup>10)</sup>と、開発された 10kW を受電整流可能なレクテナ<sup>11)</sup>

図4左は電気自動車への無線充電に関するシミュレーション結果です<sup>10)</sup>。2.45GHzの電波強度を示しており、受電エリアだけに放射された10kWのマイクロ波電力がほぼ集中し、不要な個所へはほとんどマイクロ波の漏れがないことがわかります。図4右はこの提案システムのために開発された10kWを受電整流可能なレクテナ(受電整流アンテナ)です<sup>11)</sup>。レクテナ素子は2.45GHz帯で世界最高効率となる91.6%を用い、128素子のアレーを用いて実際に10kWを受電し、4.1kWの出力を得ました。

このような世界的な無線電力でのすを取り巻く状況と、マイクロ波無線電力伝送のこれまでの研究の蓄積からすぐにでもマイクロ波無線電力伝送の実用化を進めたいのですが、残念ながら電波を管理する電波法にマイクロ波無線電力伝送が未規定なことから、「マイクロ波は危ない」という意見、そしてアプリがあまりないために未成熟で高コストな大電力マイクロ波機器の問題等、様々な障壁があり、現在はまだマイクロ波無線電力伝送装置は本格的な普及段階には至っていません。

#### 4. マイクロ波化学<sup>12)</sup>

SPSを実現する前段階として無線電力伝送の商用化を進めているのですが、電力を送るようなマイクロ波機器は他に用途があまりないこともあり、コストも高く、商用化の足かせになっています。そこでさらに遡り、無線電力伝送というこれまでにない技術を普及させるために、大電力のマイクロ波を用いた今ある何か技術をさらに発展させることで無線電力伝送の普及を加速させることはできないか、と考えました。私たちの身の回りを見渡せば一つだけそのような家電製品があることに気づきます。電子レンジです。電子レンジは2.45GHz・約1kWのマイクロ波を用いて食品を温めています。このマイクロ波加熱という技術は電子レンジのみならず、木材乾燥機やハイパーサーミアというガン治療装置等、世界中で普及しています。このマイクロ波による加熱技術をさらに高度に利用することで新しい材料を作ることができる、というマイクロ波化学という学問領域が21世紀に入り進展してきました。京都大学ではこのマイクロ波化学による様々な研究プロジェクトを実施しています。

最新のマイクロ波化学を応用したプロジェクトとして、環境省予算により「マイクロ波による瓦礫中の有害物質迅速処理 —アスベスト飛散とダイオキシン発生防止—」を2012-13年度に実施しています(図5左)。これは他の加熱方式では十分に無害化できないアスベストをマイクロ波を用いることで短時間・大量に処理するもので、東日本大震災により大量に発生した瓦礫に含まれる非飛散性のアスベストを対象としています。実験は順調に進み、アスベスト含有スレート瓦と木材を合わせて1日に約5トン処理することに成功しました。また別プロジェクトとして木質バイオマスからエタノールを生成する研究も実施しており、図5右のようなマイクロ波プロセスを用いた前処理装置の開発にも成功しました。



図5：宮城県名取市に設置されたマイクロ波による非飛散性アスベスト無害化処理装置と、実験室に設置されたバイオエタノール生成用マイクロ波前処理装置

## 5. まとめ

人類の生存圏のために宇宙圏を利用し、宇宙発電所を早期に実現したい。これが私たちの目標です。しかし、その道のりは遠く、これまで30年以上研究や普及活動をしてきても未だ本格的なプロジェクト化には至っていません。そこで無線電力伝送の民生応用の推進と共に、同じ大電力マイクロ波発振器を用いるマイクロ波化学を推進することで、遠回りかもしれませんが生存圏のために研究をしていきたいと思っています。一見我々の生存とは無関係に見える電波の技術も、このようにして見ると「電波は生存圏を救う」ように見えることがお分かりいただけましたでしょうか？電子レンジの発展形の研究が、これからの実用化を目指す無線電力伝送研究を支え、その無線電力伝送の商品が広く普及することで宇宙太陽発電所 SPS がいつか実現するのです(するはずです)。生存圏研究所ではこのような様々な科学技術の研究を通じ、生存圏のための研究を今後も行っていききたいと思います。

図6はそれぞれの研究に関する理系の大学生向けの教科書です<sup>2)6)12)</sup>。理系の大学生向けなので少し難しいかもしれませんが、講演で説明しきれなかった技術の背景や詳細等をまとめてありますので、興味がある方はご参照ください。また、「はじめに」で述べたような人間と宇宙圏のかかわりに関する考察は参考文献13)で社会学の研究者とまとめたことがありますのでこちらもご参考に。

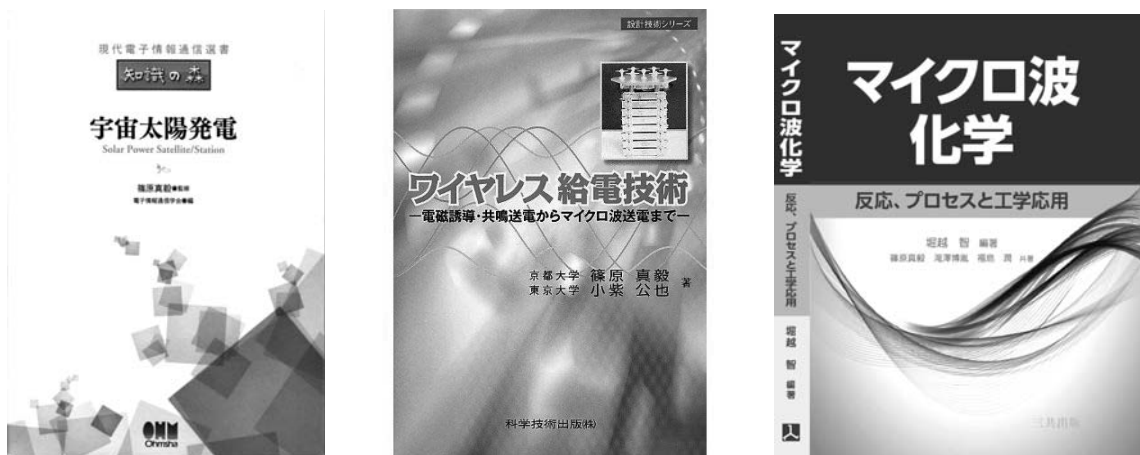


図6：宇宙太陽発電所 SPS<sup>2)</sup>、無線電力伝送<sup>6)</sup>、マイクロ波化学<sup>12)</sup>に関する教科書(理系大学生向け)

## 参考文献

- 1) 生存圏研究所Homepage <http://www.rish.kyoto-u.ac.jp/>
- 2) 篠原真毅(監修, 著), “宇宙太陽発電 (知識の森シリーズ)”, ISBN978-4-274-21233-8, オーム社, 2012.7
- 3) 宇宙基本計画(2009)本文 [http://www.kantei.go.jp/jp/singi/utyuu/keikaku/keikaku\\_honbun.pdf](http://www.kantei.go.jp/jp/singi/utyuu/keikaku/keikaku_honbun.pdf)
- 4) 宇宙基本計画(2013)本文 <http://www8.cao.go.jp/space/plan/plan.pdf>
- 5) IEEE Experts Comment on Space Technology Advancements' Impact on the Future of Consumer Electronics (2013) [http://www.ieee.org/about/news/2013/3june\\_2013.html](http://www.ieee.org/about/news/2013/3june_2013.html)
- 6) 篠原真毅, 小紫公也, “ワイヤレス給電技術—電磁誘導・共鳴送電からマイクロ波送電まで (設計技術シリーズ)”, ISBN978-4-904-77402-1, 科学技術出版, 2013.2
- 7) ワイヤレス電力伝送実用化コンソーシアムHomepage <http://www.wipot.jp/>
- 8) Hatano, K., N. Shinohara, T. Mitani, T. Seki, and M. Kawashima, “Development of Improved 24GHz-Band Class-F Load Rectennas”, Proc. of 2012 IEEE MTT-S International Microwave Workshop Series on Innovative Wireless Power Transmission: Technologies, Systems, and Applications (IMWS-IWPT2012), pp.163-166, 2012

- 9) Hatano, K., N. Shinohara, T. Seki, and M. Kawashima, "Development of MMIC Rectenna at 24GHz", Proc. of 2013 IEEE Radio & Wireless Symposium (RWS), pp.199-201, 2013
- 10) Shinohara, N., Y. Kubo, and H. Tonomura, "Mid-Distance Wireless Power Transmission for Electric Truck via Microwaves", Proc. of 2013 International Symposium on Electromagnetic Theory (EMT-S2013), pp.841-843, 2013
- 11) 古川実, 峰岸隆偉, 小川智也, 佐藤幸次, 王鵬, 外村博史, 寺本正彦, 篠原真毅, "電動トラック用2.4GHz帯 10kW出力レクテナへの送電実験", 信学技報WPT2012-47 (2013-03), pp.36-39, 2013
- 12) 堀越智(監修, 著), 篠原真毅, 滝澤博胤, 福島潤(共著), "マイクロ波化学 -反応、プロセスと工学応用-", 三共出版, 2013.10予定
- 13) 速水洋子, 西真如, 木村周平編, 「人間圏の再構築 - 熱帯社会の潜在力 - 講座生存基盤論第3巻」, 京都大学学術出版会, 2012  
のうち、第3編 人間圏をとりまく技術・制度・倫理の再構築 第9章 "クリーン・エネルギーをめぐる科学技術と社会 - 宇宙太陽発電を事例に - (篠原真毅, 木村周平)", pp.275-298



# 末端リグニン分解菌と位置づけられる微生物\*

渡邊 崇人\*\*

## 1. はじめに

水、空気、土壌等の自然環境とそこに住む様々な生物は、太陽エネルギーを命の源として互いに密接に関わり合っている。生物やそれを取り巻く環境を生態系と呼んでいる。植物（生産者）は太陽エネルギーを取り込んで成長し、それを動物（消費者）が利用し、その死骸や排泄物を微生物（分解者）が分解するという「食物連鎖」については学校の理科の時間で学ばれたかと思う。その際、生産者が取り込んだエネルギーは消費され、そして、生物を構成していた物質は無機化（水と二酸化炭素に変換）されるが、それらは再び植物等へと取り込まれる。このような流れを物質循環と呼んでいる。物質循環がうまく回っている場合は、以前と変わらない豊かな自然が保たれるが、これまで生物が会うことのなかった物質（異物：xenobiotics）については物質循環に入ることができずに環境中に残留することになる。

本稿では、食物連鎖の分解者である微生物、特に、20世紀後半に入り環境中に放出され、残留する深刻な環境汚染物質の分解菌に注目する。主に、その分解菌が持つ環境汚染物質分解系について、また、その起源や利用について紹介する。

## 2. 夢の化学物質から深刻な環境汚染物質に

当時、合成化合物の中で20世紀最大の発明品とも言われたものの、その毒性が社会問題化し、一転して深刻な環境汚染物質として烙印を押された化合物にポリ塩化ビフェニル (PCB) がある。

### 2.1 ポリ塩化ビフェニル (polychlorinated biphenyl: PCB)

PCBの構造を図1に示す。理論的には、塩素が1から最高10まで置換した209種類の化合物が合成可能である。1929年に製造が開始され、1970年代半ばに製造が中止となった。なお、Aroclor（アメリカ）、Clophen（ヨーロッパ）、カネクロール（日本）等の商品名で販売されていた。

PCBの総生産量は世界中で120万トンと見積もられ、日本でも5万トン以上製造された。塩素置換の違いで物理的・化学的性質が異なり、その化学的安定性（酸、アルカリ、熱により分解されない、金属を腐食させない）、不燃性、絶縁性、高脂溶性（水に溶けにくい）、低揮発性（高沸点）などの優れた性質により工業的に広く使用された<sup>1)</sup>。日本においては、PCBの製造・使用・輸入については、1972年にこれらを中止とする行政指導、その翌年に法的に禁止となった。ただし、具体的な対策ができるまで廃棄物も含め保管となった。しかしながら、2001年に「ポリ塩化ビフェニル廃棄物の適正な処理の推進に関する特別措置法」が公布・施行、2012年に改正され、処理期間が2027年3月末日までとされたものの、可能な限り当初予定された2016年7月までに行う

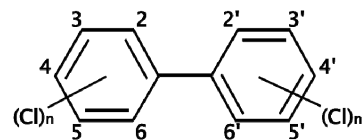


図1: PCBの一般構造式。ベンゼン環が2個結合したビフェニルに塩素が置換した化合物。

\* 2014年7月20日作成 本稿は第10回生存圏研究所公開講演会（2013年10月26日開催）講演要旨「生存圏を守る小さな生き物たち」の表題の変更及び内容の加筆・修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バイオマス変換分野

E-mail: takahito@rish.kyoto-u.ac.jp

こととされている。国際的には、残留性有機汚染物質に関するストックホルム条約（POPs 条約）が 2004 年 5 月発効され、（日本は 2002 年に本条約を締結）、PCB に関し、2025 年までの使用の全廃、2028 年までの適正な処分を求めている<sup>2)</sup>。

## 2.2 カネミ油症事件

1968 年に福岡を中心に西日本一帯で被害者約 1 万数千人、死亡者 50 人を出した健康被害事件である。カネミ倉庫株式会社における米油の製造過程で PCB が漏れて混入し、その油を摂取した人々に吹き出物、手足のしびれ、肝機能障害等を引き起こした（PCB は、高い脂溶性から生物の脂肪組織に蓄積する性質がある）。当時、被害女性から生まれた赤ちゃんの皮膚に色素沈着があり、「黒い赤ちゃん」と報道されて大きな社会問題になった。

## 2.3 コプラナー PCB とダイオキシン

PCB は、置換する塩素の位置によっては共平面構造（コプラナリティ：coplanarity）を取るものがあり（コプラナー PCB と呼ぶ）、その毒性のうち発癌性、催奇性がダイオキシン類（ポリ塩化ジベンゾパラジオキシン、ポリ塩化ジベンゾフラン）に似ているとされている。そのため、ダイオキシン様 PCB (dioxin-like PCB) と呼ばれ、ダイオキシン類に加えることがある。なお、カネミ油症事件の原因物質は、21 世紀に入り、PCB の加熱によって生じたダイオキシン類の一種であるポリ塩化ジベンゾフラン (PCDF) とコプラナー PCB であると確定した（図 2）。

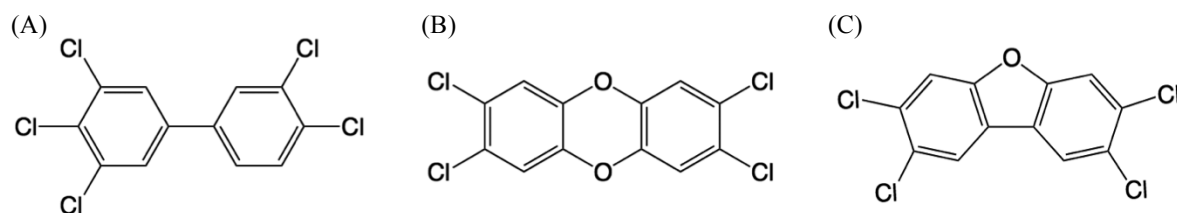


図 2：ダイオキシン類の構造式。(A) 3,3',4,4',5-ペンタクロロビフェニル（コプラナー PCB の一種）；(B) 2,3,7,8-テトラクロロジベンゾ-1,4-ジオキシン（代表的なポリ塩化ジベンゾパラジオキシン: PCDD）；(C) 2,3,7,8-テトラクロロジベンゾフラン（代表的なポリ塩化ジベンゾフラン: PCDF）

## 3. 環境汚染物質分解菌から微生物の適応・進化を見る

環境中に放出された PCB は食物連鎖を通じて最終的には海洋のイルカやアザラシなどの大型哺乳動物の脂肪組織に高濃度で蓄積する。もちろん、我々人間においても同様に体内で分解されず、蓄積し、重大な健康被害が出る。従って、物理的・化学的に安定な PCB を分解する生物はこの世に存在しないと思われたが、1973 年に低塩素 PCB（置換している塩素の数が少ない PCB）を分解する微生物（分解菌）の報告が初めてされた<sup>3)</sup>。それ以降、1980 年代から PCB だけでなく難分解性芳香族化合物分解菌が次々と発見され、その諸性質が報告されるようになってきた<sup>1)</sup>。

### 3.1 ビフェニル/PCB 分解菌の単離、分解特性、分解遺伝子のクローニング

現在、著者が研究に用いている、そして、世界的にも有名なビフェニル/PCB 分解菌を紹介したい。その分解菌は、シュードモナスというグラム陰性細菌の一種で<sup>4)</sup>、正式名は、*Pseudomonas pseudoalcaligenes* KF707 株である。本菌は、北九州市のビフェニル工場付近の土壌から単離され、ビフェニルを資化できる（ビフェニルを分解し、唯一の炭素源として生育できる）。PCB に対しては、ビフェニル/PCB 分解酵素の構造や機能、特に、基質特異性に大きく依存し、置換する塩素の数や位置によって「良く分解できる」「ある程度分解できる」「ほとんど分解できない」「全く分解できない」等その分解特性が大きく異なっていた<sup>5-6)</sup>。

一方, KF707 株の単離後, ビフェニル/PCB 分解遺伝子の取得も試みられ, 1986 年に KF707 株より世界で初めてビフェニル/PCB 分解遺伝子がクローニングされ, *bph* (ビフと呼ぶ) と命名された<sup>7)</sup>. その後, *bph* 遺伝子の構造, 機能, そして, 転写制御について詳細に解析されている (図3)<sup>8-10)</sup>.

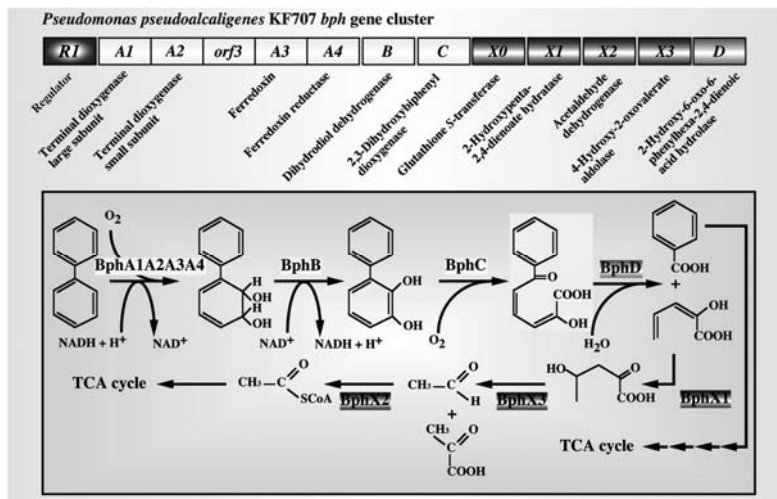


図3: KF707 株のビフェニル/PCB 分解遺伝子クラスターの構造と分解経路.

図には, ビフェニルの分解経路を示しているが, PCB についてもこれら分解酵素の共代謝 (co-metabolism) を受ける. ただし, 置換する塩素の位置によっては分解経路の途中までで分解が停止してしまう場合もある. 各遺伝子の下の斜めの英数字は酵素名.

### 3.2 菌から菌へ接合伝達因子としての *bph* 遺伝子群

KF707 株を単離した際, 同じ場所 (土壌) から, 同じ細菌でも属, 種が異なるビフェニル/PCB 分解菌が数多く単離された<sup>5, 11)</sup>. ところが, これらのビフェニル/PCB 分解菌の染色体 DNA に対し, KF707 株の *bph* 遺伝子を用いて Southern 解析をした結果, これらの分解菌の多くは KF707 株が持つ *bph* 遺伝子と非常に良く似た構造の遺伝子群を自身の染色体 DNA 上に保有していた<sup>11)</sup>. この事実は, 染色体上の *bph* 遺伝子群が他の菌へ転移する機能を備えているか, 以前にその機能を保有していたことを意味し, 微生物の生態や環境適応を探る上でも非常に興味深い.

あるビフェニル/PCB 分解菌においては, *bph* 遺伝子群及びサリチル酸分解 (*sal*) 遺伝子群が接合型トランスポゾンと呼ばれる巨大な動く遺伝子 (*bph-sal* エレメント) 上に存在していることが分かっている<sup>12)</sup>. この *bph-sal* エレメントは, 通常, 染色体 DNA に組込まれているが, 切り出されて環状となり, 他の菌に伝達され, 受容菌の染色体 DNA に挿入されると予想されている (図4). 実験室レベルでは, *bph-sal* エレメントを有するビフェニル/PCB 分解菌 (供与菌) と *bph-sal* エレメントを有さずビフェニル/PCB を分解しない菌 (受容菌) とが接合という現象を介して受容菌の染色体 DNA へ *bph-sal* エレメントを容易に転移 (接合伝達) させることが再現できている<sup>12)</sup>.

ビフェニル/PCB を始め難分解性芳香族化合物分解系遺伝子群は染色体 DNA, 伝達性のプラスミド (環状の DNA) やトランスポゾンと呼ばれる「動く遺伝子」上に存在していることが多い. 微生物同士の相互作用が密な (土壌) 環境中では, 接合伝達により菌から菌へとこれらプラスミドやトランスポゾンが伝達され, 伝達された方の菌 (受容菌) に分解系遺伝子が一時的に保持されたり, 染色体 DNA に組込まれたりすることが頻繁に起きているものと考えられる. このような現象を水平伝播 (horizontal gene transfer) と呼んでいる<sup>13-14)</sup>.

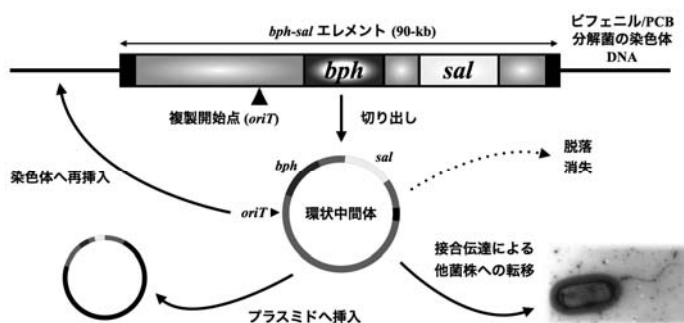


図4: 分解系遺伝子の水平伝播 (*bph-sal* エレメントの転移機構モデル). 様々な種類のビフェニル/PCB 分解菌が自然界に広く分布すること, しかも, 非常に良く似た *bph* 遺伝子群を保持していることが説明できる.

一方、難分解性芳香族化合物分解系遺伝子群が菌（供与菌）から菌（受容菌）へ転移されても、その受容菌が供与菌と同じような振る舞いをするとは限らない。すなわち、転移した遺伝子群（外来性の遺伝子）は転移先（新しい宿主）の異なる転写制御系で制御を受ける可能性がある<sup>1,9-10</sup>。

### 3.3 PCB 分解菌の由来は？

PCB を含め人為的に合成された化合物が大量に環境中へ放出され、深刻な環境問題として騒がれ始めたのはここ 50~60 年くらいの間と考えられる<sup>15</sup>。従って、それ以前は、生物が PCB 等に出会うことはなく、図 3 に示したような *bph* 遺伝子群や PCB 分解経路が存在したとは考えにくい。それでは、環境汚染物質である PCB を始めとする難分解性芳香族化合物を分解する微生物は一体どこから来たのか？

そもそも自然界の芳香族化合物がどこから供給されるのかを考えると、その答えは、植物（樹木）から、特に、リグニンという高等植物の木化に参与する高分子のフェノール性化合物からとなる。リグニンは樹木の構成成分の 20~30% を占め、ベンゼン環の豊富な非常に複雑な構造をしている。リグニンは天然物であるものの難分解性高分子で容易には分解できないが、唯一リグニン分解性担子菌（白色腐朽菌）と呼ばれるキノコの仲間によって分解され、多くの芳香族化合物（低分子化されたリグニン）が土壌中に供給される（図 5）。そのリグニン由来の芳香族化合物（ベンゼン環を 1~2 個含む）をさらに分解・利用する細菌は既に知られている<sup>16-17</sup>。従って、ビフェニル/PCB 分解菌として今回紹介している KF707 株もこのようなリグニン由来の芳香族化合物の末端分解に参与する菌「末端リグニン分解菌」の一種、さらには、末端リグニン分解菌から由来し、自らが置かれている環境（汚染場所）で生存できるように適応・進化した種とも考えられる。

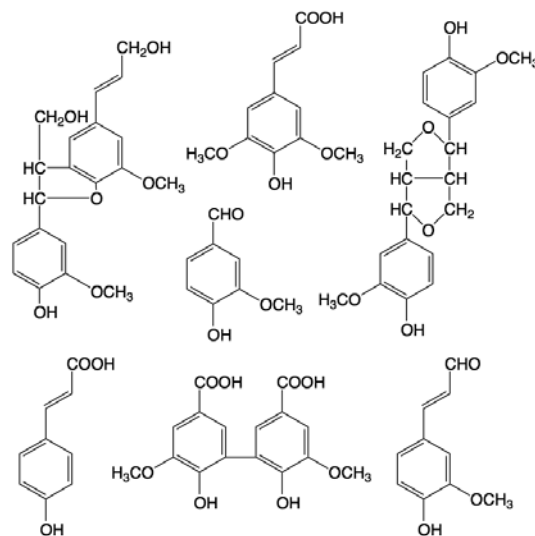


図 5. リグニン由来の芳香族化合物の構造の一部。自然界から供給される芳香族化合物の多くは植物リグニン由来でその構造には、ベンゼン環があり、PCB の基本骨格となるビフェニル環を持つものもある。

### 3.4 環境汚染物質分解系遺伝子の進化

末端リグニン分解菌の適応・進化によって PCB 等の環境汚染物質の分解ができるようになるためには、結局、菌（宿主）が分解系遺伝子を獲得し、何とか使いこなす（制御する）ことができなければならない。しかしながら、分解系遺伝子がある日突然獲得するわけではない。そこで次に、環境汚染物質（難分解性芳香族化合物）分解系遺伝子の起源について考えてみたい。

まず、次の 2 点を整理しておく必要がある。1 点目は、「芳香族化合物を供給する植物、そして、植物リグニン由来の芳香族化合物を分解する末端リグニン分解菌は、PCB 等の環境汚染物質が合成される以前から既に地球上に存在していた」ということ、もう 1 点目は、「そもそも生物の進化では、新しい機能はすでに存在していた材料（遺伝子）を改変し、必要な成分をつきはぎして作られ、無から生み出されることはあり得ない」ということである。これらを踏まえると、まず末端リグニン分解菌が元々持っていた様々な分解経路（例えば、植物リグニンから供給される芳香族化合物の分解経路）を担う遺伝子（群）が組み合わせたり、新規な芳香族化合物分解系遺伝子群の原型（先祖遺伝子群）が形成されると考えられる。そして、これらが雛形となり、改変（突然変異、重複、融合等）、或いは、トランスポゾンや伝達性のプラスミドを介して様々な菌に転移しては、転移先でさらに遺伝子の改変や再編成が起り、進化を加速させる<sup>15</sup>。その最終的な結果として環境汚染物質（難分解性芳香族化合物）分解系遺伝子群として環境中から単離されるのではないだろうか。



さて、現在までに分かっている微生物の主な芳香族化合物の分解経路を図6に示した。ぼんやりとだが、一定の法則が見え隠れする。すなわち、これらの環境汚染物質の分解は初期の段階でカテコールやプロトカテク酸（最初の化合物に塩素が置換しているのならば、これらの塩化物）のようにベンゼン環がジヒドロキシル化された少数の中間体化合物に収束する。その後、ベンゼン環がメタ開裂、或は、オルト開裂し、TCA回路に入る。従って、分解経路を①ジヒドロキシル化中間体への変換過程（上流代謝経路）と②ベンゼン環開裂反応以降の過程（下流代謝経路）の2段階に分けると、様々な環境汚染物質を分解できるようになったのは①の過程が多様化した結果と考えられている<sup>15)</sup>。

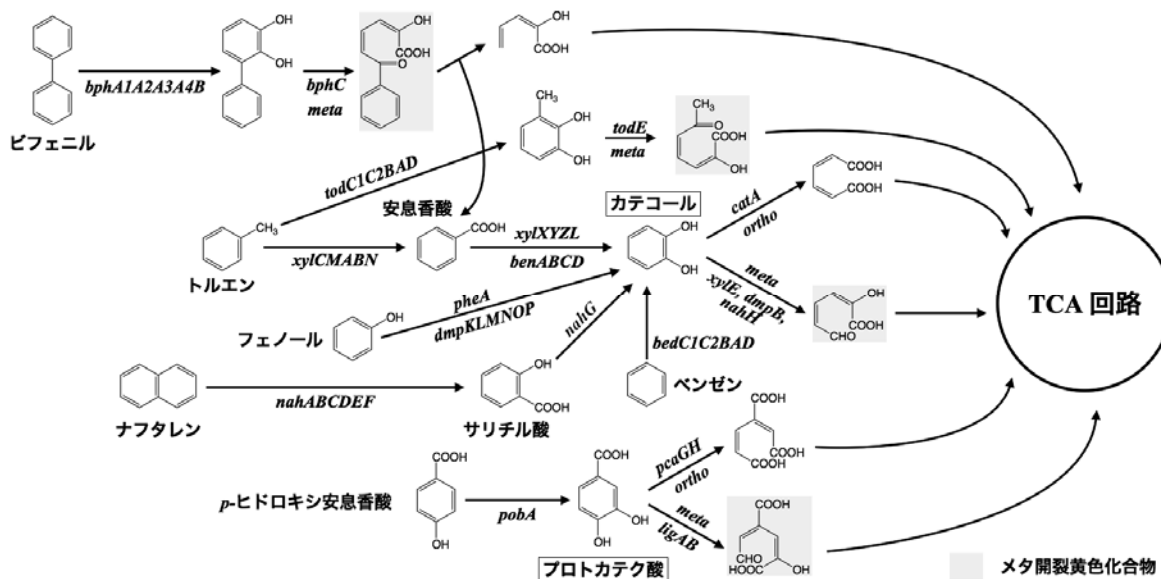
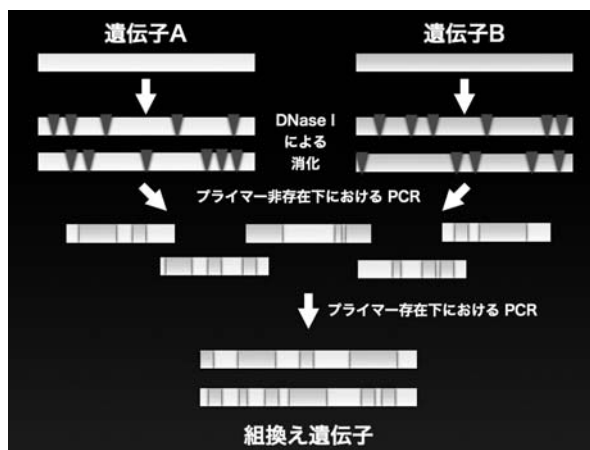


図6. 主な難分解性芳香族化合物の分解経路（文献15を改変）。環境汚染物質分解系遺伝子は末端リグニン分解菌が元々持っていた遺伝子が改変や再編成した結果ではないだろうか？

#### 4. 進化分子工学を用いて強力な分解菌を育種する

生物の進化は遺伝子の変異や組換えなどから生じる。また、生物における様々な反応の多くは、酵素が担っている。酵素は、20種類のアミノ酸が一つにつながって、正しい折り畳まれ方をしてできた特有の構造を有するタンパク質である。その構成するアミノ酸配列の違いによって多様な機能が生み出される。生物の進化には非常に長い年月がかかる印象があるが、実験室内で短時間に進化を起こすことにより、優れた機能を持つ酵素を人工的に構築する手法「進化分子工学」が発表され、現在までに様々な進化分子工学の手法が開発されてきた。



##### 4.1 DNA シャフリング (DNA shuffling)

図7に進化分子工学の手法の先駆けとなったDNAシャフリング法を示した<sup>18)</sup>。まず、進

図7: DNA シャフリングで新規な機能を持った酵素を作る。

化させたい遺伝子を2種類用意する(図7では、遺伝子A及び遺伝子Bと表記)。この時、ある程度DNAの相同性が高い者同士の方が望ましい。次に、それぞれの遺伝子をDeoxyribonuclease I(DNase I)で短時間処理し、細くなったDNA断片を回収後、両者を混合する。次に、PCR(polymerase chain reaction:極めて微量なDNAからでも選択的に目的のDNAを増幅する技術)を用いると相同性の高い配列がある領域で組換えが起こり、PCRを行っている過程で様々な変異(正確には点突然変異)が導入された多数の変異DNAを調製できる。その調製できたDNAと遺伝子A、或いは、遺伝子Bの両端の配列と相同な短い一本鎖のDNA(プライマー)を加えて、再度PCRを行うと、図7の遺伝子Aと遺伝子B由来の多種多様な組換え遺伝子が調製できる。

#### 4.2 ビフェニルジオキシゲナーゼの進化分子工学

このDNAシャフリング法をビフェニル/PCB分解遺伝子に適用する、すなわち、分解遺伝子を進化させることで新規な機能を持ったビフェニル/PCB分解酵素を作ることを試みた。PCBの分解を効率良く行うためには、分解酵素の基質であるPCBの認識及び基質特異性に関与する酵素が重要であることから、それらに関与するKF707株のビフェニルジオキシゲナーゼ大サブユニットの遺伝子(*bphA1*)に注目した(図3)。それとDNAシャフリングをする相手としては、アメリカのハドソン川のPCB汚染底土より単離されたPCB分解菌*Burkholderia xenovorans* LB400株(以後、LB400株)の*bphA1*遺伝子を選んだ。驚くべきことにLB400株のビフェニル/PCB分解遺伝子群は、図3に示したKF707株のものと同数の***bph***遺伝子の数や並び方が全く同じである。また、個々の*bph*遺伝子の相同性も非常に高く、両菌株の*bphA1*酵素(BphA1)のアミノ酸配列の相同性は95.6%である。しかしながら、もっと驚くべきこととしては、アミノ酸レベルで両菌株のBphA1がわずか4.4%(BphA1の460個のアミノ酸の内、わずか20個程度)しか変わらないのにもかかわらず、PCBの分解能が異なっているということである<sup>6)</sup>。

実際、KF707株及びLB400株の*bphA1*遺伝子を用いてDNAシャフリング法を行い、得られた組換え*bphA1*遺伝子を多数得ることができた。その後、大腸菌を用いて得られた組換えBphA1の発現を行い、PCB及び関連化合物に対する分解特性を調べた(図8)。その結果、それぞれの親酵素の分解特性を合わせ持つ、或いは、それを凌駕する様々な機能を持つビフェニルジオキシゲナーゼの構築に成功した<sup>19)</sup>。また、組換えBphA1の中には、親酵素が分解できないベンゼン、トルエン、ダイオキシン(塩素置換無)に対して新たな分解能を獲得した組換えBphA1、同じく親酵素がほとんど分解できない2,2'-ジクロロビフェニルに対してのみ高い分解能を示す組換えBphA1等が得られた。その後、以上によって得られた「進化*bphA1*遺伝子」をKF707株の染色体上に存在する*bphA1*遺伝

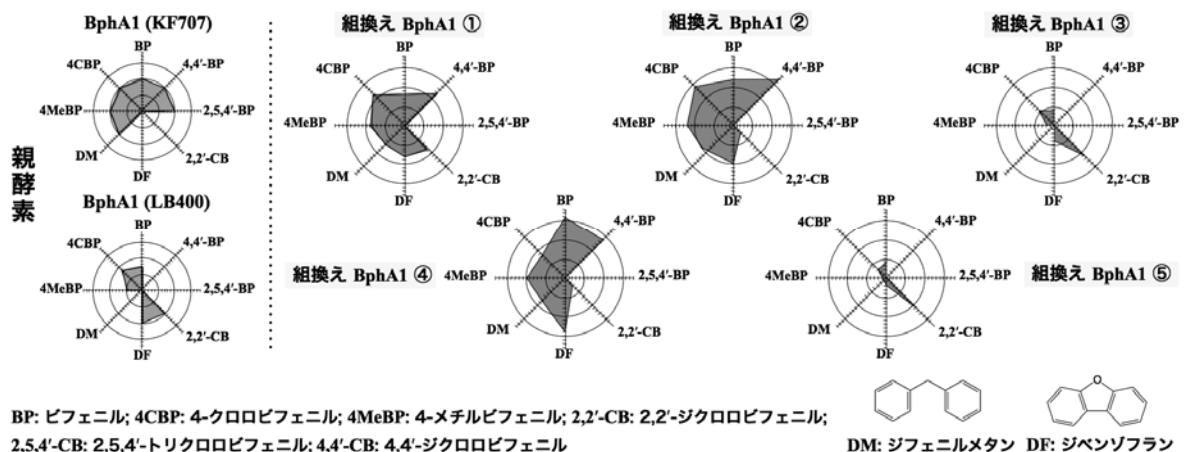


図8: 組換え BphA1 の PCB 及び関連化合物に対する分解特性. DNA シャフリング法で得られた組換え *bphA1* を大腸菌で発現させ、その分解特性を調べた。

子と入れ換えることに成功している。その進化 *bphA1* 遺伝子が組み込まれた KF707 株は様々な芳香族化合物に対しても資化・分解でき、幅広い PCB 分解能を示すことが明らかになっている<sup>20-21)</sup>。

## 5. バイオレメディエーション

有用な環境汚染物質分解菌を発見した、或は、強力な分解菌を構築した際に、実際の汚染場所に分解菌を撒いて汚染を浄化したいという気持ちが強くなる。微生物等の働きを利用して土壌や地下水等を浄化する技術であるバイオレメディエーションについて簡単ではあるが最後に紹介したい。

### 5.1 バイオレメディエーションの種類・利点・欠点

バイオレメディエーションには、外部で培養した微生物を導入することにより浄化を行う「バイオオーグメンテーション」と窒素やリン等の栄養分や酸素、そして、炭素源にメタン等を加えて汚染場所に生息している微生物を活性化することにより浄化を行う「バイオスティミュレーション」がある。さらに、植物を利用して土壌の浄化などを行う技術「ファイトレメディレーション」も含まれる。これらのバイオレメディエーションが汚染浄化法として選択・利用されるのは、自然環境における広範囲かつ低濃度での汚染では、処理施設を建設し、汚染地域の土壌や地下水をすべて汲み上げて物理的・化学的な方法で浄化するのが極めて困難なためである。従って、バイオレメディエーションの利点としては、物理化学的処理法と比較して費用・エネルギーの消費が少ないことがまず挙げられる。また、多様な汚染物質に対して適用できる可能性を有することや生物を利用するということから手法が穏和であるため環境に負荷を与えないことも挙げられる。一方で、浄化に時間がかかる、高濃度の汚染物質浄化に向いていない、さらには、分解除去能には限界があるという欠点もある。特に、実験室では強力な分解活性を示す分解菌であることが分かっているにもかかわらず実際の汚染現場では、その分解菌の菌体濃度や生育条件等が実験室のように再現できないため、実験室で得られる同様な汚染除去効果を発揮させることが難しいとされている。

### 5.2 有望な技術の課題と期待

我が国日本においては、バイオオーグメンテーションを対象に 2005 年に「微生物によるバイオレメディエーションの利用指針」が設けられた。本指針では、浄化事業計画が指針に適合しているか経済産業大臣や環境大臣に確認できるようになっているが、その事業計画や生態系等への影響評価書の作成、そして、緊急時の対応及び事故対策、安全管理体制の整備、記録等の保管、周辺住民等への情報提供等、実施の際の準備や評価等のやるべきことが多い。これらが事業者等の相当な負担にもなり、本指針の課題となっている。一方で、2010 年 4 月 1 日に「土壌汚染対策法の一部を改正する法律」が施行されて以来、土壌汚染の除去、特に掘削除去は可能な限り抑制的に取り扱うこととされ、低コストで on-site で浄化の可能性があるバイオレメディエーションの期待が高まっている<sup>22-23)</sup>。その期待に答えるために、また、我が国のバイオレメディエーション促進のためにも、例えば、浄化事業者の負担軽減を含めた利用指針の運用の見直し等が必要と思われる。

## 6. おわりに

現在、KF707 株を始めとするビフェニル/PCB 分解菌においては、次世代シーケンサーによるゲノム解析が進行している。得られたゲノム情報は、環境汚染物質分解菌の環境適応・進化のメカニズムを解明する上で非常に有用である。一方、著者は、「環境汚染物質分解菌は、末端リグニン分解菌を祖先として進化してきた種」と考えており、天然の芳香族化合物分解代謝系とは異なる新規な環境汚染物質分解代謝系を木質バイオマスの生物変換に適用し、主にリグニン由来の芳香族化合物から付加価値の高い化合物を作ることを目標にゲノム情報を利用して研究を試みている。

## 参考文献

- 1) 末永光, 渡邊崇人, 藤原秀彦, 西哲人, 古川謙介. 微生物によるポリ塩化ビフェニル (PCB) の分解: 最近の遺伝生化学的研究. 「環境バイオでなにができるのか -環境調和型社会形成のためのバイオテクノロジー-」環境バイオテクノロジー学会編, pp. 19-30, 2006.
- 2) 環境省パンフレット「ポリ塩化ビフェニル (PCB) 廃棄物の適正な処理に向けて」〔2012年12月版〕
- 3) Ahmed, M., and Focht, D. D. Degradation of polychlorinated biphenyls by two species of *Achromobacter*. *Can. J. Microbiol.* **19**, 47-52, 1973.
- 4) 古川謙介. *Pseudomonas* 物語. 生物工学 **89**, 549-552, 2011.
- 5) Furukawa, K. Molecular genetics and evolutionary relationship of PCB-degrading bacteria. *Biodegradation* **5**, 289-300, 1994.
- 6) Mondello, F. J., Turcich, M. P., Lobos, J. H., and Erickson, B.D. Identification and modification of biphenyl dioxygenase sequences that determine the specificity of polychlorinated biphenyl degradation. *Appl. Environ. Microbiol.* **63**, 3096-3103, 1997.
- 7) Furukawa, K., and Miyazaki, T. Cloning of a gene cluster encoding biphenyl and chlorobiphenyl degradation in *Pseudomonas pseudoalcaligenes*. *J. Bacteriol.* **166**, 392-398, 1986.
- 8) Taira, K., Hirose, J., Hayashida, S., and Furukawa, K. Analysis of *bph* operon from the polychlorinated biphenyl-degrading strain of *Pseudomonas pseudoalcaligenes* KF707. *J. Biol. Chem.* **267**, 4844-4853, 1992.
- 9) Watanabe, T., Inoue, R., Kimura, N., and Furukawa, K. Versatile transcription of biphenyl catabolic *bph* operon in *Pseudomonas pseudoalcaligenes* KF707. *J. Biol. Chem.* **275**, 31016-31023, 2000.
- 10) Watanabe, T., Fujihara, H., and Furukawa, K. Characterization of the second LysR-type regulator in the biphenyl-catabolic gene cluster of *Pseudomonas pseudoalcaligenes* KF707. *J. Bacteriol.* **185**, 3575-3582, 2003.
- 11) Furukawa, K., Hayase, N., Taira, K., and Tomizuka, N. Molecular relationship of chromosomal genes encoding biphenyl/polychlorinated biphenyl catabolism: some soil bacteria possess a highly conserved *bph* operon. *J. Bacteriol.* **171**, 5467-5472, 1989.
- 12) Nishi, A., Tominaga, K., and Furukawa, K. A 90-kilobase conjugative chromosomal element coding for biphenyl and salicylate catabolism in *Pseudomonas putida* KF715. *J. Bacteriol.* **182**, 1949-1955, 2000.
- 13) Top, E. M., and Springael, D. The role of mobile genetic elements in bacterial adaptation to xenobiotic organic compounds. *Curr. Opin. Biotechnol.* **14**, 262-269, 2003.
- 14) Springael, D., and Top, E. M. Horizontal gene transfer and microbial adaptation to xenobiotics: new types of mobile genetic elements and lessons from ecological studies. *Trends Microbiol.* **12**, 53-58, 2004.
- 15) 新井博之, 工藤俊章. 進化的観点から見た環境汚染物質分解微生物について. バイオサイエンスとインダストリー **55**, 87-91, 1997.
- 16) Masai, E., Katayama, Y., and Fukuda, M. Genetic and biochemical investigations on bacterial catabolic pathways for lignin-derived aromatic compounds. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* **71**, 1-15, 2007.
- 17) 大坪嘉行, 永田裕二, 津田雅孝. 環境細菌ゲノムの構造と可塑性 難分解性化合物の総合職と専門職の場合. 化学と生物 **47**, 35-42, 2009.
- 18) Stemmer, W. P. C. Rapid evolution of a protein *in vitro* by DNA shuffling. *Nature* **370**, 389-391, 1994
- 19) Kumamaru, T., Suenaga, H., Mitsuoka, M., Watanabe, T., and Furukawa, K. Enhanced degradation of polychlorinated biphenyls by direct evolution of biphenyl dioxygenase, *Nat. Biotechnol.* **16**, 663-666, 1998.
- 20) Suenaga, H., Nonaka, K., Fujihara, H., Goto, M., and Furukawa, K. Hybrid pseudomonads engineered by two-step homologous recombination acquire novel degradation abilities toward aromatics and polychlorinated biphenyls. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* **88**, 915-923, 2010.
- 21) 古川謙介. 環境バイオ 分解菌の新機能を探る. 化学と生物 **51**, 46-51, 2013.
- 22) 須藤学. バイオレメディエーション指針の概要. 化学と生物 **49**, 121-124, 2011.
- 23) 福田雅夫. 微生物によるバイオレメディエーション利用指針における微生物の生態系への影響評価. 化学と生物 **49**, 199-203, 2011.

# 木材から燃料電池用材料をつくる

畑 俊充\*

## 1. はじめに

「木材から燃料電池用材料をつくる」

このように書くと何か突拍子もないことをするのような感じを受けるかもしれないが、炭化すれば木材は電気を通すようになるということを先に説明するとわかりやすいかもしれない。木材の炭化とは、空気のない状態で蒸し焼きにすることによって、木材中に純度の高い炭素を作り出すことだ。図1に示すように、もともとの木材は電気を流さない絶縁体だが、約600°C以上に炭化すると導体となる<sup>1)</sup>。一つの材料で物性値が一兆倍近く変化するのだ。燃料電池用材料をつくるのは、炭化により木材に電気を流す性質を付与することが出発となっている。

木炭も炭素も、有機物を蒸し焼きにすることによりできあがる。木材の主要成分はセルロース、ヘミセルロース、リグニンであり、これらの成分は炭素骨格でできている。炭化によって有機物である木材から炭素からなる無機材料に変化する。炭化とは炭素の純度上げる過程をいい、黒鉛化は炭素原子が規則正しく並びやすいように整える過程といっても良い。木炭に電気が流れるので、航空宇宙、セラミックス、エレクトロニクス、電気化学といった分野の新しい用途に適合する先端材料となる可能性がある。

本稿では、燃料電池に使用されている白金の代替として、セルロースから燃料電池用触媒材料をつくる試みを紹介する。窒素を含んだ特殊な炭には酸素を還元する力がある。還元された酸素イオンと水素イオンが反応して水となり電気が発生する。金属や窒素など他の元素の力をかりながら炭本来の性質を利用した、環境にやさしく高効率なエネルギー開発を紹介する。

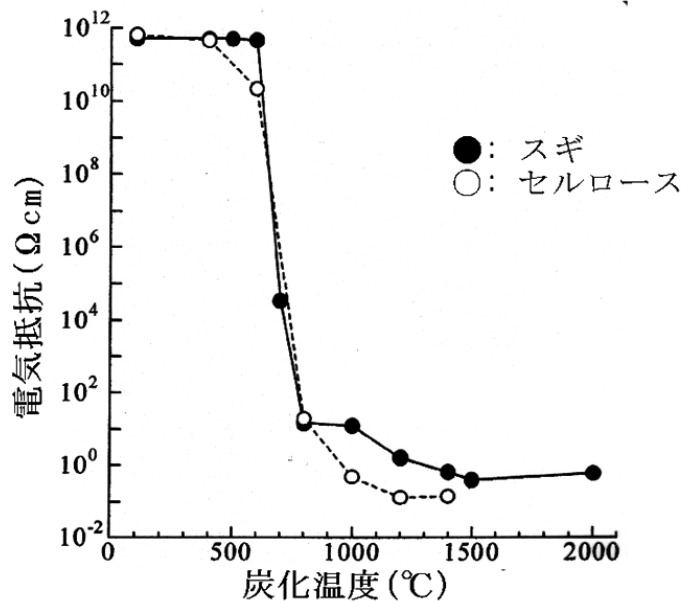


図1：木材の表面電気抵抗と炭化温度の関係<sup>1)</sup>

## 2. 燃料電池とは

燃料電池は、水素と酸素を反応させることで継続的に電力を取り出すことのできる発電装置である。乾電池のような一次電池やリチウムイオン二次電池などと比較すると、電気容量の制限がなく放電を続けられるところに特徴がある。通常の発電システムと異なり、燃焼過程を含まないことから発電効率が高く、騒音、振動および排気ガスを発生しない。そのためノートパソコンなどの携帯機器から自動車、鉄道、発電所などのエネルギー源用に期待されている。

燃料電池では、酸素と水素が反応して水ができるときに電気が発生する。これとは逆の反応が水の

\* 〒611-0011 宇治市五ヶ庄 京都大学生存圏研究所居住圏環境共生分野 E-mail: hata@rish.kyoto-u.ac.jp

電気分解で、液体中に二本の電極を浸し二つの電極の間に電圧をかけると、それぞれの電極から水素と酸素が発生する。反応時に熱を伴うが、その排熱は、動力や温熱に利用することができる。このようにエネルギー効率を総合的に高めるシステムをコージェネレーションという。発電効率が高いこと、静かでクリーンな環境、コージェネレーションおよび複数の発電方式から選択可能であることが燃料電池の特徴である。

アポロ計画やスペースシャトルで利用され実用化されたのがアルカリ電解質形燃料電池(AFC)で、従来法の燃料電池といっても良い。この AFC 以外に現在研究開発が進んでいる、電解質の異なる 4 種類の方式の燃料電池がある。(1) 固体高分子形燃料電池(PEFC)は、ナフィオンのようなプロトン交換膜をはさんで正極に酸素を、負極に水素を供給し発電する。起動が早く小型で、運転温度は 80-100°C と低温で、発電効率は 30-40% である。図 2 に PEFC の模式図を示す。(2) リン酸形燃料電池(PAFC)はリン酸水溶液を電解質に用いている。運転温度は 200°C 程度で、工場・ビル内にコージェネレーションシステムが設置され運転している。(3) 熔融炭酸塩形燃料電池(MCFC)は熔融した炭酸塩を用い、動作温度は 600-700°C である。火力発電所の代替などに期待されている。(4) 固体酸化物形燃料電池(SOFC)はイオン伝導性セラミックスを用いており、空気極で生成した酸化物イオンが電解質を透過し、燃料極で水素あるいは一酸化炭素と反応することにより電気エネルギーを発生させる。火力発電所の代替などに期待されている。

環境に優しい木材を利用し、高効率で無公害な燃料電池の実用化を進めることは、地球温暖化や環境汚染問題を解決する上で有効な対処法である。特に、電気自動車や定置用電熱併供システムに用いられる PEFC は低コスト化の可能性が高く、研究開発への期待が高まっている。従来の PEFC では、比表面積が大きくかつ導電性を有するカーボンブラックを多孔質構造体兼触媒単体としたものがその電極に使用されている。触媒には白金あるいは白金合金系触媒が使用され、これらの触媒が担体中で分散している。しかし、白金は埋蔵量の少ないレアメタルで高価な金属であり、それが燃料電池を高コストにする最大の原因になっている。白金を用いた燃料電池が大量に使用されるようになると、需給がひっ迫し価格が高騰する恐れが非常に大きい。

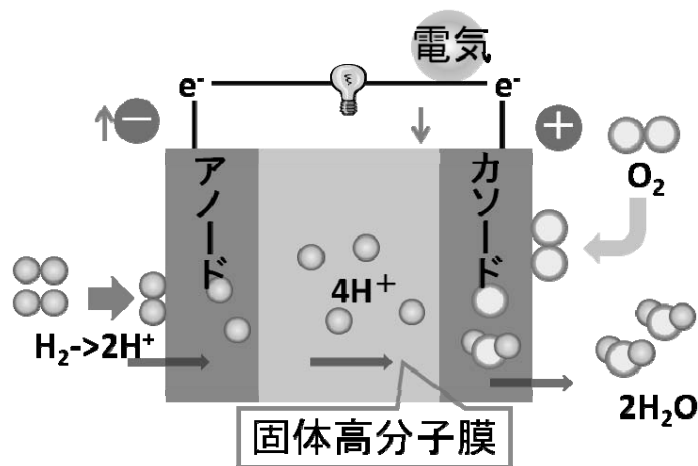


図 2：固体高分子形燃料電池(PEFC)の模式図。

### 3. 木炭と炭素

原始時代から木炭は主として燃料用に使われてきたが、近代に入ってからはその物理的性質にも人々の関心が向くようになった。古くからの使い方の中には、顔料および防腐剤への木炭の利用があげられる。画き眉としての顔料や防腐剤の他には、図案や文字を書くためにも木炭が用いられてきた。古墳時代の木炭槨、奈良時代以降に埋経に木炭をつめ防腐と防湿を兼ねた使い方も木炭の物理的応用の一種といえる。近世以降は研磨材や光沢剤、浄化剤にも使われている。

空気中で木材を燃やすと灰になるが、酸素のない雰囲気では蒸し焼きにすると表 1 の過程を経て木炭ができる。木炭にはたくさんの小さな空隙が存在し、表面積は木炭 1g 当たり約 100m<sup>2</sup> で、炭化前の木材の表面積が約 1-2m<sup>2</sup>/g であるのとは対照的である。微細な空隙に水分やガスを吸着することによ

り環境浄化に役立つさまざまな機能を発現する。空隙を構成する、炭化した細胞壁に着目すると炭化温度によって様々な炭素構造が形成される。材料としての木炭に着目すると木材にはない特徴が見えてくる。有機物の特徴である燃える・狂う・腐るといった欠点は木炭には見られない。炭化温度が高くなるほど炭素含有率が上昇し、600℃で約90%、1000℃における木炭の元素組成は炭素 96%、酸素 3%、水素 1%である。炭素が主体なのでシロアリに食べられたり腐朽菌に普及させられたりすることもなく、長期にわたり安定して二酸化炭素を貯蔵することができる。

表 1：木材の炭化現象<sup>2)</sup>。

熱変換過程	温度範囲	状態変化(無酸素下)
熱減成	60℃ ~200℃	高分子から低分子へ
熱分解	160℃ ~500℃	セルロース・ヘミセルロース・リグニンが分解する
炭素化	500℃ ~1800℃	新たな芳香環が生成する
黒鉛化	1600℃ ~3000℃	芳香環が一定方向に並ぶ

炭化方法や分析技術の進歩により、炭素化過程における加熱条件を変化させることで、木炭の吸着性能や電気伝導度などを制御できることがわかってきた。木炭には木材本来の細胞壁構造の異方性や60%もの空隙率を有するにもかかわらず適度な強度をもつという他材料にはない興味深い特徴がある。さらに他元素との複合化により、500℃以上での木炭表面における強度低下や酸化を防ぐことができる。このように加熱処理方法を選択することでスギを原料にした燃料電池用電極の作製も夢ではない。

炭素は元素名で"C"という記号で表すが、炭素材料の意味で使われる場合もある。一方、炭素材料学において"炭素"と"黒鉛"は厳密に定義されている。図3のように結晶の発達していないものを炭素と呼ぶのに対し、結晶化が進み三次元周期構造をもつものを黒鉛と呼ぶ。つまり、炭素六角網面が積層構造を持ち二次元の周期構造をもっている、図4に示すような隣あった炭素六角網面が半周期ずれた三次元的周期構造がなければ黒鉛とはいわない。そのため、高温炭や触媒炭素化により木炭中に観察される微小な黒鉛層を"マイクロ黒鉛構造"と呼ぶ。そして、このマイクロ黒鉛層がどれだけ発達しているかで、木炭の電気伝導性が決まる。

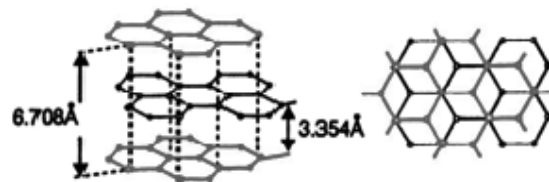
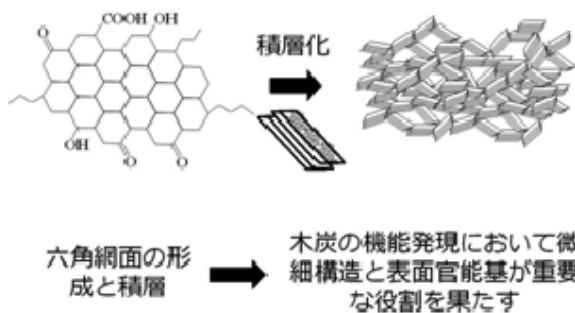


図3: 炭素六角網面の積層による乱層構造炭素形成<sup>9)</sup>。

図4: 黒鉛の結晶構造<sup>9)</sup>。

#### 4. 白金フリーの窒素ドーピング炭素触媒

白金に代わる触媒開発には多くの注目が集まっており、そのなかでも窒素と炭素の結合による酸素還元活性への関心が高まっている<sup>3-10)</sup>。窒素と炭素が結合してつくられる窒素ドーピング炭素触媒では、

白金並の酸素還元活性が得られることが知られている<sup>11)</sup>。現在は、CoやFeなどの金属錯体を含むポリイミド等の窒素含有樹脂を電気炉で焼成し製造されている。セルロースを出発物質として燃料電池が作られれば、バイオマス由来の燃料電池開発の端緒となるだろう<sup>12)</sup>。例えばセルロースを約50%含むスギ炭の燃料電池への応用で、これまでとは全く異なるバイオマスの革新的なエネルギー利用形態となる。建築廃材、間伐材、製材残材などの木質系廃棄物にも対象を広げることができ、森林保護や木材の有効利用に社会の目が向けられることになる。

白金フリーの窒素ドーピング炭素触媒を合成するために、直流の大電流を発生する特別なインバーター電源をもつ直パルス通電加熱装置により窒素含有木質粉を加熱した。大きな表面積と活性をもつ窒素ドーピング炭素触媒の合成をおこなうことにより、従来は難しいとされていた熱分解時の炭素と窒素の反応をこのシステムは可能としている。電流を投入によりパルスが発生する瞬間に極めて大きな収斂エネルギーが物質にナノレベルで作用する。物質間にプラズマ現象を微小時間、断続的に発生させることによる熱のフローにより微小金属が材料全体に拡散すると同時に、窒素ドーピング炭素触媒の導電性向上に必要な微小黒鉛積層構造の発達、黒鉛層エッジ部における炭素の触媒黒鉛化および炭素-窒素結合の同時生成が起こる。こうして窒素のドーピングと黒鉛結晶の発達という一見矛盾する二つのことを同時に実現することができるのである。

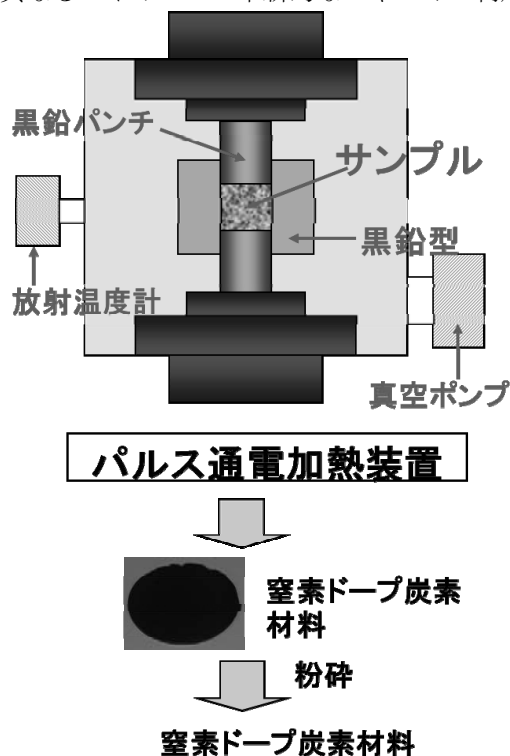


図5：白金フリーの窒素ドーピング炭素触媒の合成方法。

## 5. 窒素ドーピング炭素触媒の課題

炭素化前駆体には Fe または Co を担持した CAA(アセトアセチル化セルロース)にメラミンを75wt%(重量パーセント)混合した混合物を用いた。炭素化条件は窒素雰囲気下で、温度：600～900℃、昇温速度：20℃/分、保持時間 15 分の条件で通電加熱を行った。Py-GC-MS(ガスクロマトグラフ質量分析装置)分析で調べたところ、セルロースからはレボグルコサンが生成したが、CAA またはメラミン混入により不安定なレボグルコサンの生成が抑制され、体に有害なガスも検知されなかった<sup>13)</sup>。800℃で炭素化した FeCAA800 では黒鉛微結晶が観察されたが、700℃で炭素化した FeCAA700 では黒鉛微結晶は観察されなかった。800℃から Fe による炭素の触媒黒鉛化が起こったことがわかった点が意義深い。Py-GC-MS と TEM(透過電子顕微鏡) による分析手法により、木質を前駆体に用いた窒素含有炭素の反応機構の理解から本合成方法の安全性と合理性の検証をすることができた。今後、従来法の白金触媒で得られる性能に近づけるため、さらなる努力を必要とする。

## 6. おわりに

花粉アレルギーなどで悪名高いスギの炭素化物から、生命圏や人間圏に役立つ新たな材料の開発することができれば、木質資源の有効利用の鍵となる。将来、炭化によりスギから高機能炭素素材が開



発されれば、スギの役割は重要なものとなるのではないだろうか。近い将来、石油・石炭や希少金属からではなくスギ炭素化物から高性能電極触媒が製造され、燃料電池の一翼を担うだろう。

## 参考文献

- 1) 石原茂久, 木質系炭素材料素材開発の新しい展開, 木材学会誌, 42(8), 717-723, 1996.
- 2) 畑 俊充, 「炭化と生成物の利用」木平勇吉編 『森林と木材を活かす事典』, 産調出版, 2007.
- 3) Fu, R., T. F. Baumann, et al, Formation of graphitic structures in cobalt- and nickel-doped carbon aerogels. *Langmuir*, 21(7), 2647-2651, 2005.
- 4) Matter, P. H., L. Zhang, et al, The role of nanostructure in nitrogen-containing carbon catalysts for the oxygen reduction reaction. *Journal of Catalysis*, 239(1), 83-96, 2006.
- 5) Nagaiah, T. C., S. Kundu, et al, Nitrogen-doped carbon nanotubes as a cathode catalyst for the oxygen reduction reaction in alkaline medium, *Electrochemistry Communications* 12(3), 338-341, 2010.
- 6) Lee, K. R., K. U. Lee, et al, Electrochemical oxygen reduction on nitrogen doped graphene sheets in acid media, *Electrochemistry Communications* 12(8), 1052-1055, 2010.
- 7) Chen, Z., D. Higgins, et al, A review on non-precious metal electrocatalysts for PEM fuel cells, *Energy and Environmental Science*, 4(9), 3167-3192, 2011.
- 8) Ferrandon, M., A. J. Kropf, et al, Multitechnique characterization of a polyaniline-iron-carbon oxygen reduction catalyst, *Journal of Physical Chemistry C* 116(30), 16001-16013, 2012.
- 9) Ozaki, J., S. Tanifuji, A. Furuichi, K. Yabutsuka, Enhancement of Oxygen Reduction Activity of Nanoshell Carbons by Introducing Nitrogen Atoms from Metal Phthalocyanines. *Electrochimica Acta*, 55, 1864-1871, 2010.
- 10) Edgar, K.J., K.M. Arnold, W.W. Blount, J.E. Lawniczak, and D.W. Lowman. Synthesis and Properties of Cellulose Acetoacetates. *Macromolecules*, 28, 4122-4128, 1995.
- 11) 畑 俊充, ウッドバイオリファイナリー 2. スギ炭素化物からの機能性材料の開発, 材料, 61(8), 742-747, 2012.
- 12) Tsuge, S., Ohtani, H., Watanabe, C., Pyrolysis - GC/MS Data Book of Synthetic Polymers: Pyrograms, Thermograms and MS of Pyrolyzates, ELSEVIER, 2011.



# 災害に立ち向かう先端大気観測とその社会還元\*

古本淳一\*\*, 東邦昭\*\*

## 1. はじめに

近年、災害を引き起こす「極端気象」の発生頻度が増加している。最新の将来予測でも温暖化の進行に進むにつれて我が国ではこのような極端気象現象の発生がさらに増えることが予想されている。2012年8月14日には、京都府宇治市を中心とした北摂・山城地域に局地的豪雨が発生した。宇治市では積算雨量が311ミリという大量の雨が短時間に観測され中小河川が氾濫し大きな水害となった。崖や盛土の崩落により道路や鉄道など公共交通機関が麻痺し、復旧活動の中8月18日には再度雨で河川が決壊する二次災害も発生した。また、2013年の台風18号の通過では史上初の「特別警報」が発令され、淀川水系の大河川が氾濫寸前まで増水し多くの地域で避難指示が出た。

図1に気象災害による気象災害による行方不明者、死亡者の年々推移を示す。1970年以前は図示されていないが、社会インフラの荒廃した戦後間もなくは気象災害による死者数は千人オーダーで推移していたが、堤防やダムなど社会基盤の整備に伴って被害者は急速に減少を続けてきた。

1990年代中頃には100名を切るまで減少したが、2000年以後は下げ止まっており近年は1980年代水準に近づく年もある。これは従来型の災害対策では抑えきれない「都市型災害」の増加によると考えられる。

都市型災害が大きな注目をあつめる鎗矢となった事故として神戸市灘区を流れる都賀川の鉄砲水を取り上げる。都賀川は神戸市の住宅街を流れる中小河川である。高度成長期には汚染が激しかったものの、周囲の住民の努力による河川浄化が積極的に進められ魚が遡上するまで復活した経緯がある。現在では図2のようにスロープ、遊歩道、飛び石が整備された遊水公園となっており、子供からお年寄りまで水に触れあう場となっている。2008年7月28日に六甲山系の南側にゲリラ

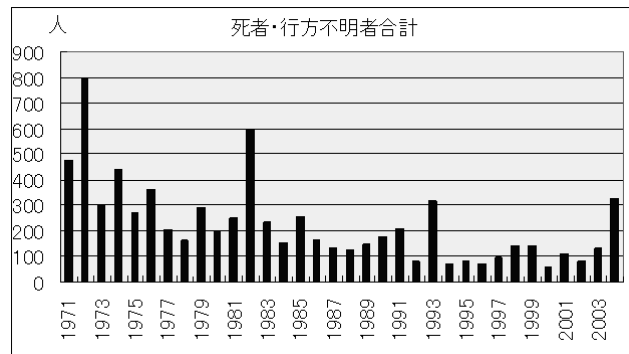


図1：日本の気象災害による死者・行方不明者の年変化（気象庁・異常気象レポート）



図2：都賀川の堤防内部の写真

\* 2014年7月26日作成

\*\* 〒611-0011 宇治市五ヶ庄 京都大学生存圏研究所大気圏精測診断分野.  
E-mail: furumoto@rish.kyoto-u.ac.jp

豪雨が発生した。10分間で1メートル以上という急激な水位上昇により河川敷内で遊んでいた子供たちを中心に40名以上の方が流され5名の方が犠牲になった。神戸市の河川モニタリングカメラの映像によると、急激な増水は数分間で発生している。

よくみるとこの事故は堤防内部の遊水公園で発生したものであり、越堤を防げているため大規模洪水を防ぐことができたともいえるが、都市住民の自然に触れあいきれいな川を望む要請の高まりにより親水公園が建設され遊びの場が知らない間に新たな災害を生み出す要素になっていたといえる。他にも、上流の降水により下水管の水量が急激に増加し作業員が被害にあう、急に地下街に下水が流入するなど事前に予測が難しい「都市型災害」が増加している。

近年、極端気象現象の極端度が増し、今後の温暖化の進行により極端気象頻度が増加することが危惧されている。「都市型災害」の新たな減災対策はまさに喫緊の課題となっている。本稿では、極端気象の中でも観測や予測研究が多く行われていない突風災害に着目し著者らの取り組みを紹介する。

## 2. 比良おろしによる突風動態の観測と予測

「比良おろし」は比良山地の麓に発生する局地風である。図3に湖西地方の地図を示す。比良山地から吹き下ろす突風は、湖西地域の幅約10kmの限られた地域にのみ毎年冬期に現れる。突風により家屋損壊、学校休校などの被害が毎年出る一方で、トラックの転覆など重大な事故も発生している。突風域内には幹線鉄道が走り頻繁に突風による鉄道運行の遅れや休止が発生している。鉄道網は広域相互乗り入れが行われていることから、姫路から神戸、大阪、京都、米原から敦賀に至る広い領域の鉄道網に大きな影響を与えている。

従来の比良おろしの予測法である天気図解析から突風を予測する場合のスレド・スコアは30%程度にすぎず、良い予測が得られない。比良おろしは他のおろし風とは異なる特徴がありこの特性が予測を難しくしていると考えられる。一般的なおろし風は山脈の中で一段低くなった鞍部から風が吹き出すことで強いおろし風が発生すると説明される(Saito 1992, 1994)。この場合おろし風は常に鞍部の下流側領域に現れる。一方で、比良山地には大きな鞍部が見られないにも関わらず強風域が発生しその場所が時間によって移動する特異な特徴を持つ。これらは従来研究されてきたおろし風とは違うメカニズムの存在を示唆する。

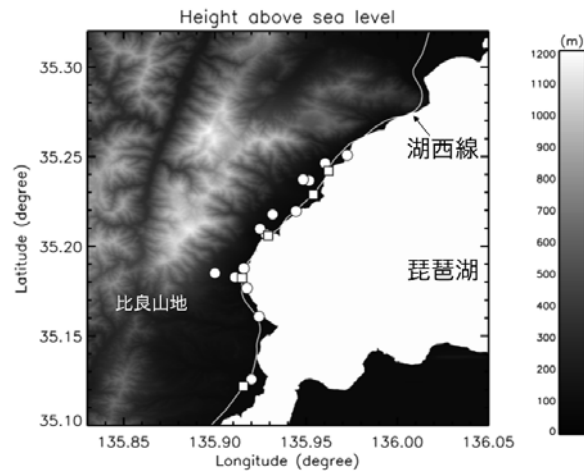


図3：比良おろし域周辺の地形。色合いは標高を表します。比良山地の最大標高は約1200m。白丸・四角は本研究で設置をしている風速計の位置。白線は沿線の鉄道路線。

### 2.1 比良おろしの稠密観測ネットワーク

比良おろしの動態を観測的に明らかにするため、携帯電話会社や鉄道会社と連携して、比良おろし域に19台からなる地上観測ネットワークを構築した。2012年10月から観測を開始し現在まで定常的な観測を続けている。2012～2013年、2013～2014年の秋～春季には最大瞬間風速が25m/sを超える突風イベントをそれぞれ20期間以上捉えた。図4にそのうちの一例を示す。図中の黒矢印は最大瞬間風速

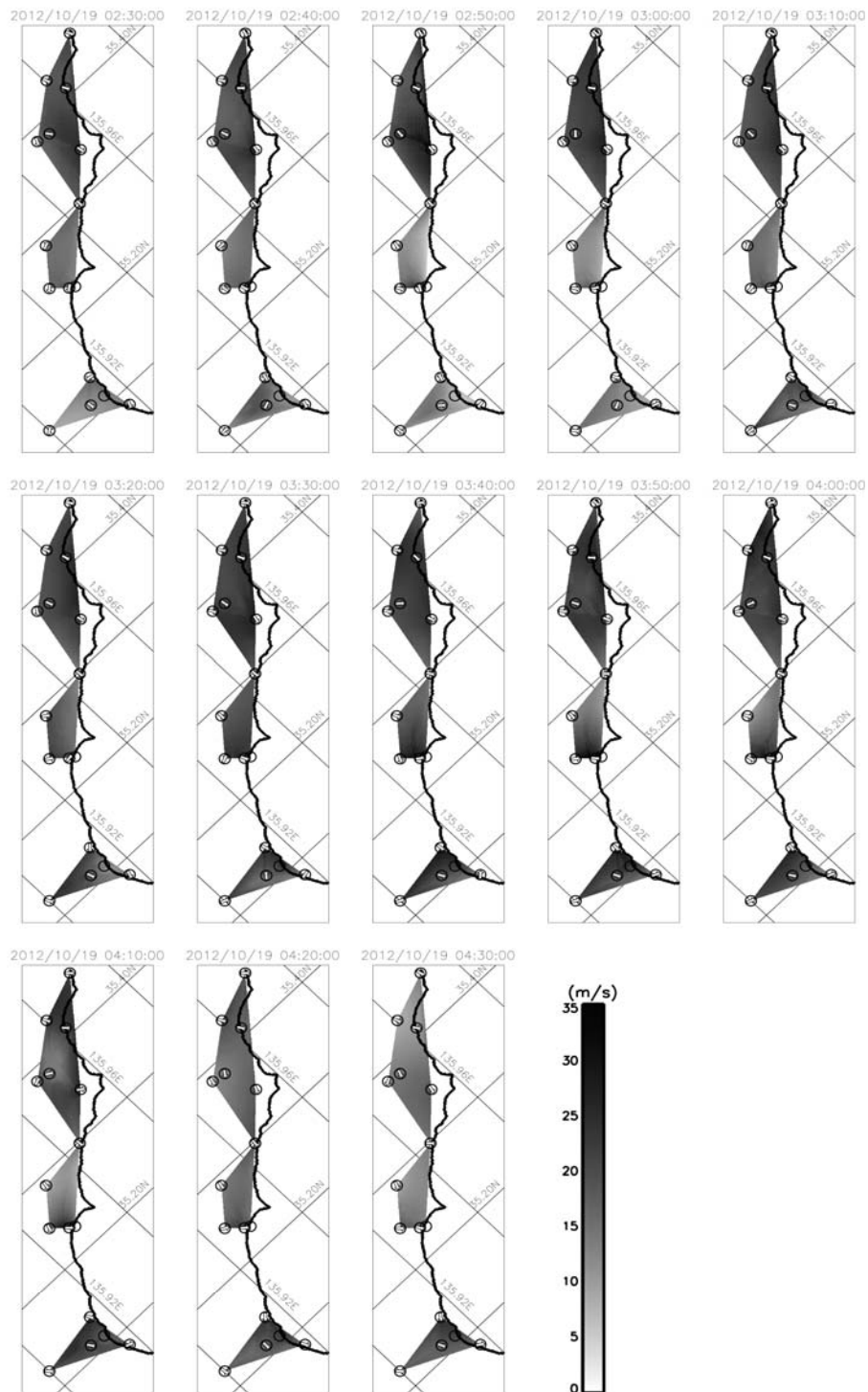


図4: 比良おろしが発生した2012年10月19日の比良おろし域の風速の水平分布。それぞれの図は10分間の最大風速を色で表す。丸印が観測位置を示し、中の白抜き矢印は最大風速の時の風向を示す。黒実線より右側が琵琶湖の湖水面。

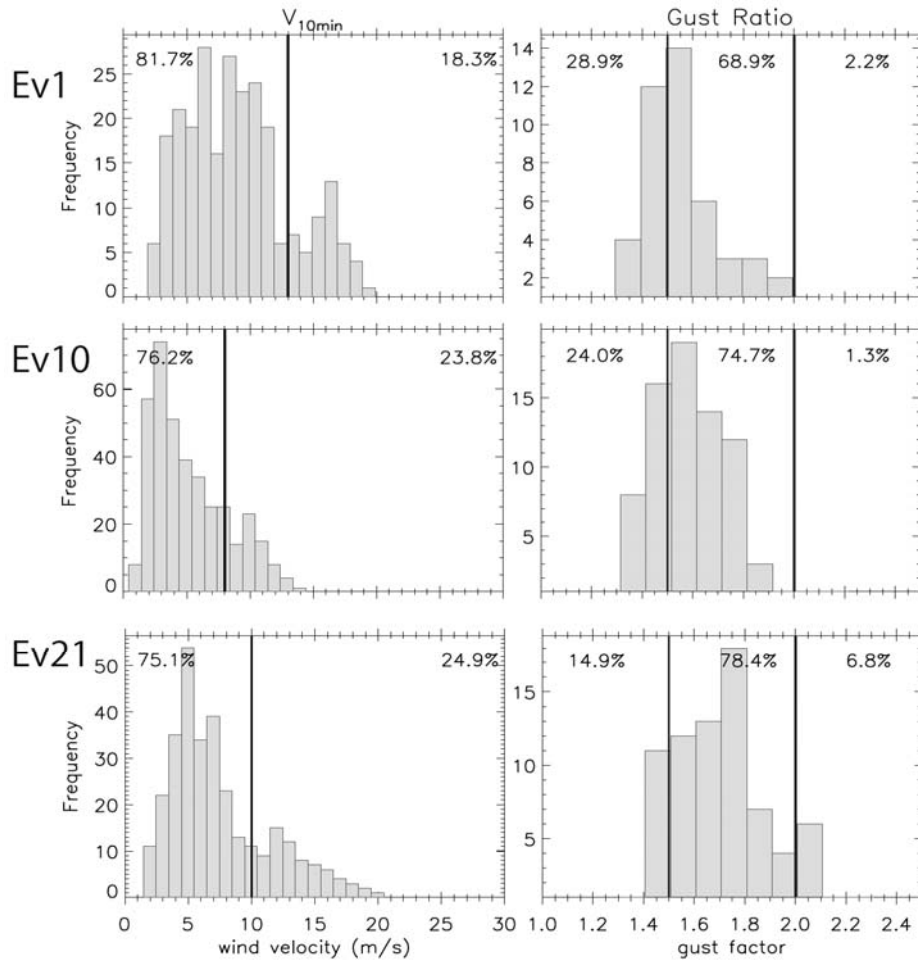


図5：比良おろしが発生した期間中の10分間平均風速（右図）。頻度分布で2ピークが見られ右側のピークが突風に対応する。縦実線を境として右側のデータのみを用いて計算した突風率の頻度分布を左図に示す。縦線は、突風率1.5と2.0の値を示す。

35m/s以上の強い突風を示す。期間前半は図面上側の北東側で風速が強く2時50分に強い突風が現れている。一方期間後半には画面中から下側にかけて強い突風が現れ突風域は時間とともに画面下方に移動して行き、突風の微細な構造が観測により明らかになった。

突風災害を考える上では、最大瞬間風速と平均風速値の比である突風率の特性を調べるのが重要である。突風率は1.5程度の値を取るとされているが、周囲の地表面状態の影響を受け変化するため、その詳細特性は調べられていないのが現状である。図5に2012年10月7日(Ev.1)、2012年12月30日(Ev.10)、2013年3月13日(Ev.21)の平均風速のヒストグラム(右図)と突風が吹いているときの突風率(左図)に示す。すべてのケースにおいて7割程度は突風率が1.5~2.0の間に収まっているが、下にゆくほど、突風率が2.0を超える割合が増えており、イベント毎に突風率特性が大きく異なる。

さらに精密な構造を調べるために天気予報に用いる数値予報モデルを用いて、50mという極めて細かい風速構造をスーパーコンピュータで計算した結果を図6に示す。強風と弱風領域が時間とともに変化しながら動いてゆく様子が見て取れ、この結果は図4の結果とも良く一致する事がわかった。

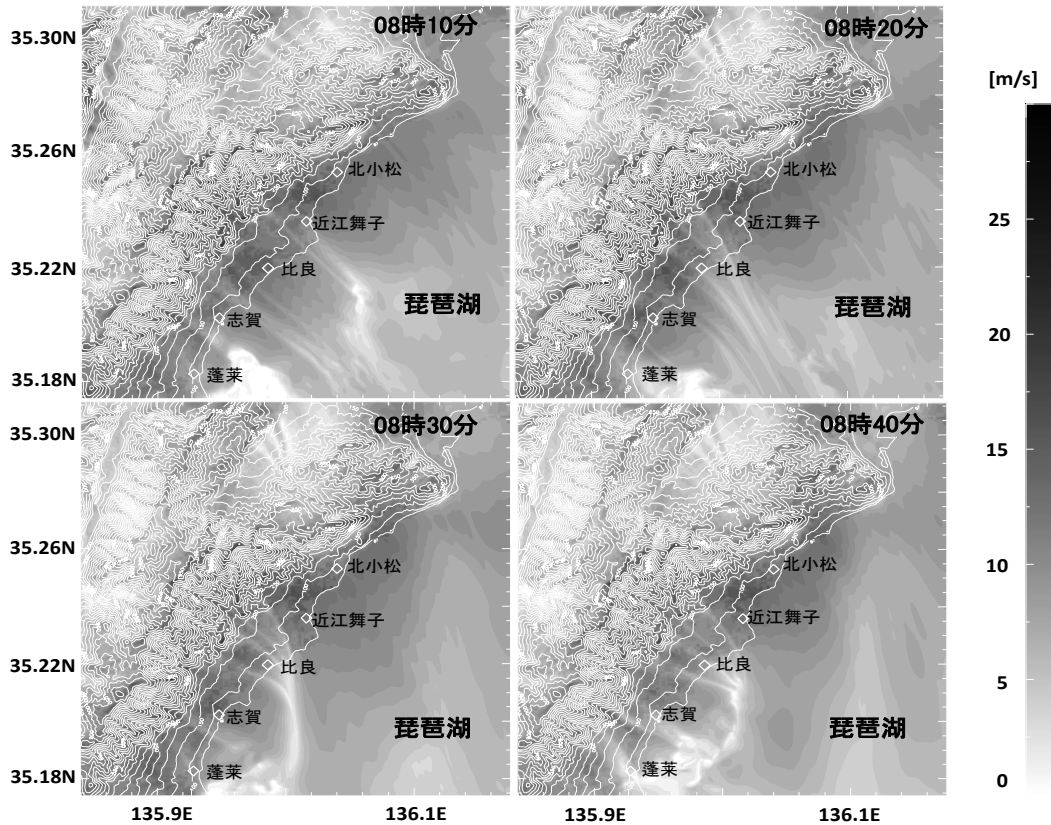


図6：数値予報モデルで計算した水平50メートルごとの風速の水平分布。等高線は標高を示す。

### 3. おわりに

日本は世界有数の複雑な地形と植生・地表面状態を持った国土を持ち、比良おろしのような地域特有の災害事象が数多く見られる特徴がある。温暖化が進むにつれて我が国ではこのような現象の発生頻度がさらに増えることが予想される。我が国では人類活動の多様化により複雑系の中での生活をしているため、一事象が思わぬところに影響を与え災害が発生することがある。こうした災害に立ち向かうには今まで以上に個人やコミュニティーの働きが重要になってくることはいうまでもなく、それにはより高度かつ正確な情報をより迅速かつ分かりやすく提供することが重要になる。

本稿ではおろし風という風害をもたらす現象についての研究を紹介した。これをケーススタディーとして得られた知見をもとに様々な地域特有での精密観測、災害予測、情報伝達手段について検討して一般化することで、災害にしなやかに立ち向かえる社会のための情報発信力を高める研究を進める。

### 参考文献

- 1) 気象庁, 異常気象レポート 2005 概要版, pp.1-57, 2005.
- 2) Saito, K., Shallow water flow having a lee hydraulic jump over a mountain range in a chanel of variable width, *J. Met. Soc. Japan*, **70**, 775–782, 1992.
- 3) Saito, K., A numerical study of the local downslope wind “Yamaji-kaze” in Japan. Part3: Numerical simulation of the 27 September 1991 windstorm with a non-hydrostatic multi-nested model, *J. Meteor. Soc. Japan*, **72**, 301–329, 1994.





生存圏科学の新領域開拓  
—ロングライフイノベーション共同研究—

新領域開拓共同研究

1. 「バイオマスの生理活性」
  - 1) 木竹酢液の抗ウイルス性物質の探索  
渡辺隆司（京都大学・生存圏研究所）
  - 2) 植物機能性低分子の代謝輸送  
高梨功次郎（京都大学・生存圏研究所）
  - 3) 革新的なバイオマス構造解析技術を基盤とした新領域の創成  
西村裕志（京都大学・生存圏研究所）
  
2. 「木質住環境と健康」

空気質特性の解明とヒトへの影響解析  
川井秀一（京都大学・思修館）
  
3. 「大気質の安心・安全」

人間生活圏を取り巻く大気の微量物質の動態把握  
高橋けんし（京都大学・生存圏研究所）
  
4. 「電磁場の生体影響」

細胞研究のための新たな共鳴結合無線電力伝送システムならびに  
免疫細胞における高周波電波ばく露の影響評価研究  
宮越順二（京都大学・生存圏研究所）
  
5. 「千年居住圏」
  - 1) 「アジア地域に建つ木造建築物のモニタリングによる長期  
構造性能評価」  
五十田博（京都大学・生存圏研究所）
  
  - 2) 「アジア地域の植物バイオマスを活用した循環型材料の開発  
～タンニン・スクロース接着剤を用いた木質成形体に  
対するクエン酸の添加効果～」  
梅村研二（京都大学・生存圏研究所）
  
  - 3) 「東アジアの木の文化と科学」

杉山淳司（京都大学・生存圏研究所）

田鶴寿弥子（京都大学・生存圏研究所）

### 圏間共同研究

1) 「微細気泡水効果の原理解明と環境・材料・農業分野への応用」

上田義勝（京都大学・生存圏研究所）

2) 「低炭素居住圏の確立に資する植物由来脂溶性生理活性成分の  
耐虫・耐朽性評価と大量生産デザイン」

矢崎一史（京都大学・生存圏研究所）

3) 「ヒトと動物に対するリグニンの生理機能の解明と利用」

梅澤俊明（京都大学・生存圏研究所）

4) 「樹木年輪と歴史・古環境」

杉山淳司（京都大学・生存圏研究所）

### 新研究醸成支援プログラム

#### 研究集会

1) 「植物アロマのメタ代謝科学 ～生態学、大気科学、植物科学の融合～」

杉山暁史（京都大学・生存圏研究所）

2) 「次世代超高層大気研究検討会

－新規衛星計画にむけたブレインストーミング－

山本 衛（京都大学・生存圏研究所）

#### 所外共同研究

1) 「LED 光環境と形質発現の相関解析による人工光栽培植物の生産性向上」

鈴木史朗（京都大学・生存圏研究所）

2) 「光合成微生物を用いた太陽エネルギーによるイソプレン生産技術の開発」

矢崎一史（京都大学・生存圏研究所）

- 3) 「マイクロ波照射によるバイオマスからのグラフェン合成に関する  
研究開発動向調査」

畑 俊充 (京都大学・生存圏研究所)

**海外研究者招聘 (国際共同研究)**

「リグノセルロース成分分離に向けた糖リグニン複合体の共同研究」

西村裕志 (京都大学・生存圏研究所)

## **新領域開拓共同研究**

### 1. バイオマスの生理活性

#### 1) 「木竹酢液の抗ウイルス性物質の探索」

渡辺 隆司（京都大学・生存圏研究所）

#### 1. 研究組織

代表者氏名：渡辺 隆司（京都大学・生存圏研究所）

共同研究者：李 瑞波（京都大学・生存圏研究所）

成田 亮（京都大学・ウイルス研究所）

丸本 真輔（近畿大学・共同利用センター）

西村 裕志（京都大学・生存圏研究所）

谷田貝 光克（東京大学名誉教授）

矢崎 一史（京都大学・生存圏研究所）

藤田 尚志（京都大学・ウイルス研究所）

#### 2. 新領域開拓のキーワードと関連ミッション

バイオマスの生理活性

#### 3. 研究概要

地球温暖化や輸送手段の広域・高速化により、人畜に有害な病原体が広汎かつ迅速に伝播していることは大きな社会問題の一つとなっている。本研究では、再生産可能な木質・森林バイオマスの変換により人の健康や生活に寄与する有用な物質を生産するという新しい研究領域を開拓することを目的とし、木竹酢液の抗ウイルス活性について検討を進めている。木竹酢液は、木竹炭を製造する際に副次的に得られ、セルロース、ヘミセルロースおよびリグニンの熱分解生成物などを含有する。木竹酢液は殺菌をはじめとする様々な生理活性を有することが報告されており、ウイルスなどの病原体の駆除にも有用なバイオマスである可能性が考えられるが、木竹酢液の抗ウイルス活性については十分な科学的根拠が示されているとは言い難い。本研究では、日本や韓国をはじめとして各国で猛威をふるってきた口蹄疫ウイルスなどに対する消毒薬を木竹酢液から生産することを視野に入れて、木竹酢液の抗ウイルス活性試験を行い、木竹酢液の消毒薬への応用の可能性と木竹酢液に含有される抗ウイルス活性物質の探索を行った。これまでに、竹酢液に含まれるフェノールが脳心筋炎ウイルス（encephalomyocarditis virus: EMCV）に対するウイルス不活化活性をもち、酢酸の共存によりその活性が増強されることを示した。平成 25 年度は、ヒノキ木酢液の部分精製物および

構成成分のEMCVに対する抗ウイルス活性の評価を行った。また、ヒノキ木酢液に含まれる2成分の口蹄疫ウイルスに対する不活化活性評価を行うとともに、ヒノキの水溶性画分に含まれる抗ウイルス活性をもつ候補物質を合成した。さらに、口蹄疫ウイルスと同じくpH感受性の高いピコルナウイルスであるライノウイルスに対するヒノキ木酢液とその分画物の抗ウイルス活性を試験した。この他、カラマツ木酢液の分画を行い、中性条件で抗ウイルス活性をもつ水溶性物質を含むことを明らかにした。また、インフルエンザウイルスに対する木竹酢液の抗ウイルス活性評価を実施し、アカマツ、ヒノキおよびカラマツ木酢液は、中性条件でもインフルエンザウイルスの増殖を抑えることを見出した。

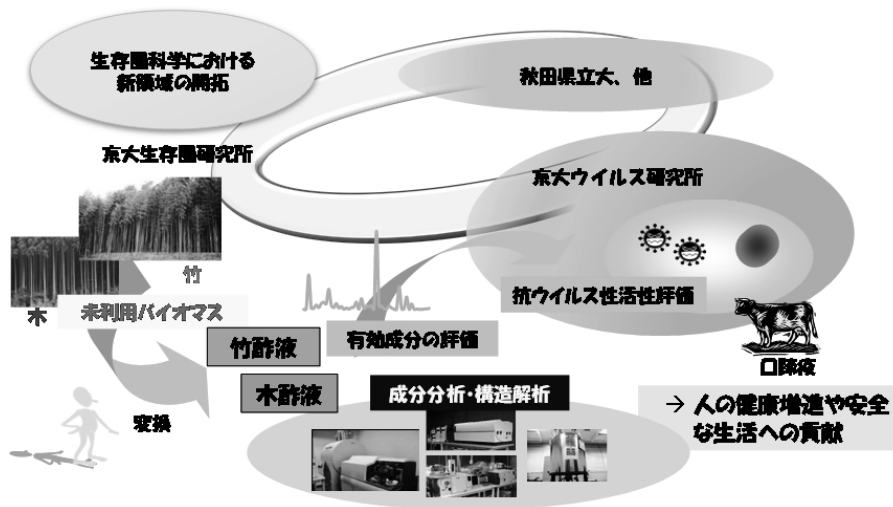


図1 木竹酢液の抗ウイルス活性の評価と原因物質の探索研究

## 2) 「植物機能性低分子の代謝輸送」

高梨 功次郎 (京都大学・生存圏研究所)

### 1. 研究組織

代表者氏名：高梨 功次郎 (京都大学・生存圏研究所)

共同研究者：矢崎 一史 (京都大学・生存圏研究所)

佐藤 文彦 (京都大学・大学院生命科学研究科)

山田 泰之 (京都大学・大学院生命科学研究科)

### 2. 新領域開拓のキーワードと関連ミッション

生理活性、植物二次代謝産物

ミッション1：環境計測・地球再生

### 3. 研究概要

植物が生産する多種多様な生理活性物質の効率的な高蓄積および大量生産を目指して、植物が有する生理活性物質の輸送・蓄積機構の解明を試みている。今年度は、抗ウイルス活性などの生理活性を有するベルベリンの植物細胞内における蓄積機構を解明するために、前年度に引き続きベルベリン生産植物であるオウレン (*Coptis japonica*) の培養細胞を用いて研究を行った。そして、前年度ベルベリン輸送タンパク質の候補としてクローニングされた CjMATE1 が酵母発現系において、ベルベリン輸送能を有すること、2) CjMATE1 の発現がベルベリン生産量のより多い培養細胞系統でより大きいこと、3) CjMATE1 とベルベリン生合成遺伝子群が同じ転写因子によって制御されていることを明らかにした。H26年度はさらに詳細に CjMATE1 の輸送能を解析すると共に、同じ制御系の下流にあることが判明したベルベリン生合成遺伝子群と CjMATE1 の相互作用の有無を明らかにする予定である。

### 3) 「革新的なバイオマス構造解析技術を基盤とした新領域の創成」

西村 裕志 (京都大学・生存圏研究所)

#### 1. 研究組織

代表者氏名：西村 裕志 (京都大学・生存圏研究所)

共同研究者：片平 正人 (京都大学・エネルギー理工学研究所)

渡辺 隆司 (京都大学・生存圏研究所)

#### 2. 新領域開拓のキーワードと関連ミッション

バイオマスの生理活性、先端分析化学

ミッション2：太陽エネルギー変換・利用

#### 3. 研究概要

バイオマスは生物が作り出す有機資源であり、多様な分子から成る。このため化成品材料やエネルギー資源のみならず、生理活性物質などの高機能性物質としても高いポテンシャルを持っている。中でも樹木に代表される植物バイオマスは未利用かつ豊富なバイオマス資源として注目されている。植物細胞壁は、主にセルロース、ヘミセルロースおよびリグニンによって構成されていて、互いに多様な結合で三次元の高分子を形成している。この高分子ネットワークの結合構造を正確に把握することは植物バイオマスの戦略的な変換、利用につながる。特に、リグニンの分岐構造やリグニンと糖の結合構造は、その存在量は少ないもののバイオマスの高分子ネットワークを“ほどく”ための鍵となる構造であり、バイオマスの成分分離、変換反応を開発する上で重要であるが、現在のところ、核磁気共鳴法 (NMR 法) によってのみ観測可能である。そこで化学の目でバイオマスの利活用を進める基盤として NMR 法を中心に質量分析法と組み合わせて木質バイオマスを分子レベルで捉え、化学分解や成分分離、微生物分解など、さまざまなバイオマスの変換反応過程における構成成分の変化を評価する手法の開発を目的として研究を進めている。

本研究ではまず、木質バイオマスを包括的に測定可能な溶液 NMR 法を用いて、構成成分の存在比を定量する手法の改良を進めた。2次元 NMR 上の相関シグナルから構成成分の相対量を見積もり、得られた定量値を較正する手法を開発した。さらに、分子量の異なる混合物について定量する手法を開発した。次に、木質バイオマス中における高分子ネットワークの結合構造で特に重要なリグニンの分岐構造および糖-リグニンの複合体構造をロングレンジ相関 NMR 法を用いて解析した。また、木材腐朽菌による微生物分解過程の解析をおこなった。木質バイオマスの生分解過程におけるリグノセルロース構造の変化や生分解過程で分泌される腐朽菌由来の二次代謝物を分析することで、環境負荷の小さい効果的なバイオマス変換法構築へ向けた基盤構築が期待できる。その他共同研究を通じて様々なバイオマスおよびバイ

オマス由来の反応生成物の分析を行った。溶液 NMR 法を用いてバイオマス成分の包括分析と定量評価法、精密構造解析、バイオマスの変換反応や生分解過程における動態解析における有用性が示された。



## 2. 木質住環境と健康

### 「空気質特性の解明とヒトへの影響解析」

川井 秀一（京都大学・思修館）

#### 1. 研究組織

代表者氏名：川井 秀一（京都大学・思修館）	
矢野 浩之（京都大学・生存圏研究所）	
共同研究者：木村 彰孝（長崎大学・教育学部）	課題 1, 2
仲村 匡司（京都大学・農学研究科）	課題 2
高橋 けんし（京都大学・生存圏研究所）	課題 3
矢吹 正教（京都大学・生存圏研究所）	課題 3
光永 徹（岐阜大学・応用生物科学部）	課題 4
松原 恵理（森林総合研究所）	課題 3, 4, 6
東 賢一（近畿大学・医学部）	課題 5
萬羽 郁子（近畿大学・医学部）	課題 5
宮越 順二（京都大学・生存圏研究所）	課題 6
小山 眞（京都大学・生存圏研究所）	課題 6
成田 英二郎（京都大学・生存圏研究所）	課題 6
古田 裕三（京都府立大学・生命環境科学研究科）	課題 7
三好 由華（京都府立大学・生命環境科学研究科）	課題 7
古谷 真理子（京都府立大学・生命環境科学研究科）	課題 7
辻野 喜夫（大阪府環境農林水産総合研究所）	課題 1
中山 雅文（中山倉庫株式会社）	課題 1
藤田 佐枝子（有限会社ホームアイ）	課題 1 - 6

#### 2. 新領域開拓のキーワードと関連ミッション

木質住環境と健康

ミッション 1：環境計測・地球再生

ミッション 4：循環型資源・材料開発

#### 3. 研究概要

木材（とくにスギ材）には優れた空気浄化機能があり、また木材内装仕上げによって抑うつや不眠などの症状改善が観察されている。そこで本研究では、木質住環境における空気質特性の解明およびヒトへの影響解析により、居住者の健康改善・増進に寄与するデータの蓄

積を目的としている。最終的には、木材を有効活用する技術開発を開拓、推進することを目  
標とする。

本年度は、以下に示す研究課題を設定して遂行した。

- 課題 1. 木材による調湿および空気汚染物質除去に関する研究
- 課題 2. 木質住環境の見えが生理・心理・認知反応に及ぼす影響
- 課題 3. 木質住環境内の空気質計測
- 課題 4. 木材由来香り成分による生理・心理応答と自律神経活動
- 課題 5. 木材パネルの設置が睡眠の質に及ぼす影響
- 課題 6. 抽出成分の分析とヒト細胞の生理応答
- 課題 7. スギ木ロスリット材の吸放湿機能の向上に関する技術開発

### 3. 大気質の安心・安全

#### 「人間生活圏を取り巻く大気の微量物質の動態把握」

高橋 けんし（京都大学・生存圏研究所）

##### 1. 研究組織

代表者氏名： 高橋 けんし（京都大学・生存圏研究所）

矢吹 正教（京都大学・生存圏研究所）

津田 敏隆（京都大学・生存圏研究所）

共同研究者： 林 泰一（京都大学・防災研究所）（課題1）

青木 一真（富山大学・大学院理工学研究部）（課題1）

中山 智喜（名古屋大学・太陽地球環境研究所）（課題1）

松田 和秀（東京農工大学・農学部附属広域都市圏フィールドサイエンス教育研究センター）（課題1）

久世 宏明（千葉大学・環境リモートセンシング研究センター）（課題2）

小杉 緑子（京都大学・農学研究科）（課題3）

川井 秀一（京都大学・思修館）（課題4）

松原 恵理（森林総合研究所）（課題4）

##### 2. 新領域開拓のキーワードと関連ミッション

大気質変動、エアロゾル、揮発性有機化合物、森林-大気相互作用、接地境界層、居住圏空気質

ミッション1：環境計測・地球再生

##### 3. 研究概要

本プロジェクトでは、人間生活圏および森林圏に近い大気の化学的動態の変動に着目し、大気微量成分（ガスおよび粒子状物質）の時空間分布を精細に描写する新しい大気計測手法を開拓することを目指している。これまでに、係留気球をプラットフォームとして活用することにより、微量気体成分ならびにエアロゾル粒子の個数濃度と粒径分布の鉛直立体分布を観測する方法を考案した。具体的には、信楽 MU 観測所において夏季に観測キャンペーンを実施し、接地境界層付近における物質変動の立体分布特性を精密に捉えることができた。昨年度には、走査機能を付加したラマンライダーの新規開発と試験運転を行い、水蒸気・エアロゾルの時空間変動の精緻なリモートセンシング観測が可能となった。また、新領域開拓研究の別課題である“木質住環境と健康”との共同研究として、居住空間内における大気質を評価するシステムを開発した。本年度は、以上の背景を踏まえて、

- 1) 接地層付近における物質分布の鉛直構造とその変動要因の探査
  - 2) ライダーによる大気微量物質の時空間変動の把握
  - 3) 生態系微量ガスフラックス計測法の開発
  - 4) 居住圏環境における大気質の評価（新領域開拓研究課題“木質住環境と健康”と共同研究）
- の四つの課題に取り組んだので、その進捗や成果について報告する。

## 4. 電磁場の生体影響

### 「細胞研究のための新たな共鳴結合無線電力伝送システムならびに 免疫細胞における高周波電波ばく露の影響評価研究」

宮越 順二（京都大学・生存圏研究所）

#### 1. 研究組織

代表者氏名：宮越 順二（京都大学・生存圏研究所）

共同研究者：水野 公平（京都大学・生存圏研究所）

成田 英二郎（京都大学・生存圏研究所）

小山 眞（京都大学・生存圏研究所）

三谷 友彦（京都大学・生存圏研究所）

篠原 真毅（京都大学・生存圏研究所）

鈴木 敬久（首都大学東京・理工学研究科）

多氣 昌生（首都大学東京・理工学研究科）

#### 2. 関連領域

新領域研究：電磁場の生体影響

#### 3. 研究概要・目的

##### 細胞研究のための新たな共鳴結合無線電力伝送システム

近年、新しい無線電力伝送技術として共鳴結合方式が注目を集めており多くの研究が進められている。しかし、共鳴結合無線電力伝送下における生体影響の可能性を実験的に評価した例はない。本研究では、共鳴結合無線電力伝送下における生体影響の可能性を評価することを目的に、安定した共鳴結合無線電力伝送環境、国際的なガイドラインを踏まえた電磁ばく露環境、厳密に管理された細胞培養環境を兼ね備えた、細胞研究のための新たな共鳴結合無線電力伝送システムの開発に取り組んだ。今後、開発したシステムを用い、細胞の基本動態や遺伝毒性を指標とした評価を実施することにより生体影響の可能性を明らかにしていく。

##### 免疫細胞における高周波電波ばく露の影響評価研究

T細胞依存性抗原に対する特異抗体が産生されるまでには、マクロファージや樹状細胞などの抗原提示細胞、T細胞ならびにB細胞が必要とされる。T細胞依存性抗体産生の場合、上記のいずれかの細胞の機能に異常が起きたとしても最終的にはT細胞依存性抗体産生に変化がみられることになる。従って、幅広く細胞の機能の変化をとらえるためにはT細胞依存性抗体産生能の測定が有効である。しかしながら、T細胞依存性抗体産生試験にはマウスまた

はラットを用いてインビボでのヒツジ赤血球を抗原とする抗体産生能をプラークの検出により行うのが最も一般的であり、培養細胞株を用いたインビトロの測定系は確立されていないのが現状である。

そこで、培養細胞株を用いたインビトロの測定系の検討を行い、T細胞依存性抗体産生能の電波ばく露による影響を調査することを目的とし、電波ばく露条件は、周波数 2.45Ghz、SAR2 および 10W/kg、4 および 24 時間で評価した。

## 5. 千年居住圏

### 1) 「アジア地域に建つ木造建築物のモニタリングによる 長期構造性能評価」

五十田 博（京都大学・生存圏研究所）

#### 1. 研究組織

代表者氏名：五十田 博（京都大学・生存圏研究所）

共同研究者：北守 顕久（京都大学・生存圏研究所）

森 拓郎（京都大学・生存圏研究所）

脇田 健裕（中部大学・工学部建築学科）

#### 2. 新領域開拓のキーワードと関連ミッション

千年居住圏

ミッション1：環境計測・地球再生

ミッション4：循環型資源・材料開発

#### 3. 研究概要

長期にわたり安心して安全な建物を維持するためには、外乱に対する状態を常時監視し、必要に応じ適切な対処を実施することが重要となる。本研究は、資源循環型材料の代表である木材を用いた建物を対象に加速度計による長期振動計測を実施し、構造性能を評価するヘルスマニタリングシステムを構築し、実証実験をおこなうものである。本年度はヘルスマニタリングシステムの全体像を示し、建物の初期性能を求めるために実施した常時微動測定の方法、結果について述べるとともに、長期計測を開始した建物のシステムの概要、今後の測定計画、損傷検知のための演算の試行について示す。

## 2) 「アジア地域の植物バイオマスを活用した循環型材料の開発 ～タンニン・スクロース接着剤を用いた木質成形体に 対するクエン酸の添加効果～」

梅村 研二（京都大学・生存圏研究所）

### 1. 研究組織

代表者氏名：梅村研二

### 2. 新領域開拓のキーワードと関連ミッション

千年居住圏

ミッション4：循環型資源・材料開発

### 3. 研究概要

縮合型タンニンは比較的反応性が高く、接着剤原料として古くから研究されているが、接着剤化にはアルデヒド化合物やアミン化合物、合成樹脂などの化石資源由来の化合物との反応が必要であった。当研究室では、縮合型タンニンにスクロースを加えると接着剤として利用できることを見出し、木質材料への適応性について研究を進めている。今年度は、タンニン・スクロース接着剤を用いた木質成形体の作成に対するクエン酸の添加効果について検討した。その結果、クエン酸の少量添加は熱圧温度の低下や熱圧時間の短縮に有効であることが示唆された。



### 3) 「東アジアの木の文化と科学」

田鶴寿弥子、杉山淳司（京都大学・生存圏研究所）

#### 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：田鶴 寿弥子（京都大学・生存圏研究所）

金南勲（韓国・江原大学）

李元熙（韓国・慶北大学）

#### 2. 新領域開拓のキーワードと関連ミッション

千年居住圏

#### 3. 研究概要

東アジア地域の中でも特に、韓国・中国などと共同で行ってきた木質文化財や木製建造物調査についての研究成果を報告する。並びに、シルクロードの終着点ともいえる日本国内において、インド・中国・韓国の影響を受けたのち日本に伝来した仏教関連遺品ならびに神仏習合遺品の樹種調査から見える樹種選択とその意味について報告する。

## **圏間共同研究**

### 1) 微細気泡水効果の原理解明と環境・材料・農業分野への応用

上田 義勝 (京都大学・生存圏研究所)

#### 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：杉山 暁史 (京都大学・生存圏研究所)

徳田 陽明 (京都大学・化学研究所)

伊藤 嘉昭 (京都大学・化学研究所)

二瓶 直登 (東京大学・大学院農学生命科学研究科)

#### 2. 新領域開拓のキーワードと関連ミッション

震災復興連携支援研究、圏間共同研究

ミッション1：環境計測・地球再生

#### 3. 研究概要

本研究では新たな可能性を秘める微細気泡水について、圏間を融合した大きな研究分野として確立する事を大目標として、分野横断型の多角的な応用研究を3つの個別テーマ（1：除染、2：無機化学合成への応用、3：農業分野への応用）として設定し、研究を推進し、微細気泡水が本来持つ特性について多角的な視点から捉え、その基礎原理を正確に解明する。

## 2) 低炭素居住圏の確立に資する植物由来脂溶性生理活性成分の 耐虫・耐朽性評価と大量生産デザイン

矢崎 一史 (京都大学・生存圏研究所)

### 1. 研究組織

代表者氏名：矢崎 一史 (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)

高梨 功次郎 (京都大学・生存圏研究所)

小野 和子 (京都大学・生存圏研究所)

豊岡 公德 (理化学研究所)

### 2. 新領域開拓のキーワードと関連ミッション

生理活性、環境未来千年居住圏

ミッション1：環境計測・地球再生

### 3. 研究概要

本研究では、住宅居や文化財の原料である木材の耐虫・耐朽性を担う物質を、石油資源によらない脂溶性の植物生理活性成分に求め、その活性の定量評価と応用に向けた大量生産を目指している。材料としてナフトキノ系脂溶性生理活性物質(シコニン類)を生産するムラサキ科ムラサキ(*Lithospermum erythrorhizon*)の培養細胞に着目し、H25年度はまずムラサキ抽出物の耐虫性・耐朽性の評価を行った。乾燥させたムラサキの根(硬紫根)のアセトンおよびメタノール抽出エキスを用い、イエシロアリ(*Coptotermes formosanus*)に対する活性を評価した。その結果、メタノール抽出液処理区において顕著な殺シロアリ活性が観察された。同様に、2種の木材腐朽菌(*Trametes versicolor* および *Fomitopsis palustris*)に対する活性を評価したところ、アセトンおよびメタノール両抽出液処理区において生育阻害活性が観察された。これらの活性は、現況で使用されている化学合成耐腐朽剤と比べ高いものではなかったものの、ムラサキ抽出成分が抗虫性を示す事、また木材腐朽菌に対して抗菌活性を有することは初めての知見となった。大量生産デザインに関しては、ムラサキ培養細胞を材料にしてシコニン生産時に機能する遺伝子の網羅的解析に着手し、植物における生理活性物質の生産調節機構の解明を試みた。

### 3) ヒトと動物に対するリグニンの生理機能の解明と利用

梅澤 俊明 (京都大学・生存圏研究所)

#### 1. 研究組織

代表者氏名：梅澤 俊明 (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)

河田 照雄 (京都大学・大学院農学研究科)

奥西 智哉 (農研機構・食品総合研究所)

柴田 大輔 (かずさDNA研究所、京都大学・大学院農学研究科)

山村 正臣 (京都大学・生存圏研究所)

鈴木 史朗 (京都大学・生存圏研究所)

青柳 秀紀 (筑波大学・大学院生命農学研究科)

坂本 正弘 (京都大学・大学院農学研究科)

#### 2. 新領域開拓のキーワードと関連ミッション

バイオマスの生理活性、リグニン、食品機能、未利用芳香族資源、シロアリ、木材保存、  
圏間共同研究

ミッション1：環境計測・地球再生

ミッション2：太陽エネルギー変換・利用

ミッション4：循環型資源・材料開発

#### 3. 研究概要

リグニンは地球上のバイオマスの2~3割を占めるにも関わらず、かつてはパルプ化、酵素糖化、あるいは飼料消化における阻害的成分として、負の印象を以て語られることが多かった。しかし近年では、その芳香族バイオマスとしての重要性が再認識され、有効活用が社会的に強く求められるに至り、研究代表者らも代謝工学による有用リグニンの増加を図る研究を進めている。一方リグニンの機能として従来ほとんど看過されてきたのが、ヒトを始めとする動物に対する生理機能である。そこで、本研究では、食物繊維リグニンの食品生理機能の解明とリグニンがシロアリに及ぼす生理機能の解明を目指し、本年度は、まず食品中のリグニンの評価系構築と食物繊維高含有食品のリグニン解析を行った。

## 4) 樹木年輪と歴史・古環境

田鶴 寿弥子 (京都大学・生存圏研究所)

渡邊 裕美子 (京都大学・理学研究科)

### 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：津田 敏隆 (京都大学・生存圏研究所)

田鶴 寿弥子 (京都大学・生存圏研究所)

反町 始 (京都大学・生存圏研究所)

田上 高広 (京都大学・理学研究科)

渡邊 裕美子 (京都大学・理学研究科)

大山 幹成 (東北大学・学術資源研究公開センター植物園)

### 2. 新領域開拓のキーワードと関連ミッション

圏間共同研究

ミッション1：環境計測・地球再生

千年居住圏

### 3. 研究概要

テーマ A:材鑑調査室の歴史的な古材を活用した樹木年輪データベースの構築と応用

京大生存圏研究所材鑑調査室には貴重な古材試料が数多く所蔵されているだけでなく、現在も収集が続けられている。主に目録の記録にのみ頼って分類されている古材試料に多義的な価値を持たせ、様々な研究分野で活用するために、科学的手法に基づいた正確な暦年代をつける必要がある。そのために、古材年輪の測定、標準年輪曲線の構築、標準年輪曲線延長と補強、古気候復元の精度向上を進めてきたので報告する。

テーマ B: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

本プロジェクトでは、インドネシアの樹木年輪の構成要素を複数分析し、気象観測データと高精度で対比することにより、「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。これまでに、インドネシア産 熱帯樹(スンカイ 1 個体; SungkaiNAN7)のマルチ樹木年輪データと気象観測データの系統的な比較から、古気候指標としての信頼度を評価した。加えて、インドネシア産の樹木サンプルに関する情報収集を行い、数多くの樹木ディスク(主にスンカイとチーク)を収集することに努めた。

## 新研究醸成支援プログラム

### 研究集会

#### 1) 植物アロマのメタ代謝科学 ～生態学、大気科学、植物科学の融合～

杉山 暁史（京都大学・生存圏研究所）

##### 1. 研究組織

代表者氏名：杉山 暁史（京都大学・生存圏研究所）

##### 2. 新領域開拓のキーワードと関連ミッション

新研究醸成支援プログラム

ミッション1：環境計測・地球再生

##### 3. 目的と具体的な内容

植物が放出する様々な揮発性有機化合物（植物アロマ）は、大気微量成分として大気質の変動に大きなインパクトを持ち、森林圏と大気圏を繋ぐインターフェースとしての役割を持つと見なされる。植物アロマに関する研究は、これまで主に生態学や植物生理学の分野で行われ、生存圏研究所や生態学研究センター、農学研究科においても研究が進められている。一方、大気化学の分野では放出された後の植物アロマの化学研究が主体であって、両方を包括して生存圏全体の生物圏構造を、植物アロマを介した生物間相互作用により理解しようとする試みはこれまでになされていない。

そこで、植物アロマを共通のキーワードとし、地球環境の将来変動を異分野融合の元で議論できる研究会を企画した。植物アロマに関して、大気科学、植物科学、生態学の研究者が一堂に会し講演とディスカッションを行った。森林圏と大気圏を繋ぐ鍵分子である植物アロマの動態に関して相互の理解が深まった。

## 2) 次世代超高層大気研究検討会 ～新規衛星計画にむけたブレインストーミング～

山本 衛 (京都大学・生存圏研究所)

### 1. 研究組織

代表者氏名：斎藤 昭則 (京都大学・理学研究科)

(生存圏研究所担当者：山本衛)

### 2. 新領域開拓のキーワードと関連ミッション

新研究醸成支援プログラム

ミッション1：環境計測・地球再生

ミッション3：宇宙環境・利用

### 3. 目的と具体的な内容

本研究集会は、地球電磁気・地球惑星研学会 (SGEPSS) の分科会である中間圏・熱圏・電離圏 (MTI) 研究会を中心とする日本の超高層大気研究分野の若手・中堅研究者が集まり、新規衛星計画を中心としたブレインストーミングを行って、次世代超高層大気研究の長期計画立案の端緒を開く事を目的として、平成26年2月14日に京都大学東京オフィスにて開催された。

研究集会では、国内外で現在運用・計画中の中・大型衛星ミッションのレビュー、計画されている小型・超小型衛星についての現状紹介や実現可能性、これらの衛星計画を利用したサイエンスターゲットについて講演が行われた。その後のブレインストーミングでは、100-300kmをカバーする極軌道衛星や大気光・オーロラ撮像衛星、マイクロ衛星による多点電離圏・磁気圏観測などの具体的なアイデアが出され、衛星観測実現までのスケジュールや戦略なども含めて活発に議論された。

## 所外共同研究

### 1) LED 光環境と形質発現の相関解析による 人工光栽培植物の生産性向上

鈴木 史朗（京都大学・生存圏研究所）

#### 1. 研究組織

代表者氏名：鈴木 史朗（京都大学・生存圏研究所）

共同研究者：柘植 知彦（京都大学・化学研究所）

肥塚 崇男（山口大学・農学部）

#### 2. 新領域開拓のキーワードと関連ミッション

新研究醸成支援プログラム

ミッション1：環境計測・地球再生

#### 3. 研究概要

人工光利用型植物工場において、省エネルギーや収益性向上という観点から、今後LEDを光源とするものが主流になると予想されている。しかし、LED照明では高成長、高品質を達成できない植物が多く、その原因究明がLED照明活用のために不可欠である。そこで本研究では、シロイヌナズナをアブラナ科植物のモデルに用い、光受容体変異株やその多重変異株および野生株をLED照明下および蛍光灯照明下で栽培し、LED光環境が植物の香気成分や器官形態などの種々の農業形質発現に及ぼす影響について調べた。



## 2) 光合成微生物を用いた太陽エネルギーによるイソプレン生産技術の開発

矢崎 一史 (京都大学・生存圏研究所)

### 1. 研究組織

代表者氏名：矢崎 一史 (京都大学・生存圏研究所)

共同研究者：杉山 暁史 (京都大学・生存圏研究所)

福澤 秀哉 (京都大学・生命科学研究科)

梶川 昌孝 (京都大学・生命科学研究科)

### 2. 新領域開拓のキーワードと関連ミッション

バイオエネルギー、循環型材料

ミッション1：環境計測・地球再生

ミッション2：太陽エネルギー変換・利用

ミッション4：循環型資源・材料開発

### 3. 研究概要

新領域開拓研究との関わりを見ると、本研究は、生命科学と大気化学の融合研究で行った、植物からのイソプレン放出研究をさらに一步、問題解決型の研究の方向に発展させ、光合成微生物による化学原料の生産技術開発に取り組むものであり、研究所の現ミッションの発展型として位置づけられるものである。これは現象解明研究や計測技術開発に対するウエイトに比べ、問題解決型の応用研究の展開は弱いとの指摘のある中で、現行のミッション研究や新領域研究のテーマには類似のものが認められない、新奇な方向性を持った課題解決型の研究である。

### 3) マイクロ波照射によるバイオマスからのグラフェン合成に関する 研究開発動向調査

畑 俊充（京都大学・生存圏研究所）

#### 1. 研究組織

代表者氏名：畑 俊充（京都大学・生存圏研究所）

共同研究者：三谷 友彦（京都大学・生存圏研究所）

#### 2. 新領域開拓のキーワードと関連ミッション

電磁場の生体影響、新研究醸成支援プログラム

ミッション1：環境計測・地球再生

ミッション2：太陽エネルギー変換・利用

ミッション3：宇宙環境・利用

ミッション4：循環型資源・材料開発

#### 3. 研究概要

木質からグラフェン層結合体を世界で初めて合成し、電子顕微鏡を用いて観察しその電子状態を明らかにした。グラフェンは炭素原子がベンゼン環構造に緻密に圧縮された単層で、カーボン繊維、ナノチューブおよびフラーレンなどの基本となる構造である。このグラフェンを対象とした研究者に2010年、ノーベル物理学賞が授与された。グラフェンには六角形の網構造をもつ炭素原子が一面にだけ存在する。しかし量産技術の確立が遅れており、従来法ではSiC上に熱分解により生成する方法や触媒金属層上に化学的気相法で成長させる方法であり大量生産には向かない。木材は難黒鉛化材料といわれ結晶化しにくい材料と考えられていて、木質からのグラフェンの合成は不可能と考えられていた。しかし、研究代表者らが開発した方法により高度に発達した黒鉛構造体を経て、酸化、超音波およびマイクロ波加熱処理によりグラフェン層構造体を合成し、電子顕微鏡による観察で確認した。さらに、グラフェンに関する研究・開発動向についてフランスの研究機関において調査し、今後の研究方向についての示唆を得た。

## 海外研究者招聘（国際共同研究）

### リグノセルロース成分分離に向けた糖リグニン複合体の共同研究

西村 裕志（京都大学・生存圏研究所）

#### 1. 研究組織

代表者氏名：西村 裕志（京都大学・生存圏研究所）

共同研究者：渡辺 隆司（京都大学・生存圏研究所）

片平 正人（京都大学・エネルギー理工学研究所）

Gunnar Westman（チェルマース工科大学・化学生物工学科）

Lisbeth Olsson（チェルマース工科大学・化学生物工学科）

Filip Nylander（チェルマース工科大学・化学生物工学科）

Hampus Sunner（チェルマース工科大学・化学生物工学科）

#### 2. 新領域開拓のキーワードと関連ミッション

バイオマスの生理活性、先端分析化学

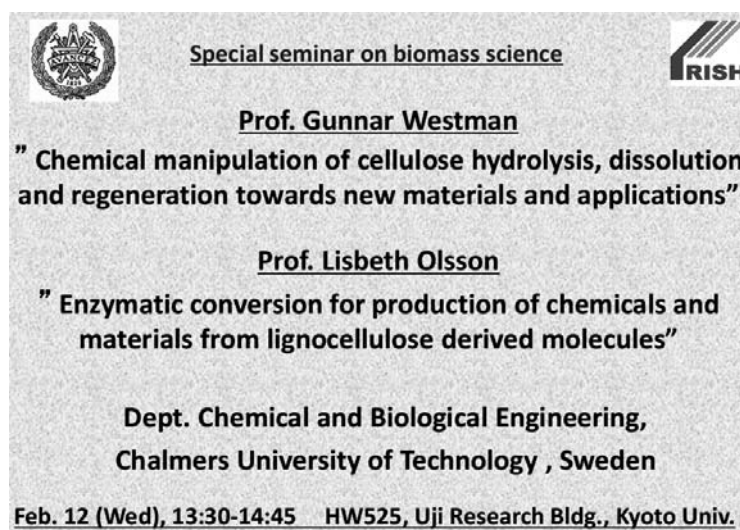
ミッション2：太陽エネルギー変換・利用

ミッション4：循環型資源・材料開発

#### 3. 研究概要

樹木が生産する木質バイオマスは、地球上でもっとも生産量の多い有機資源であり、食糧と直接競合せず、その高度利用法の開発は森林の育成・循環利用を介して環境修復や経済活性化にも貢献できるため、世界各国で研究開発が活発化している。植物細胞壁中で、リグニンはヘミセルロースと共有結合して Lignin Carbohydrate Complex (LCC) を形成しており、細胞壁の強度や分解性に大きな影響を与えている。バイオマス変換において、このリグニン・糖間結合の切断を高効率で行えれば、主要3成分の分離効率は大きく上昇すると期待される。本国際共同研究では、リグニン・糖間結合を直接切断する酵素に着目して、エステル型 LCC モデル化合物の合成と酵素による分解反応を行い、LCC の分析と構造解析、酵素の反応特性と分解反応を詳細に解析するとともに、実際の植物細胞壁成分と反応させて起こる構造変換への応用を目指している。本国際共同研究ではリグニンと糖の結合構造のモデル化合物の有機合成グループ (F. N., G. W., スウェーデン・チェルマース工科大)、微生物由来の糖の結合構造分解酵素研究グループ (H. S., L. O., スウェーデン・チェルマース工科大)、LCC 構造解析・分解反応解析グループ (H. N., M. K., T. W., 京都大) が連携して糖リグニン複合体分解反応の解析を進めている。本国際共同研究では、2014年2月にスウェーデンの研究者を生存圏研究所に招聘し共同研究を進め、バイオマス変換に関するセミナーを開催した (Figure 1.)。

また関連して2013年10月と2014年3月にスウェーデンと日本で相互に二ヶ国間研究者交流を行うとともに、研究セミナーを開催し、国際共同研究の基盤を構築した。



The poster is titled "Special seminar on biomass science" and features the RISH logo in the top right corner. It lists two speakers: Prof. Gunnar Westman with the topic "Chemical manipulation of cellulose hydrolysis, dissolution and regeneration towards new materials and applications", and Prof. Lisbeth Olsson with the topic "Enzymatic conversion for production of chemicals and materials from lignocellulose derived molecules". The seminar is organized by the Dept. Chemical and Biological Engineering at Chalmers University of Technology, Sweden, and is scheduled for Feb. 12 (Wed), 13:30-14:45 in room HW525, Uji Research Bldg., Kyoto Univ.

Figure 1. スウェーデンからの招聘研究者によるバイオマスセミナー(2014.2.12. 生存圏研究所)

## MU レーダー/赤道大気レーダー全国国際共同利用専門委員会

委員長 山本 衛（京都大学・生存圏研究所）

### 1. 共同利用施設および活動の概要

#### 1.1 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、アジア域最大級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 400 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、開発後 30 年を経た今も世界で最も高性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。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、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。

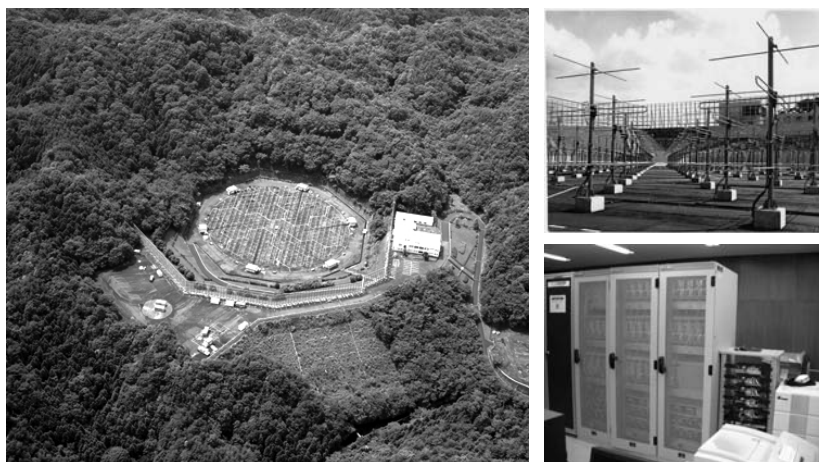


図 1：信楽 MU 観測所全景（左）と MU レーダーアンテナアレイ（右上）、MU レーダー観測強化システムで導入された超多チャンネルデジタル受信機（右下）。

一方、赤道大気観測所は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おり、本研究所の重要な海外拠点として、国内外の研究者との共同研究によって生存圏の科学を推進するという大きな役割を担っている。同時にインドネシアおよび周辺諸国における研究啓発の拠点として、教育・セミナーのための利用も想定される。観測機器の中核を担う赤道大気レーダー (Equatorial Atmosphere Radar; EAR) (図 2) 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、MU レーダーと比べて最大送信出力が 1/10 であるものの、高速でビームを走査することが可能である。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 2 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た。平成 22~24 年度に科学技術戦略推進費 (旧 科学技術振興調整費) 「インドネシア宇宙天気研究の推進と体制構築」課題が実施されたことに伴い電離圏イレギュラリティ観測を定常的に行うようになり、現在は対流圏・下部成層圏・電離圏の切替観測を標準的に実施している。

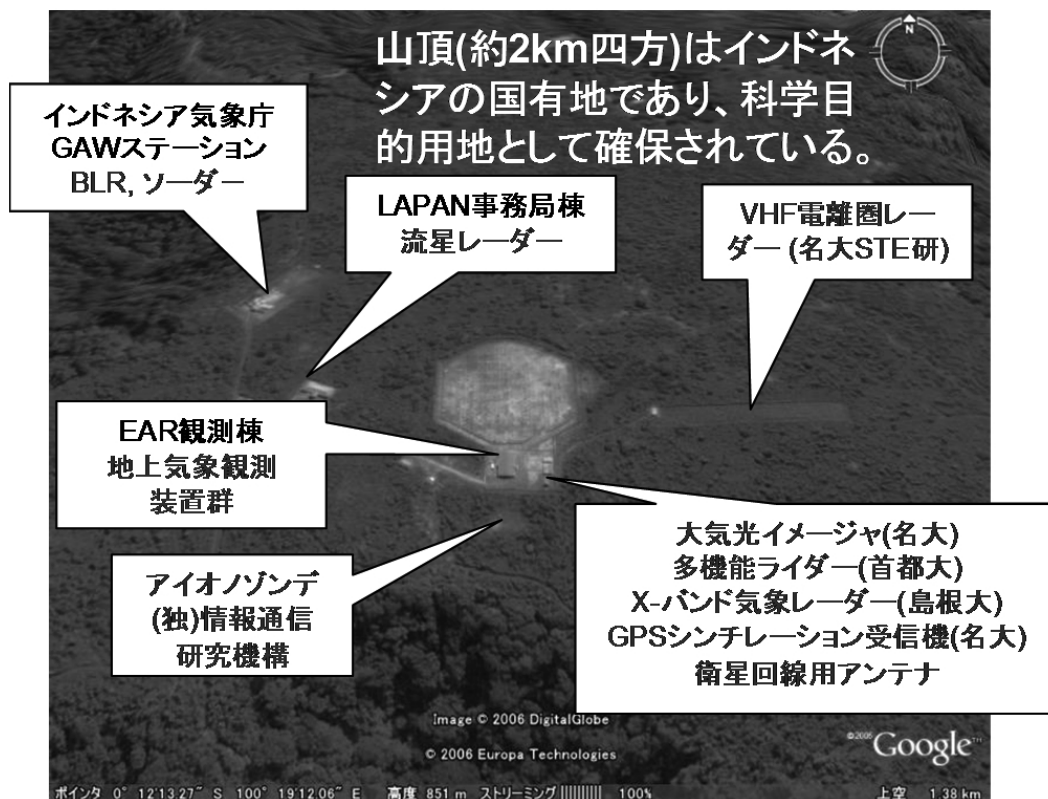


図 2 : 赤道大気レーダー (中央) を含む観測所全景と観測装置群

従来異なる共同利用専門委員会を組織し、課題の審査やレーダー運用等の議論を行ってきたが、MU レーダー・EAR をはじめ、南極昭和基地 PANSY レーダー、北極域アンドーヤ MAARSY レーダー、インドガダンキ MST レーダーなど、国際的レーダーネットワークの連携した研究をより積極的に推進し、また委員会の効率的な運営を図るため、2012年6月に両委員会を統合し、MU レーダー/赤道大気レーダー全国国際共同利用専門委員会を発足した。

## 1.2 共同利用に供する設備

MU レーダー、赤道大気レーダー、アイオノゾンデ、地上気象観測器(気圧・気温・湿度・風速・降水強度・降雨粒径分布)、レイリー・ラマン・ミーライダー、流星レーダー、境界層レーダー、マイクロレインレーダー、シーロメータ

## 1.3 共同利用の公募

共同利用の公募は年2回としており、ホームページ(<http://www.rish.kyoto-u.ac.jp/mu+ear/>)に掲載すると共に、各種メーリングリストでも案内している。専門委員会において、応募課題の審査やMU レーダー・EAR の運営状況について議論し、観測時間の割当て等を行う。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、必要に応じて電子メールベースで委員に回議し、専門委員長が採否を決定する。

## 1.4 運営と予算状況

特殊観測装置であるMU レーダーの運用は、製造メーカーへの業務委託により行われており、観測所の維持を含めた運営費は附属施設経費・装置維持費・特別教育研究経費の一部が充てられている。運営費は決して充分でないため、共同利用者の希望よりも運用時間を削らざるを得ないのが実情である。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充てられている。EAR の運営費も決して充分でないため、時々競争的資金を活用している。

## 2. 共同利用研究の成果

### 2.1 代表的な研究成果

#### 2.1.1 MU レーダーによるイメージング(映像)観測

2004年に「MU レーダー観測強化システム」が導入され、レーダーイメージングにより、分解能が飛躍的に向上した観測が可能となっている。レンジイメージングとレイリーライダーやラジオゾンデを併用した観測キャンペーンにより、乱流の動

態が明らかになりつつある(Luce・Kantha・橋口・矢吹他)。電離圏イレギュラリティのイメージング観測も実施されている(Chen 他)。MU レーダーで開発されたイメージング観測技術を赤道大気レーダーや小型のウィンドプロファイラーに応用する試みも行われている(山本(真)・中城・橋口他)。

### 2.1.2 MU レーダーによる中間圏・電離圏観測

より高精度・高分解能なデータが得られるように流星観測手法の改良が続けられている(堤他)。ふたご座、しぶんぎ座、アンドロメダ座、きりん座などの流星群の集中観測が実施され、ヘッドエコー観測による軌道決定など、その実態解明が進められている(阿部・Kero・中村他)。国際宇宙ステーションからの超高層大気撮像観測(ISS-IMAP)とMU レーダーによるFAI やIS 同時観測も実施されている(齊藤(昭)・山本(衛)他)。

### 2.1.3 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活動が活発なため、降雨に関する研究が数多く行なわれている。EAR・X 帯気象レーダー・地上降雨の長期データ解析による対流システムの階層構造の研究(柴垣他)、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(Marzuki・橋口・下舞・Findy 他)、EAR・ライダーによる層状性降水特性の研究(山本(真)・阿保他)、X 帯気象レーダーを用いた衛星回線降雨減衰統計に関する研究(前川他)などが行われている。

### 2.1.4 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)他)。レイリーライダーによる成層圏～中間圏領域及びラマンライダーによる対流圏上部～成層圏領域の気温分布や、中間圏上部に存在する金属原子層の観測が行われ、赤道域における非常に貴重なデータを提供している。対流圏界面領域のオゾン分布の高分解能観測も開始された(長澤・阿保・柴田他)。

### 2.1.5 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(FAI)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・ファブリペロー干渉計・GPS 受信機・VHF レーダー・イオノゾンデを駆使した研究が展開中である(山本(衛)・大塚・塩川・津川・Sridharan・Patra 他)。例えば、昼間の高度 130～170km 付近に出現する FAI エコーの特性などが研究されている(大塚・塩川他)。また、衛星航法のためのプラズマバブル監視手法の研究も行われている(齊藤(享)他)。



## 2.2 学術雑誌に公表された論文

- Suzuki, S., K. Shiokawa, Y. Otsuka, S. Kawamura, and Y. Murayama, Evidence of gravity wave ducting in the mesopause region from airglow network observations, *Geophys. Res. Lett.*, 40, 601-605, doi:10.1029/2012GL054605, 2013.
- Suzuki, S., S. L. Vadas, K. Shiokawa, Y. Otsuka, S. Kawamura, and Y. Murayama, Typhoon-induced concentric airglow structures in the mesopause region, *Geophys. Res. Lett.*, 40, 5983-5987, doi: 10.1002/2013GL058087, 2013.
- Li, G., B. Ning, M. A. Abdu, Y. Otsuka, T. Yokoyama, M. Yamamoto, and L. Liu, Longitudinal characteristics of spread F backscatter plumes observed with the EAR and Sanya VHF radar in Southeast Asia, *J. Geophys. Res. Space Physics*, 118, doi:10.1002/jgra.50581, 2013.
- Suwarman, R., K. Ichiyanagi, M. Tanoue, K. Yoshimura, S. Mori, M. D. Yamanaka, N. Kurita, and F. Syamsudin, The variability of stable isotope and water origin of precipitation over maritime continent. *SOLA*, 9, 72-75, doi:10.2151/sola.2013-017, 2013.
- Wu, P., A.A. Arbain, S. Mori, J.-I. Hamada, M. Hattori, F. Syamsudin, and M. D. Yamanaka, The effects of an active phase of the Madden-Julian oscillation on the extreme precipitation event over western Java Island in January 2013. *SOLA*, 9, 76-79, doi:10.2151/sola.2013-018, 2013.
- Wilson, R., H. Luce, H. Hashiguchi, M. Shiotani, and F. Dalaudier, On the effect of moisture on the detection of tropospheric turbulence from in situ measurements, *Atmos. Meas. Tech.*, 6, 697-702, doi:10.5194/amt-6-697-2013, 2013.
- Marzuki, H. Hashiguchi, M.K. Yamamoto, S. Mori, and M.D. Yamanaka, Regional Variability of Raindrop Size Distribution over Indonesia, *Annales Geophysicae*, 31, 1941-1948, doi:10.5194/angeo-31-1941-2013, 2013.
- Bhatnagar, R., V. Panwar, Y. Shibagaki, H. Hashiguchi, S. Fukao, T. Kozu, M. Takahashi, and S.K. Dhaka, Hourly radiosonde observation of humidity and temperature and high resolution vertical wind using the Equatorial Atmosphere Radar during convection over Koto Tabang, Indonesia in CPEA-II campaign, *Indian Journal of Radia and Space Physics*, 42, 277-291, 2013.
- Goel, A., V. Panwar, H. Hashiguchi, and S.K. Dhaka, Observed change in association of temperature with solar activity in upper troposphere and lower stratosphere after 1977, *Indian Journal of Radia and Space Physics*, 42, 309-319, 2013.
- Rungraengwajjake, S., P. Supnithi, T. Tsugawa, T. Maruyama, and T. Nagatsuma, The variation of equatorial spread-F occurrences observed by ionosondes at Thailand

longitude sector, *Adv. Space Res.*, 52, 1809-1819, doi:10.1016/j.asr.2013.07.041, 2013.

西岡未知, 丸山隆, 大塚雄一, 津川卓也, 石橋弘光, 塩川和夫, 石井守, イオノゾンデおよびファブリ・ペロー干渉計によって観測された子午面熱圏風の比較, 南極資料, 57, 357-368, 2013.

大塚雄一, 水谷徳仁, 塩川和夫, Amit Patra, 横山竜宏, 山本衛, 赤道大気レーダーを用いた高度 150km 沿磁力線不規則構造のドリフト速度に関する研究, 南極資料, 57, 369-378, 2013.

Wilson, R., H. Luce, H. Hashiguchi, N. Nishi, and Y. Yabuki, Energetics of persistent turbulent layers underneath mid-level clouds estimated from concurrent radar and radiosonde data, *J. Atmos. Solar-Terr. Phys.*, 118, 76-89, doi:10.1016/j.jastp.2014.01.005, 2014.

Yamamoto, M. K., T. Fujita, Noor Hafizah Binti Abdul Aziz, T. Gan, H. Hashiguchi, T.-Y. Yu, and M. Yamamoto, Development of a digital receiver for range imaging atmospheric radar, *J. Atmos. Solar-Terr. Phys.*, 118, 35-44, doi:10.1016/j.jastp.2013.08.023, 2014.

### 2.3 学位論文

大松直貴, GPS を用いた赤道域電離圏擾乱及びその航空航法支援システムへの影響に関する研究, 名古屋大学大学院工学研究科修士論文.

佐々木健治, ウィンドプロファイラレーダーを用いた福井県嶺北地方における局地循環の観測的研究, 福井工業大学修士論文.

Wendi Harjupa, Study on orographic precipitation in West Sumatra based on an X band Doppler radar observation, 島根大学大学院総合理工学研究科修士論文.

北川貴庸, マイクロレンレーダ(MRR)観測により推定された雨滴粒径分布に対する大気鉛直流の影響, 度島根大学大学院総合理工学研究科修士論文.

佐々木達郎, 衛星搭載降雨 SAR(PSAR)におけるビームシフトおよび"にじみ"の評価と補正方法の研究, 島根大学大学院総合理工学研究科修士論文.

稲森佑崇, Ku 帯衛星回線における降雨減衰 3 地点観測から推定した雨域移動と地上風との前線別の関係について, 大阪電気通信大学大学院工学研究科電子通信専攻修士論文.

岩城悠也, 稠密GNSS受信ネットワークによる可降水量の時空間変動に関する研究, 京都大学情報学研究科通信情報システム専攻修士論文.

加藤寛大, ロケット及び地上観測による中規模伝搬性電離圏擾乱の研究, 京都大学情報学研究科通信情報システム専攻修士論文.

- 児玉真哉, MRR 降雨観測により得られたブライトバンドにおける等価レーダ反射因子の高度変化と降水粒子の落下速度の関係, 島根大学総合理工学部卒業論文.
- 藤原亮, 大気レーダー2周波法によって推定した雨滴粒径分布鉛直プロファイルに基づく対流活動不活発時における降雨の特徴, 島根大学総合理工学部卒業論文.
- 佐藤笑, 六ヶ所村で観測されたヤマセの鉛直構造, 弘前大学理工学部地球環境学科学士論文.
- 竹本圭吾, 赤道大気レーダを用いた乾季における赤道域降水雲分布の推定, 大阪電気通信大学情報通信工学部通信工学科卒業論文.
- 田間章宏, 赤道大気レーダを用いた雨季における赤道域降水雲分布の推定, 大阪電気通信大学情報通信工学部通信工学科卒業論文.
- 淡野孝明, Ku 帯衛星回線における降雨減衰特性及び偏西風と地域性の影響の調査, 大阪電気通信大学情報通信工学部通信工学科卒業論文.
- 山本武, Ku 帯衛星回線における前線別の降雨減衰特性と大気の状態との関係, 大阪電気通信大学情報通信工学部通信工学科卒業論文.
- 岡谷良和, 大気レーダー用デジタル受信機の多機能化に関する研究, 京都大学工学部電気電子工科学士論文.
- 増成一樹, MU レーダーを用いたスペースデブリの観測計画に関する研究, 京都大学工学部電気電子工科学士論文.

## 2.4 受賞

渡邊祐里子, 下舞豊志, 古津年章, 衛星搭載二周波降水レーダによる降雨強度推定精度改善のための雨滴粒径分布モデル化, 電気学会中国支部奨励賞, 第 64 回電気・情報関連学会中国支部連合大会, 岡山大学, 平成 25 年 10 月.

## 3. 共同利用状況

表 1 及び図 3 に示すとおり、MU レーダーの利用件数は 50~60 件程度、EAR のそれは 20~30 件程度で推移してきた。2012(平成 24)年の統合後は 100 件程度に増加しており、今後も活発な共同利用研究が行われると期待される。また国際共同利用を実施しており、特に EAR 関連課題は約 3 割が国際共同利用課題である。図 4, 5 にそれぞれ MU レーダー、赤道大気レーダーの観測時間の年次推移を示す。平成 19 年度からは毎年度にシンポジウムを開催しており、平成 25 年度には 9 月 12~13 日に MU レーダー・赤道大気レーダーシンポジウムを開催した。なお、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。

表 1 MUR/EAR 共同利用状況

年度 (平成)		17	18	19	20	21	22	23	24	25
採択 課題数 *	MUR	48 (2)	54 (6)	49 (2)	59 (8)	59(10)	50 (5)	50 (8)	102 (27)	93 (31)
	EAR	27 (4)	27 (2)	33 (9)	34(10)	30 (9)	25 (7)	26 (9)		
共同利 用者数 **	MUR	162	102	215	310	261	292 学内 103 学外 189	267 学内 122 学外 145	580 学内 233 学外 347	527 学内 230 学外 297
	EAR	108	165	205	214	190	156 学内 42 学外 114	167 学内 48 学外 119		

\* ( )内数字は国際共同利用課題数

\*\* 研究代表者および研究協力者の延べ人数

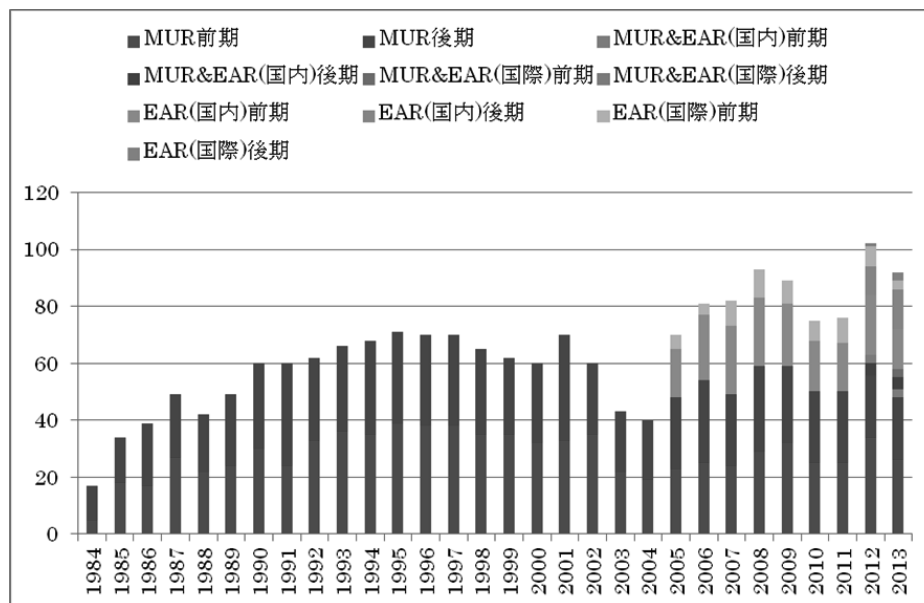


図 3 : MU レーダー及び赤道大気レーダーの共同利用課題数の年次推移

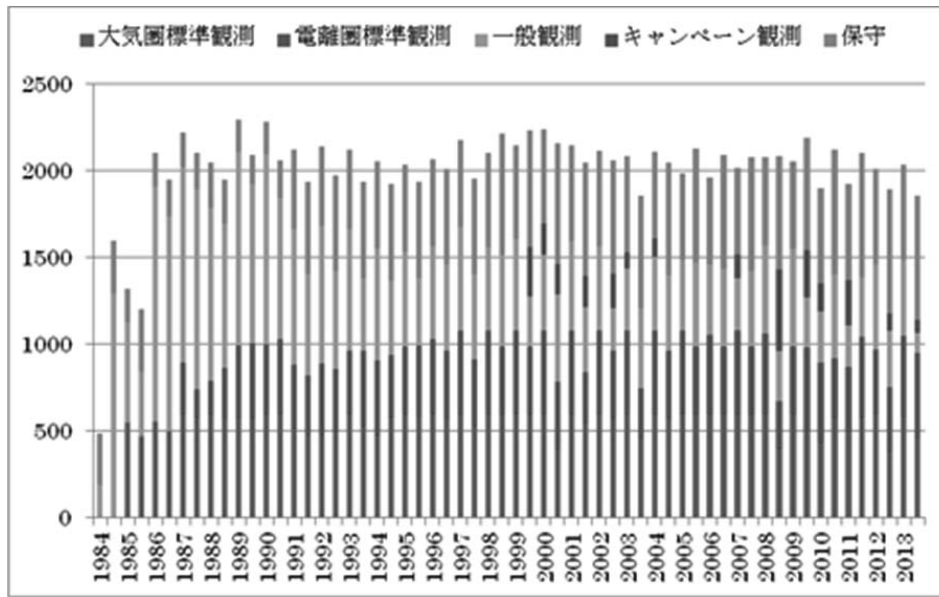


図 4：MU レーダー共同利用の観測時間の年次推移

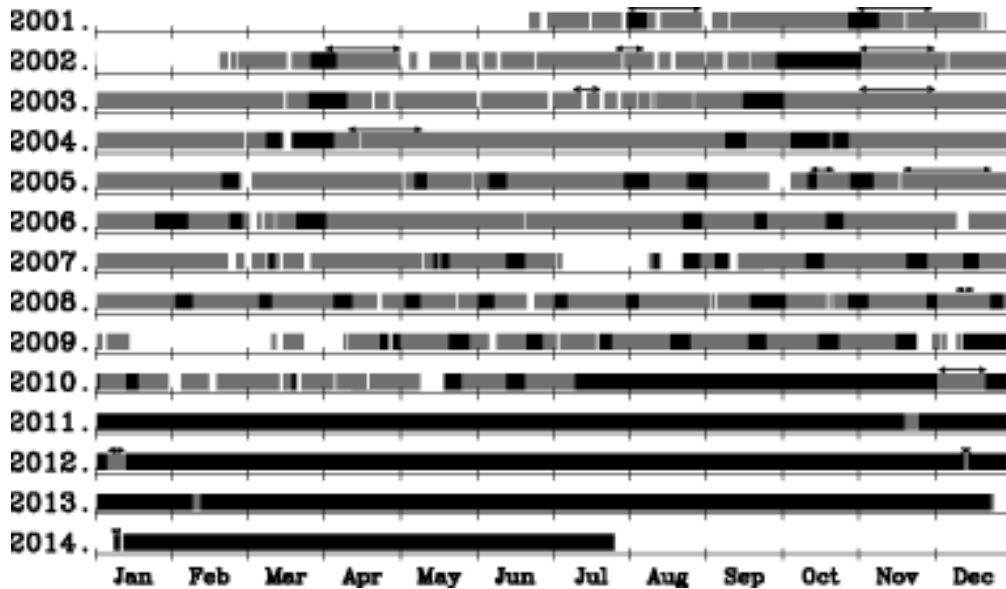


図 5：赤道大気レーダー長期連続観測の実績（濃色部分：電離圏観測を同時実施）

#### 4. 専門委員会の構成および開催状況（平成 25 年度）

##### 4.1 専門委員会の構成

- 山本衛（京都大学・生存圏研究所）
- 橋口浩之（京都大学・生存圏研究所）
- 津田敏隆（京都大学・生存圏研究所）
- 塩谷雅人（京都大学・生存圏研究所）
- 矢野浩之（京都大学・生存圏研究所）

吉村剛（京都大学・生存圏研究所）  
高橋けんし（京都大学・生存圏研究所）  
古本淳一（京都大学・生存圏研究所）  
山本真之（京都大学・生存圏研究所）  
家森俊彦（京都大学・理学研究科）  
佐藤亨（京都大学・情報学研究科）  
塩川和夫（名古屋大学・太陽地球環境研究所）  
高橋正明（東京大学・大気海洋研究所）  
長澤親生（首都大学東京・システムデザイン研究科）  
中村卓司（国立極地研究所）  
江尻省（国立極地研究所）  
廣岡俊彦（九州大学・理学研究院）  
藤吉康志（北海道大学・低温科学研究所）  
村山泰啓（情報通信研究機構）  
山中大学（海洋研究開発機構）  
大塚雄一（名古屋大学・太陽地球環境研究所）  
下舞豊志（島根大学・総合理工学研究科）  
齋藤享（電子航法研究所）

**国際委員（アドバイザー）**

A.K. Patra（National Atmospheric Research Laboratory (NARL)）

Robert D. Palmer（University of Oklahoma）

Thomas Djamaludin

（National Institute of Aeronautics and Space (LAPAN)）

**4.2 専門委員会の開催状況**

平成 25 年 5 月 1 日、11 月 8 日に MU レーダー/赤道大気レーダー全国国際共同利用専門委員会を開催し、申請課題の選考などを行った。

**5. 特記事項**

日本学術会議の学術の大型施設計画・大規模研究計画に関するマスタープラン「学術大型研究計画」（マスタープラン 2014）の重点大型研究計画 27 件のうちの 1 つに「太陽地球系結合過程の研究基盤形成」（津田敏隆代表）が選定された。マスタープランの主要設備の一つとして、赤道大気レーダーの性能を大幅に向上させた「赤道 MU レーダー」を赤道大気観測所に設置する計画である。

## 電波科学計算機実験装置（KDK）全国共同利用専門委員会

委員長 大村 善治（京都大学・生存圏研究所）

### 1. 共同利用施設および活動の概要

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。KDK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、Cray製XE6の160ノード、GreenBlade 8000の32ノード、2548Xの5ノードおよび約424TBの補助記憶装置を使用している。また、生存圏研究所内に実効容量240TBの補助記憶装置と解析用ワークステーションを有している。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、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。

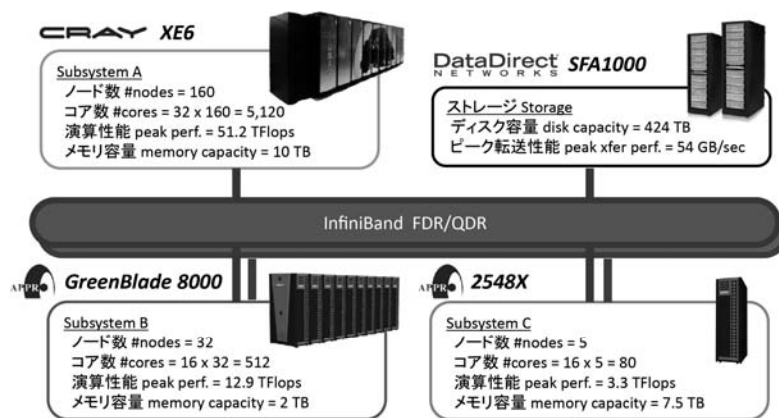


図 1：電波科学計算機実験装置（京都大学学術情報メディアセンターに設置）

### 2. 共同利用研究の成果

#### 2.1 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60名である。

- ・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

## 2.2 公表論文

- Ashida, Y., Funaki, I., Yamakawa, H., Usui, H., Kajimura, Y., and Kojima, H., Two-Dimensional Particle-in-Cell Simulation of Magnetic Sail, *J. Propulsion Power*, 30, 1, 233-245, doi: 10.2514/1.B34692, 2014.
- Ashida, Y., Yamakawa, H., Funaki, I., Usui, H., Kajimura, Y., and Kojima, H., Thrust Evaluation of Small-scale Magnetic Sail Spacecraft by Three-Dimensional Particle-in-Cell Simulation, *J. Propulsion Power*, 30, 1, 186-196, doi: 10.2514/1.B35026, 2014.
- Ashida, Y., Yamakawa, H., Funaki, I., and Kajimura, Y., Analysis of Small-Scale Magneto Plasma Sail and Propulsive Characteristics, *ISTIS special issue*, 10.2322/tastj.12.Tb\_11, 2014.
- Ebihara, Y. and T. Tanaka, Fundamental properties of substorm-time energetic electrons in the inner magnetosphere, *J. Geophys. Res.*, 118, 1589-1603, doi: 10.1002/jgra.50115, 2013.
- Hamada, A., N. Nishi, and H. Kida, Separation of zonally elongated large cloud disturbances over the western tropical Pacific. *J. Meteor. Soc. Japan*, 91, 375-389, doi:10.2151/jmsj.2013-309, 2013.
- Kajimura Y., Funaki, I., Shinohara, I., Usui, H., Matsumoto, M. and Yamakawa, H., Numerical Simulation of Dipolar Magnetic Field Inflation due to Equatorial Ring-Current, *Plasma and Fusion Research*, 9, 2405008, 2014.
- Kalaei, M. J., Y. Katoh, and T. Ono, A study of the plasma wave enhancements in the Earth's equatorial plasmasphere, *Earth Moon Planets*, 110, 131-141, doi:10.1007/s11038-013-9414-6, 2013.
- Katoh, Y., and Y. Omura, Effect of the background magnetic field inhomogeneity on generation processes of whistler-mode chorus and broadband hiss-like emissions, *J. Geophys. Res. Space Physics*, 118, 4189-4198, doi:10.1002/jgra.50395, 2013.
- Matsuda, K., Y. Katoh, N. Terada, and H. Misawa, A simulation study of Io-related Jovian decametric radiation: Control factor of occurrence probability, *J. Geophys. Res. Space Physics*, 118, 5082-5098, doi:10.1002/jgra.50493, 2013.
- Miyake, Y., C. M. Cully, H. Usui, and H. Nakashima, Plasma Particle Simulations of Wake Formation Behind a Spacecraft with Thin Wire Booms, *J. Geophys. Res.*, 118, doi:10.1002/jgra.50543, 2013.
- Miyake, Y., and H. Nakashima, Low-Cost Load Balancing for Parallel Particle-In-Cell Simulations with Thick Overlapping Layers, *Proc. 12th IEEE International Conference on Trust, Security and Privacy in Computing and Communications*, 1107-1114, 10.1109/TrustCom.2013.134, 2013.
- Nagasaki, Y., T. Nakamura, I. Funaki, Y. Ashida, and H. Yamakawa, Numerical Investigation on Thermal Stability of Conduction-cooled Bi-2223/Ag Coil Under AC Ripple Current for Space Applications, *IEEE Transactions on Applied Superconductivity*, 24, 3, 4700305, 2014.
- 成行泰裕, 羽田亨, 坪内健, 太陽風アルヴェン波とイオンビーム不安定性, プラズマ・核融合



学会誌, 89巻 9号, 573-578, 2013.

- Nishida, K, Nishizuka, N, Shibata, K, The role of a flux rope ejection in three-dimensional magnetohydrodynamic simulation of a solar flare, *Astrophys. J. Lett.*, 775, L39, 10.1088/2041-8205/775/2/L39, 2013.
- Omura, Y. and Q. Zhao, Relativistic electron microbursts due to nonlinear pitch-angle scattering by EMIC triggered emissions, *J. Geophys. Res.*, 118, 1-13, doi:10.1002/jgra.50477, 2013.
- Shimizu, T. and K.Kondoh, Magnetohydrodynamic study for three-dimensional instability of the Petschek type magnetic reconnection, *Phys. Plasmas*, 20, 122118, doi: 10.1063/1.4846857, 2013.
- Summers, D., R. Tang, Y. Omura, and D. H. Lee, Parameter spaces for linear and nonlinear whistler-mode waves, *Phys. Plasmas*, 20, 072110, 1-10, doi:10.1063/1.48468572013, 2013.
- Usui, H., A. Hashimoto and Y. Miyake, Electron Behavior in Ion Beam Neutralization in Electric Propulsion: Full Particle-In-Cell Simulation, *J. Phys.: Conf. Ser.* 454 012017, doi:10.1088/1742-6596/454/1/012017, 2013.
- Usui, H., Y. Yagi, M. Matsumoto, M. Nunami, Development of Parallelized AMR-PIC Plasma Simulation Code with Dynamic Domain Decomposition, *Plasma and Fusion Research*, 8, 2401149, 10.1585/pfr.8.2401149, 2013.

### 2.3 学位論文

芦田康将, Study on Propulsive Characteristics of Magnetic Sail and Magneto Plasma Sail by Plasma Particle Simulations, 京都大学大学院工学研究科博士論文.

藤崎章吾, 磁気中性線が反平行磁場に垂直でない三次元高速磁気再結合過程の数値的研究, 愛媛大学大学院理工学研究科修士論文.

中山洋平, 地球磁気圏サブストームにおける重イオン加速とリングカレントの発達に関する研究, 京都大学大学院工学研究科修士論文.

### 2.4 受賞

臼井英之, 計算機実験による宇宙機近傍のプラズマ電磁擾乱の研究, 地球電磁気・地球惑星圏学会「田中館賞」2013年5月.

成行泰裕, 太陽風プラズマ中磁気流体波動の非線形過程の研究, 地球電磁気・地球惑星圏学会「大林奨励賞」2013年11月.

### 3. 共同利用状況

#### 3.1 共同利用課題採択件数及び共同利用者数

年度	17	18	19	20	21	22	23	24	25
採択 課題数 *	44	37	35	32	27	23	25	27(0)	25(1)
共同利 用者数 **	76	92	89	85	68	51 学内 19 学外 32	61 学内 20学 外 41	44 学内 17学 外 27	60 学内 23学 外 37

\* ( )内数字は国際共同利用課題数

\*\* 研究代表者および研究協力者の延べ人数

#### 3.2 利用実績（平成 25 年 4 月 1 日～平成 26 年 2 月 9 日）

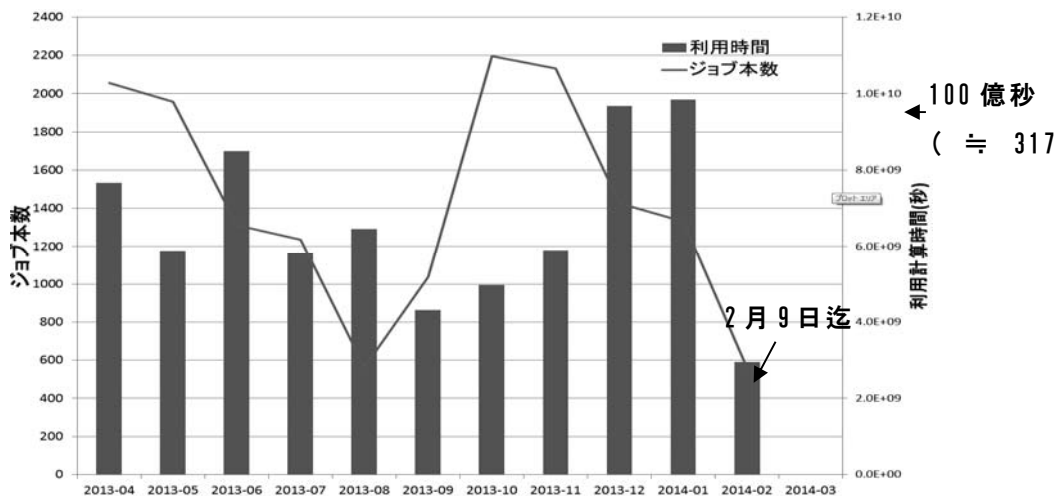


図 2：主システム(システム A)の月別利用状況

### 4. 専門委員会の構成および開催状況（平成 25 年度）

#### 4.1 専門委員会の構成

大村善治(京都大学・生存圏研究所)

鵜飼正行(愛媛大学・先端研究・学術推進機構宇宙進化研究センター)

臼井英之(神戸大学・システム情報学研究科)

梅田隆行(名古屋大学・太陽地球環境研究所)

小野高幸(東北大学・理学研究科)  
蔡東生(筑波大学・システム情報工学研究科)  
佐藤亨(京都大学・情報学研究科)  
篠原育(宇宙航空研究開発機構)  
町田忍(名古屋大学・太陽地球環境研究所)  
松清修一(九州大学・総合理工学研究院)  
村田健史(情報通信研究機構)  
橋本久美子(吉備国際大学・国際環境経営学部)  
八木谷聡(金沢大学・理工研究域)  
石岡圭一(京都大学・理学研究科)  
海老原祐輔(京都大学・生存圏研究所)  
小嶋浩嗣(京都大学・生存圏研究所)  
田中文男(京都大学・生存圏研究所)  
橋口浩之(京都大学・生存圏研究所)  
山本衛(京都大学・生存圏研究所)

#### 4.2 専門委員会の開催状況

日時：平成26年3月12日(水) 13時00分～15時00分

場所：京大生存圏研究所 生存圏セミナー室(HW525)

主な議題：平成26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

KDK シンポジウム(第222回生存圏シンポジウム)

日時：平成26年3月12,13日

場所：京大生存圏研究所 木質ホール



## METLAB 全国国際共同利用専門委員会

委員長 篠原 真毅（京都大学生存圏研究所）

### 1. 共同利用施設および活動の概要

生存圏研究所ではこれまで宇宙太陽発電所 SPS(Space Solar Power Satellite/Station)とマイクロ波エネルギー伝送の研究を長年行ってきた。SPS は太陽電池を地球の影に入らない静止衛星軌道(36,000km 上空)に配置し、雨でもほとんど吸収されないマイクロ波を用いて無線で地上に電力を送ろうという発電所構想である。マイクロ波による無線エネルギー伝送は、SPS だけでなく、携帯電話の無線充電や電気自動車の無線充電にも応用可能で、近年急速に産業化が進んでいる技術である。生存圏研究所ではマイクロ波エネルギー伝送技術を中心として研究を進め、世界の SPS とマイクロ波エネルギー伝送研究の中心となっている。

本共同利用設備は平成 7 年度にセンター・オブ・エクセレンス (COE) による先導的研究設備経費として導入されたマイクロ波無線電力伝送実験用及び生存圏電波応用実験用電波暗室及び測定機器で構成される「マイクロ波エネルギー伝送実験装置 METLAB (Microwave Energy Transmission LABoratory)」と、平成 13 年度に導入された宇宙太陽発電所研究棟(略称 SPSLAB)、及び平成 22 年度に導入された「高度マイクロ波エネルギー伝送実験装置 A-METLAB(Advanced Microwave Energy Transmission LABoratory)」(図 1(a))及び「高度マイクロ波電力伝送用フェーズドアレー・レクテナシステム」(図 1(b))が中心となる。

METLAB は高耐電力電波吸収体( $1 \text{ W/cm}^2$  以上)を配した  $7\text{m} \times 7\text{m} \times 16\text{m}$  の電波暗室で、ターンテーブルと X-Y ポジショナを設置してある。その横の計測室にはスペクトラムアナライザやネットワークアナライザ、パワーメータ等の各種マイクロ波測定器を備える。暗室には、2.45GHz、5kW のマイクロ波電力をマグネトロンで発生させ、直径 2.4m のパラボリアンテナから電波暗室内部に放射することが出来る設備も備えている。

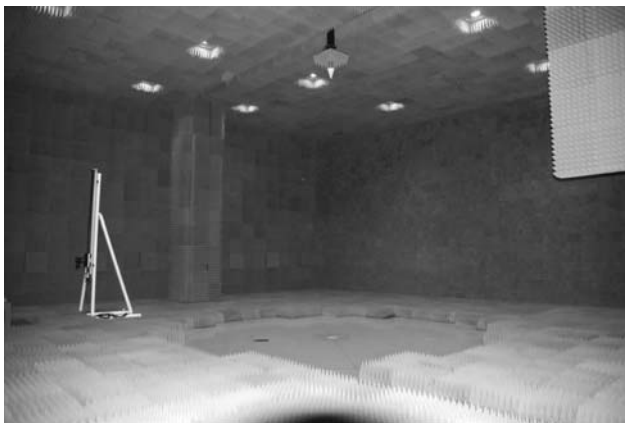
SPSLAB は、平成 12 年度に導入された研究設備「宇宙太陽発電所マイクロ波発送受電システム」SPORTS2.45(Space POver Radio Transmission System for 2.45GHz)の一部として導入された近傍界測定サブシステムが設置されている 100dB シールドルームをはじめ、30dB シールド実験室や実験準備室等を備え、マイクロ波エネルギー伝送及び宇宙太陽発電所の研究を発展させることができる。

平成 22 年度に導入された A-METLAB は  $34.0\text{m(L)} \times 21.0\text{m(W)} \times 9.97\text{m(H)}$  の建物(建築面積  $714.00 \text{ m}^2$ 、述べ床面積  $824.72 \text{ m}^2$ )の内部に設置された  $18\text{m(L)} \times 17\text{m(W)} \times 7.3\text{m(H)}$  の電波暗室と、 $10\text{m}\phi$ , 10t, 10kW のフェーズドアレーを測定可能な plane-polar 型の近傍界測定装置で構成される。暗室には  $1\text{W/cm}^2$  に耐える電波吸収

体を備え、class 100,000 のクリーブスとしても利用できるようになってきているため、将来のマイクロ波エネルギー伝送を行うための人工衛星(最大 10mφ, 10t, 10kW のフェーズドアレー衛星を想定)を測定することが出来る世界唯一の実験設備である。

高度マイクロ波電力伝送用フェーズドアレー・受電レクテナシステムは世界最高性能を持つマイクロ波エネルギー伝送用フェーズドアレーとレクテナアレーである。フェーズドアレーは 256 素子の GaN FET を用いた F 級増幅器(7W, >70% (最終段))と同数の MMIC 5bit 移相器で構成され、5.8GHz、1.5kW のマイクロ波を放射・制御可能である。レトロディレクティブ、REV 法、PAC 法、並列化法他の目標推定手法とビームフォーミング手法を備えている。レクテナアレーは 1mW 入力時に 50% 以上の変換効率を持つレクテナ 256 素子で構成され、再放射抑制用 FSS(Frequency Selective Surface)や負荷制御装置を備えた実験設備である。本設備は、様々なビームフォーミング実験、目標追尾アルゴリズム実験、制御系を利用したアンテナ開発研究、アンテナを利用した回路開発研究、レクテナ実験、無線電力伝送実験等が可能な実験設備 である。

(a)



(b)

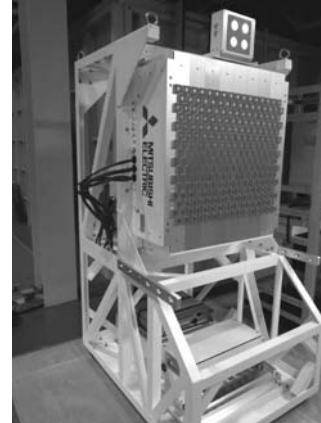


図 1 : (a) A-METLAB 暗室

(b) 高度マイクロ波電力伝送用フェーズドアレーシステム

平成 25 年度にメディアで取り上げられた成果は以下のとおりである。

[新聞]

1. '13.5.2 (17 面) 日刊工業新聞 「ワイヤレス電力伝送実用化へ」
2. '13.5.2 (朝刊 21 面) 京都新聞 「ワイヤレス電力伝送 実用化主導へ団体設立」
3. '13.5.2 (夕刊 1 面) 日経新聞 「車・スマホ 電波で充電」
4. '13.6.6 (南京都版朝刊 31 面) 朝日新聞 「やましろ発見伝! 宇宙発電 無限の可能性に挑む」
5. '13.6.6 (朝刊 11 面) 日経産業新聞 「無線給電普及へ新指針」
6. '13.6.29 (朝刊 9 面) 朝日新聞 「ワイヤレス給電新方式」

7. '13.7.1 (2面) 電波新聞 「WP+M コンソーシアムが総会」
8. '13.7.2 (5面) 化学工業日報 ワイヤレス給電新方式実用へ コンソーシアム始動」
9. '13.7.23 (1面) 電波新聞 「直流共鳴方式ワイヤレス給電 ITAC が標準化の動き加速」
10. '13.11.25 (10面) 日経産業新聞「宇宙太陽、地上に無線送電、京大、大規模施設で実験、産業応用も視野(テクロフロンティア 20XX)」

## 2. 共同利用研究の成果

平成 25 度の共同利用採択テーマは以下の通りである。

- 1) バッテリレス無線端末のための給電・通信スケジューリング  
京都大学・大学院情報学研究科・教授・守倉正博
- 2) 高効率RF-ID用マイクロ波受電素子の開発  
京都大学・生存圏研究所・教授・篠原真毅
- 3) 高次の球面波合成を用いた実効的大開口径を持つ小型アンテナの基礎研究  
京都大学・生存圏研究所・特任教授・石川容平
- 4) マイクロ波エネルギー伝送駆動による火星飛行探査機の研究  
九州工業大学・大学院工学研究院継続機械知能工学研究系宇宙工学部門・教授・米本浩一
- 5) 宇宙太陽光発電におけるフェーズドアレーアンテナのビーム制御に関する研究  
京都大学・大学院工学研究科・博士課程2年・石川峻樹
- 6) ICタグシステムの通信距離を延ばすタグ用及びリーダー・ライタ用小型アンテナ  
愛媛大学・大学院理工学研究科・講師・松永真由美
- 7) 電波天文用広帯域フロントエンドの開発  
国立天文台 水沢VLBI観測所・所長・川口則幸
- 8) マイクロ波無線電力伝送システムに関する研究  
株式会社IHIエアロスペース 基盤技継続術部 電子技術室・主任・藤原栄一郎
- 9) マイクロ波誘電体共振器を用いたワイヤレス電力伝送  
宇部興産株式会社 化学生産・技術本部新規機能品開発センター 機能品開発第二部・電子部品開発グループ・藤山義祥
- 10) 月惑星ローバへの無線電力伝送  
宇宙航空研究開発機構 大槻真嗣
- 11) マイクロ波送電システムの産業応用実証試験  
三菱電機株式会社 通信機製作所 本間幸洋

### 2.1 学術雑誌に公表された論文

- Shinohara, N., Beam Control Technologies With a High-Efficiency Phased Array for Microwave Power Transmission in Japan, Proceeding of IEEE, vol.101, Issue 6, 10.1109/JPROC.2013.2253062, 0020-SIP-2012-PIEEE, pp. 1448-1463, 2013.
- Miyasaka, J., K. Ohdoi, M. Watanabe, H. Nakashima, A. Oida, H. Shimizu, K. Hashimoto, N. Shinohara, and T. Mitani, Control for Microwave-Driven Agricultural Vehicle - Tracking System of Parabolic Transmitting Antenna and Vehicle Rectenna Panel -, Engineering in Agriculture, Environment and Food (EAEF), Vol. 6, No. 3, 2013, pp. 135-140.
- Shinohara, N., Rectennas for Microwave Power Transmission, IEICE Electronics Express, Vol.10, No.21, 2013, pp.1-13.
- Imoto, N., S. Yamamashita, T. Ichihara, K. Yamamoto, T. Nishio, M. Morikura, and N. Shinohara, Experimental investigation of co-channel and adjacent channel operations of microwave power and IEEE 802.11g data transmissions, submitted to IEICE Trans. Commun, Jan. 2014.
- Yamashita, S., N. Imoto, T. Ichihara, K. Yamamoto, T. Nishio, M. Morikura, and N. Shinohara, Implementation and feasibility study of co-channel operation system of microwave power transmissions to IEEE 802.11-based battery-less sensors, submitted to IEICE Trans. Commun, Jan. 2014.
- 篠原真毅, 無線電力伝送の送電距離に対する理論と技術, 電子情報通信学会論文誌 B, Vol.J96-B, No.9, pp.881-893, 2013.
- 齋藤孝、三原莊一郎、中村修治、伊地智幸一、本間幸洋、佐々木拓郎、小澤雄一郎、藤原暉雄, マイクロ波によるエネルギー伝送技術の研究開発, 電子情報通信学会論文誌 C Vol. J96-C No.9 pp.213-220, 2013.

## 2.2 受賞

- Iwashimizu, M., IEEE MTT-S Kansai Chapter Best Young Presentation Award, for “Study on a Direction Detection Technology in a Microwave Power Transmitting System for a Mars Observation Airplane”, 2013.6.29.
- Matsumuro, T. Thailand Japan Microwave 2013 (TJMW2013) Best Presentation Award, for “Spherical Dielectric Resonator As a Accurate Source of High-order Mode Spherical Wave”, 2013.12.2-4.

## 2.3 著書

- Shinohara, N., Wireless Power Transfer via Radiowaves (Wave Series), ISBN 978-1-84821-605-1, ISTE Ltd. and John Wiley & Sons, Inc., Great Britain and United States, , 2014.1



篠原真毅, 小紫公也, ワイヤレス給電技術—電磁誘導・共鳴送電からマイクロ波送電まで (設計技術シリーズ), ISBN978-4-904-77402-1, 科学技術出版, 2013.2.

堀越智(監修, 著), 篠原真毅, 滝澤博胤, 福島潤 (共著), “マイクロ波化学—反応、プロセスと工学応用—”, ISBN978-4-7827-0696-1, 三共出版, 2013.12.

篠原真毅, 第12節 ワイヤレス充電技術と携帯電話・スマートフォンへの適用の現状, 「スマートフォン・タッチパネル部材の最新技術便覧」, 技術情報協会, 2013, pp.414-418.

### 3. 共同利用状況

表 1 METLAB 共同利用状況

年度 (平成)	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
採択 課題数	8	12	10	16	14	9	9	14	20	11
共同利 用者数 *	45	52	69	112	69	54	49 (学内 14 学外 35)	73 (学内 19 学外 54)	89 (学内 31 学外 58)	61 (学内 25 学外 36)

\*\* 研究代表者および研究協力者の延べ人数

### 4. 専門委員会の構成および開催状況

#### 4.1 専門委員会の構成

臼井英之 (神戸大学・大学院システム情報学研究科)

大平孝 (豊橋技術科学大学・情報工学系)

川崎繁男 (JAXA/ISAS)

高野忠 (日本大学・理工学部電子情報工学科)

多氣昌生 (首都大学東京・大学院理工学研究科)

田中孝治 (JAXA/ISAS)

藤野義之 (東洋大学・理工学部)

藤森和博 (岡山大学・大学院自然科学研究科)

松永真由美 (愛媛大学大学院・理工学研究科)

和田修己 (京都大学大学院・工学研究科)

佐藤亨 (京都大学大学院・情報学研究科)

宮坂寿郎 (京都大学・大学院農学研究科)

渡邊隆司 (京都大学・生存圏研究所)

山本衛 (京都大学・生存圏研究所)

篠原真毅 (京都大学・生存圏研究所)

小嶋浩嗣 (京都大学・生存圏研究所)

橋口浩之 (京都大学・生存圏研究所)

三谷友彦 (京都大学・生存圏研究所)

Tatsuo Itoh (国際委員 (アドバイザー) , TRW Endowed Dept. of Electrical Engineering  
UCLA)

#### 4.2 専門委員会の開催状況

平成 26 年 3 月 14 日に専門委員会を開催した。あわせて第 13 回宇宙太陽発電と無線電力伝送に関する研究会を実施し、共同利用成果の発表を行なった。

#### 5. 特記事項

本共同利用設備は特に開発結果を測定に来る利用方法であるために、随時申請を受け付け、審査を行っている。また後期に利用が集中する傾向にある。また、大学の方針により設備維持費が大幅に減額されており、今後の共同利用の適切な運用に影響がでている。

## 木質材料実験棟全国国際共同利用専門委員会

委員長 五十田 博 (京都大学・生存圏研究所)

### 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 3 階建ての木造建築物である (写真 1)。付属的施設として実験住宅「律周舎」(写真 2) の他に、北山丸太をそのまま構造材として有効活用した木質系資材置き場 (写真 3) が平成 22 年から新たに加わった。木質材料実験棟の 1 階には、写真 4～6 に示すような木質構造耐力要素の性能評価用試験装置、木質由来新素材開発研究用の加工、処理、分析・解析装置などを備えている。3 階には、120 名程度収容可能な講演会場のほか、30 名程度が利用できる会議室がある。



写真 1 : 木質材料実験棟全景 写真 2 : 実験住宅「律周舎」 写真 3 : 北山丸太製資材置き場

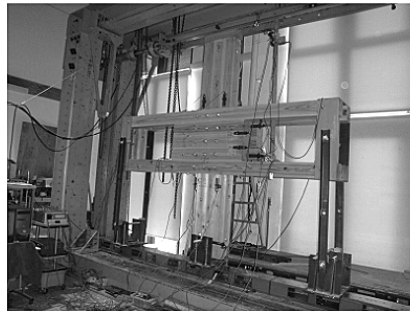


写真 4 : 堅型油圧試験機 写真 5 : 鋼製反力フレーム 写真 6 : X 線光電子分析装置

1 階の実験室に設置されている主たる設備と活動状況は以下の通りである。

- 1) 1000 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 程度まで適用可能。集成材各種接合部の静的・動的繰り返し加力実験、疲労実験、丸太や製材品の実大曲げ実験、実大座屈実験その他に供されている。
- 2) 500 kN 鋼製反力フレーム水平加力実験装置 (写真 5) : 試験体最大寸法 : 高さ 3.0 m、幅 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 の静的正負繰り返し加力用オイルジャッキを備えている。耐力壁、木質系門型ラーメン、その他構造耐力要素の実大（部分）加力実験に供されている。

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うことで深さ方向の分析も可能である。現在のところ、主に、木質系炭素材料の表面分析に供されている。

4) 木造エコ住宅（律周舎：写真2）：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、土等の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。

平成25年度の採択課題数は17件で、表1に本年度の採択課題名、代表研究者、所内担当者の一覧を示す。

表1 平成25年度木質材料実験棟共同利用採択課題一覧

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
25WM-01	CLT(Cross laminated timber)を用いた中・大規模木造建築物の開発	中谷 誠(3)宮崎県木材利用技術センター・主任研究職員/森拓郎
25WM-02	京都府産木材の有効活用に関する研究	明石浩和(2)京都府農林水産技術センター・主任/森拓郎
25WM-03	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(4)京都大学・大学院農学研究科・助教/吉村剛
25WM-04	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・教授/森拓郎
25WM-05	腐朽部材を接合金物で補強した場合の強度に関する研究	野田康信(4)地方独立行政法人 北海道立総合研究機構 森林研究本部 林産試験場・研究主任/森拓郎
25WM-06	木質起源物質の化学修飾と炭素化物への物質変換	木島正志(3)筑波大学・大学院数理物質科学研究科・准教授/畑俊允
25WM-07	エネルギーの有効活用のための高熱伝導性炭素-金属複合材料の開発	西宮 耕栄(1)地方独立行政法人 北海道立総合研究機構 森林研究本部 林産試験場・主査/畑俊允
25WM-08	熱電変換材料の構造解析と物性評価	北川裕之(5)島根大学・総合理工学部・准教授/畑俊允
25WM-09	木質熱処理物のイオン交換性およびその金属錯体-金属種の相違が及ぼす影響に関する検討	本間千晶(1)地方独立行政法人 北海道立総合研究機構 森林研究本部 林産試験場・主査/畑俊允
25WM-10	高温下における木質炭素化物の構造変化	畑 俊充(0)京都大学・生存圏研究所・講師/畑俊允
25WM-11	住宅床下における銅板等の劣化抑制効果の検証	栗崎 宏(8)富山県農林水産総合技術センター木材研究所・副主幹研究員/森拓郎

25WM-12	木質ラーメンフレームと構造用合板を用いた耐力壁を併用した門型フレームの水平加力 実験	瀧野 敦夫(2)奈良女子大学・生活環境学部・講師/森拓郎
25WM-13	ピロディンによる木質接合部性能の推定手法確立	石山央樹(3)中部大学・工学部・講師/森拓郎
25WM-14	北山丸太を用いた京都府型木造住宅の開発	田淵敦士(4)京都府立大学・准教授/森拓郎
25WM-15	イオン液体を用いた木材処理技術に関する基礎研究	宮藤久士(1)京都府立大学・准教授/梅村研二
25WM-16	薄層材料の簡便な化学修飾技術に関する基礎的研究	山内秀文(1)秋田県立大学・木材高度加工研究所・准教授/梅村研二
25WM-17	スギCLT同士の全ネジスクリュー斜め打ち接合性能の評価	小松幸平(6)京都大学・生存圏研究所・教授/小松幸平

## 2. 共同利用研究の成果

### 2.1 代表的な研究成果

1) 課題番号：25WM-02「京都府産木材の有効活用に関する研究」（代表：明石浩和、京都府農林水産技術センター）では、森林整備のために設置されている木製治山ダムにおいて使用した木材の残存耐力を予測する手法を検討することを目的としている。そのため、種々の劣化診断機器による計測とそれぞれの材料の曲げ強度実験をおこない、両者の関係について検討した。供試体として、京都府内の木製治山ダム（写真7）のうち、設置後5年経過した4基から、合わせて放水路天端材20本と袖天端材36本を、また、10年経過した3基から、合わせて放水路天端材9本と袖天端材26本を採取したほか、未使用材36本を準備し、曲げ試験を実施した。材は全て京都府内産のスギであり、直径200mmに丸棒加工後、せい170mmに太鼓挽きしたもので長さは2000mmである。曲げ試験はスパン1800mmの中央集中載荷法でおこない、丸みのある面に加力した。供試体には、腐朽等により表面が剥がれ落ちるなど断面欠損しているものもあったが、曲げ強さ及び曲げヤング係数の計算に用いた断面は、全て未使用材と同じとした。

曲げ強さと曲げヤング係数には正の相関が見られた。また、曲げ強さ、曲げヤング係数とも、その平均値は年数の経過とともに低下しているが、木製治山ダムにおける部位によってその劣化は異なり、放水路天端に比べて袖天端の値がより低下する傾向にあることから、袖天端の強度低下が早いことが伺えた。また、診断機器の一つであるピロディンを用いた計測では、中央4面の計測値が曲げ強度と最も相関係数が高くなることがわかった。今後、これらのデータを蓄積することで部材の取り換えにおける閾値が設定できるようになると考えられる。



写真 7 : 木製治山ダム

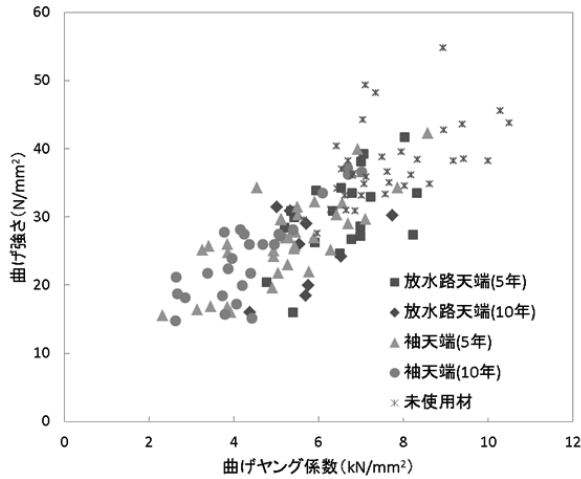


図 1 : 曲げ強さと曲げヤング係数の関係

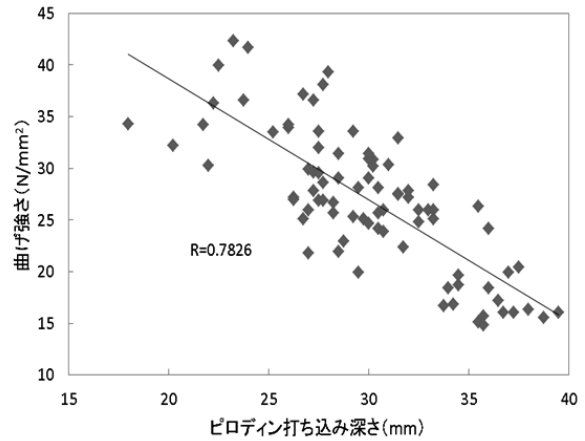


図 2 : ピロディン打ち込み深さ (中央 4 面) と曲げ強さの関係

2) 課題番号: 25WM-06「木質起源物質の化学修飾と炭素化物への物質変換」(代表: 木島正志、筑波大学)では、木質起源の入手しやすい物質にはセルロース、合成セルロース、アルカリリグニンなどがあり、これらを、エネルギー変換機能をもつ高性能炭素に物質変換することができれば、生活圏への炭素濃縮、バイオマス資源の有効利用、さらに機能性炭素を利用したエネルギーの高効率利用が可能になると考え、研究をおこなってきた。本目的を実現する目標炭素の一つに階層的なナノ構造を持つ多孔性炭素がある。本研究の方針は炭素化過程でマイクロ孔性炭素を生成する物質と調製条件を整え、物質を微細形状化させて集積させることにより微細物間隙から生じる異なる空隙を保持した物質を創製することである。ヒドロキエチルセルロース (HEC) とアルカリリグニン (AL) の水溶液を界面活性剤存在下クロロホルムと激しく混合することでミセル化し、その乳濁液をアセトンに加えて沈殿化させることで比較的均一な HEC-AL 複合体微粒子集合物を単離することができる (図 3)。この物質を不活性ガス雰囲気中で 900°C まで昇温して炭素化することで、微粒子形態を保持した炭素が得られる。窒素吸着測定から見積もったその炭素の BET 比表面積は 400 m<sup>2</sup>/g、マイクロ孔容量 0.11 mL/g、メソ孔以上の容量は 0.59 mL/g となり、粒子間空隙が有効に孔容積として機能する炭素であることが分かった。さらにこの炭素の表面積を増大させるため、HEC-AL の水溶液に賦活剤である水酸化ナトリウムを混合し、同様な手順で微粒子集合物を調製して炭素化した。

その炭素化物は、BET 比表面積が約 1800 m<sup>2</sup>/g、マイクロ孔容量 0.54 mL/g、メソ孔以上の容量が 2.08 mL/g となり、孔性を大幅に増大させることに成功した。この炭素の 1 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 中における電気二重層キャパシタ容量は、電流密度が 0.05 A /g のときの 394 F/g と非常に大きく、電流密度を 0.4 A/g に高めた場合でも減少は少なく 269 F/g の高い容量を維持することができた。これは HEC-AL 微粒子炭集積物が粒子由来のマイクロ孔の他、粒子間由来のメソ~マクロ孔空間を十分に保有する階層的な構造を実現し、電解質イオンの吸脱着・拡散に有効に寄与しているためと考える。

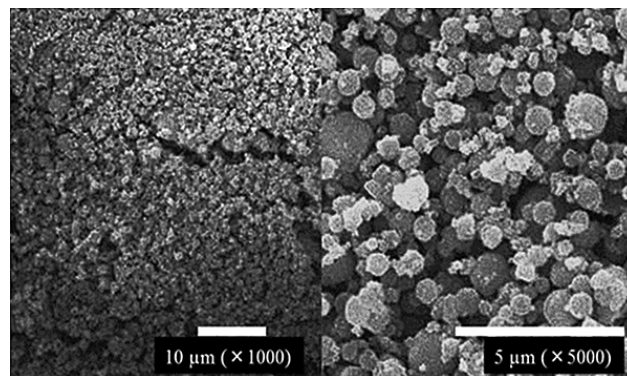


図 3： HEC-AL 微粒集合体（左）の SEM 像と拡大図（右）

2.2 学術雑誌に公表された論文 森拓郎，野田康信，東智則，森満範，戸田正彦，強制腐朽処理を施した木ねじ接合部の一面せん断性能評価，構造工学論文集 60B，日本建築学会，pp.371-375，2014.

木島正志，渡辺真里，有機・高分子物質を用いるナノ構造化炭素材料の創製，日本画像学会誌，第 53 巻 第 1 号，pp.62-71，2014.

### 2.3 学会発表

中谷誠，森拓郎，中島昌一，椎葉 淳，CLT のラミナ積層方向と直交方向の LSB の引抜き性能，日本建築学会学術講演梗概集構造Ⅲ，pp.27-28，2013.

明石浩和，森 拓郎，田淵敦士，三好岩生，宅間健人，平井雄隆，木製山ダムの経過年数と部材曲げ強さの関係，第 64 回日本木材学会大会 ポスター発表，2014 年 3 月.

築瀬佳之，藤原裕子，藤井義久，森拓郎，吉村剛，土居修一，実験住宅床下における種々の粒子物理バリアのシロアリ貫通阻止性能評価，第 25 回日本環境動物昆虫学会年次大会，p.21，2013.

築瀬佳之，藤原裕子，藤井義久，森拓郎，吉村剛，土居修一，種々の粒子物理バリアのシロアリ貫通阻止性能評価 -実験住宅床下における 5 年間の性能試験の結果-，第 64 回日本木材学会大会 ポスター発表，2014 年 3 月.

- 伊東和俊, 姜暁光, 田中圭, 神戸渡, 森拓郎, 井上正文, 繊維直交方向に挿入した GIR 接合部の割裂耐力推定法 その 4 支持スパンが大きい場合の割裂耐力, 日本建築学会学術講演梗概集構造Ⅲ, pp.33-34, 2013.
- 姜暁光, 伊東和俊, 田中圭, 森拓郎, 井上正文, 接合金物と接着剤を併用した木材接合法の強度発現機構について その 10 材端部に繊維直交方向挿入された場合の強度性能の検討, 日本建築学会学術講演梗概集構造Ⅲ, pp.35-36, 2013.
- 野田康信, 森満範, 戸田正彦, 森拓郎, 強制腐朽処理を施した木ねじ接合部の一面せん断性能評価 その 2 腐朽源ユニットを用いた場合, 日本建築学会学術講演梗概集構造Ⅲ, pp.135-136, 2013.
- Shimada, T., M. Kijima, T. Hata, Spherulitic Cellulose-Lignin Composites; Preparation, Carbonization and Characterization. Tsukuba International Workshop on Science and Patents (IWP) 2013.
- 島田武, 木島正志, 畑俊充, ヒドロキシエチルセルロース由来微粒子状炭素の調製, 第 40 回炭素材料学会年会, 2013.
- 滝野哲平, 滝村康大, 北川裕之, パルス通電焼結による  $\text{Cu}_{2-x}\text{Se}$  熱電材料の作製とキャリア濃度制御, 粉体粉末冶金協会, 平成 25 年度秋季大会 (第 111 回講演大会), 名古屋国際会議場, 2013.
- 本間千晶, 畑俊充, 木質熱処理物のセシウムイオン処理またはストロンチウムイオン処理による錯体の調製およびその性質, 第 11 回木質炭化学会研究発表会講演要旨集, pp49-50, 2013.
- 小松幸平, 北守顕久, 中島昌一, 藤田和彦, 小松賢司, Sok Yee Yeo, 全ネジスクリュー斜め打ちによる集成材のせん断性能向上効果, 第 64 回日本木材学会大会 口頭発表, 2014 年 3 月.

#### 2.4 修士論文・卒業論文

- 島田武, セルロース類の構造化を利用した階層的多孔質炭素の調製, 筑波大学大学院数理物質科学研究科修士論文.
- 渡辺貴文,  $\gamma$ -シクロデキストリン筒型集合体の調製と炭素変換, 筑波大学理工学群応用理工学類卒業論文.
- 滝野哲平,  $\text{Cu}_{2-x}\text{Se}$  熱電材料の作製とキャリア濃度制御, 度島根大学大学院 総合理工学研究科・修士論文.
- 木造住宅の劣化診断に関する研究、中部大学工学部卒業論文.



### 3. 共同利用状況

木質材料実験棟過去8年間の利用状況の推移

期間	平成 18 年度	平成 19 年度	平成 20 年度	平成 21 年度	平成 22 年度	平成 23 年度	平成 24 年度	平成 25 年度
採択 課題数	20	20	22	15	16	17	14(2) *	17
共同利用 者数**	97	105	111	74	81	69	66	67

\* ( )内数字は国際共同利用課題数

\*\* 研究代表者および研究協力者の延べ人数

### 4. 専門委員会の構成および開催状況（平成 25 年度）

#### 4.1 専門委員会の構成

五十田博（京都大学・生存圏研究所）  
 井上正文（大分大学・工学部）  
 佐々木貴信（秋田木材 高度利用研究所）  
 原田寿郎（森林総合研究所）  
 藤田香織（東京大学・工学系研究科）  
 山内秀文（秋田木材・高度利用研究所）  
 渡辺浩（福岡大学・工学部）  
 田淵敦士（京都府立大学・環境デザイン学科）  
 野田康信（北海道林産試験場）  
 川瀬博（京都大学・防災研究所）  
 仲村匡司（京都大学・農学研究科）  
 梅村研二（京都大学・生存圏研究所）  
 畑俊充（京都大学・生存圏研究所）

#### 4.2 専門委員会の開催状況

平成 25 年度の専門委員会は、全てメール回議によって行った。

### 5. 特記事項

日刊木材新聞 2014 年 5 月 26 日号にて、25WM-09（代表：本間千晶、北海道立総合研究機構 林産試験場）の成果が、「熱処理道産トド松でセシウム吸着」北海道立林産試験場と京都大学共同で、と報道された。



## 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 全国国際共同利用専門委員会

委員長 吉村 剛（京都大学・生存圏研究所）

### 1. 共同利用施設および活動の概要

京大大学生存圏研究所居住圏劣化生物飼育棟（以下 DOL と略）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、平成 25 年度は、国際共同利用 2 件を含む 17 件の研究課題を採択した。

DOL は木材及び木質系材料の加害生物を飼育し、生物劣化試験の実施、並びに生物劣化機構や環境との相互作用などの研究用の生物を供給できる国内随一の施設である（図 1）。飼育生物には、木材腐朽菌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。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ている。

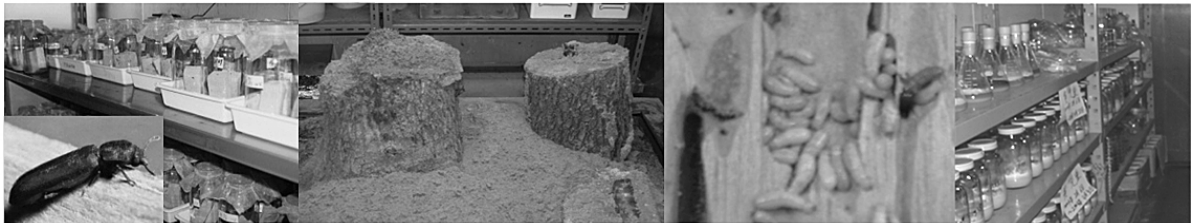


図 1：居住圏劣化生物飼育棟（DOL）。左より、木材食害性甲虫類飼育室およびヒラタキクイムシ、イエシロアリコロニー、アメリカカンザイシロアリ、木材劣化菌類培養室

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（図 2）、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、またその立地を活かした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ている。



図 2：生活・森林圏シミュレーションフィールド（LSF）

## 2. 共同利用研究の成果

以下に、代表的な共同利用研究の成果として、本年度新たに採択された国際共同研究である「温帯の土壤生態系におけるシロアリの役割」（研究代表者：京都大学 吉村 剛）、および新規課題である「木材への腐朽菌侵入とシロアリ侵入の関係」（研究代表者：東京工業大学 木原久美子）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。また、共同利用研究の成果として平成 25 年度に発表された学術論文、報告書・資料・要旨集、学会発表および博士論文・修士論文・卒業論文を示す。

### 2.1 代表的な研究成果

#### (1) 温帯の土壤生態系におけるシロアリの役割（研究代表者：京都大学 吉村 剛（国際共同研究））

シロアリは熱帯・亜熱帯地域において土壤生態学的に最も重要な生物であり、「エコシステム・エンジニア」と呼ばれることも多い。しかしながら、日本や米国などの温帯地域における生態学的地位、特に土壤生態系における役割については、ほとんど研究されていない。本研究では、ジョージア大学の Brian T. Forschler 教授との国際共同研究により、イエシロアリとヤマトシロアリが高い密度で分布する京都大学生存圏研究所 生活・森林圏シミュレーションフィールド (LSF) を利用して、温帯の土壤生態系におけるこれら地下シロアリの役割について検討した。

共同研究者である Forschler 教授が米国ジョージア州 Athens の森林で実施中の野外試験におけるトラップ装置を参考にし、2013 年 5 月に餌木 2 本とカバーからなるサンプリングトラップ 100 個を、LSF 外柵の中間部位に設置した。半年後の 2013 年 11 月に、100 個のトラップのうち 72 個についてシロアリの活性を観察し、活性の認められたトラップから、①シロアリ、②餌木に付着したシロアリが外部から運び込んだ蟻土、③トラップから 1m 離れた場所での土壤サンプル（直径 4cm x 深さ 15cm の円筒状。上下 2 層に分けてサンプリング）、を採集し、研究室に持ち帰った。蟻土と土壤サンプルは、オーブンで乾燥後、冷凍庫にて保管した。LSF より持ち帰ったシロアリを単離し、9cm 径のプラスチックシャーレに飽水スギ辺材試験体とともに入れてシロアリ飼育室で 2 週間保管した。容器に付着したシロアリの食べ残しであるフラスを回収した。

観察した 72 個のトラップのうち 27 個でヤマトシロアリ、7 個でイエシロアリの活性が観察され、全体として 34 個の試料を得ることができた。シロアリの活性があったトラップの割合は 47%であり、LSF 全体での高いシロアリ活性が確認された。つまり、温帯地域においても土壤中では多くのシロアリが活動していることが確かめられた。また、シロアリフラス試料として 22 個を得た（一部のシロアリ頭数の少ないセットでは回収不可能）。最終的に計 124 個の試料を得ることができ、現在、ICP 発光分析装置による無機元素分析および CHN 分析装置による有機元素分析に向けた試料調製を行っているところである。

**(2) 木材への腐朽菌侵入とシロアリ侵入の関係 (研究代表者: 東京工業大学 木原久美子)**

木材腐朽菌による腐朽とシロアリによる食害は最も重要な木材の劣化要因である。腐朽とシロアリによる食害には相互作用があり、木材腐朽菌種とシロアリ種によって相互作用が異なることも容易に想像される。このように、木材腐朽菌とシロアリの相互作用は木材の劣化に関する重要な要素であり、この相互作用を詳細に研究することの意義は大きい。本研究では、LSFにおいて、シロアリによる食害を排除しつつ木材腐朽菌による腐朽のみを受けた様々な木材サンプルを調製し、木材腐朽菌とシロアリの相互作用の検証を試みる。過去には室内実験による検討はあったが、野外試験での検討例はない。また、ろ紙を用いたこれまでにない全く新しい腐朽試験方法を考案し、木材腐朽菌種と木材の部位による違いの影響を分離したより詳細な研究手法の確立を目指す。

健全なクロマツの丸太を厚さ約1.5-3.5cmに切断して円盤状のサンプルを33個作成した。シロアリ食害を排除するため、各サンプルをそれぞれステンレス金網のバックに入れて試験区内に設置し、木材腐朽菌による腐朽だけを受けるようにした。設置から約6ヶ月後に回収し、東京工業大学の屋外にて風乾した。劣化状態は外観の目視確認により、「植物繁茂・白菌糸・黄菌糸・青緑菌糸・黒斑・茶斑・樹皮剥離・ひび亀裂・きのこ(子実体)」の各項目を「過度に有り(2点)、有り(1点)、無し(0点)」と点数付けで定量化した次に、ろ紙(φ9cm)を約130枚重ねて十字に束ね、ストッキングをかぶせて固定後、外側をメッシュでくるんで試験区域内に設置した。

実験に用いた試料バッグ内にはシロアリの侵入は見られず、コケ類や菌類による木材の劣化が確認された。LSFはシロアリの活性が極めて高いにもかかわらず、ステンレス金網を利用することで防蟻的に木材を劣化させられることがわかった。しかし、6ヶ月という設置期間では腐朽の程度は低く、木材サンプルの内部はほとんど腐朽していなかった。今後は、使用樹種数を増やし、腐朽時間の延長によって、更に様々な異なる段階にある腐朽木材を作りだすことを計画している。また、腐朽木材の物理的状態測定や定着菌種の同定により、腐朽の特徴付けを進め、複数種のシロアリを対象に、どの腐朽段階を好んでシロアリの侵入が行われるのかを明らかにしていく予定である。木材に複数種の腐朽菌が3次元的に入り組んで進行する腐朽を単純化した、ろ紙を重ねて束ねた円筒形の疑似丸太モデルを考案しその腐朽を試みた。丸太木材では難しかった解析を、ろ紙製疑似丸太では、ろ紙を1枚ずつはがして腐朽部位・腐朽菌層解析が行える。サンプルの腐朽段階に併せて、ろ紙製疑似丸太の腐朽部位と菌種の解析方法の検討を行う予定である。

**2.2 学術雑誌に公表された論文**

Fujii, Y., Y. Fujiwara, Y. Yanase, T. Mori, T. Yoshimura, M. Nakajima, H. Tsusumi, and M. Mori, Radar apparatus for scanning of wooden-wall to evaluate inner structure and bio-degradation non-destructively, *Adv. Mat. Res.*, 778, 289-294, 2013.

Yanase, Y, S. Maruyama, Y. Fujii, S. Okumura, and T. Yoshimura, Detection of hydrogen and

methane emitted by feeding activity of termite under forced ventilation, *Jpn. J. Environ. Entomol. Zool.*, 24, 97-105, 2013.

増田勝則, 木質系材料を高充填した WPC のイエシロアリ摂食誘引性, 森林防疫, 62(4), 3-8, 2013.

森拓郎, 田中圭, 河野孝太郎, 中畑拓巳, 築瀬佳之, 栗崎宏, 腐朽したスギ材に打込まれた釘の一面せん断耐力の推定, 材料, 63(4), 314-319, 2014.

### 2.3 報告書・資料・要旨集

市原孝志, 川島幹雄, 三好和広, 過熱蒸気による環境にやさしい木材保存技術に関する研究, 平成 24 年度高知森技セ研究成果報告書, 13-14, 2013.

市原孝志, 野地清美, 川島幹雄, 三好和広, 吉村剛, 過熱蒸気による環境にやさしい木材保存技術に関する研究, 日本木材学会中国・四国支部第 25 回研究発表会要旨集, 58-59, 鳥取, 2013.

橋本茂, 阿部健一, 吉村剛, 外来木材害虫アメリカカンザイシロアリに対する木材及び注入処理用木材保存剤の耐シロアリ性評価, 第 64 回日本木材学会大会研究発表要旨集, 81, 松山, 2014.

河野孝太郎, 中畑拓巳, 森拓郎, 田中圭, 井上正文, 生物劣化を受けた国産針葉樹の残存強度性能 その 2 釘の面圧性能, 日本建築学会学術講演梗概集構造Ⅲ, 133-134, 2013.

河野孝太郎, 中畑拓巳, 毛利悠平, 森拓郎, 築瀬佳之, 田中圭, 井上正文, 生物劣化を受けた国産針葉樹の残存強度性能に関する研究(その 5) 腐朽したスギ材に打ち込まれた釘の一面せん断耐力の推定, 日本建築学会九州支部研究報告, 第 53 号, 693-696, 2014.

### 2.4 学会発表

市原孝志, 野地清美, 川島幹雄, 三好和広, 吉村剛, 過熱蒸気による環境にやさしい木材保存技術に関する研究, 日本木材学会中国・四国支部第 25 回研究発表会, 鳥取, 2013.

橋本茂, 阿部健一, 吉村剛, 外来木材害虫アメリカカンザイシロアリに対する木材及び注入処理用木材保存剤の耐シロアリ性評価, 第 64 回日本木材学会大会, 松山, 2014.

河野孝太郎, 中畑拓巳, 森拓郎, 田中圭, 井上正文, 生物劣化を受けた国産針葉樹の残存強度性能 その 2 釘の面圧性能, 日本建築学会学術講演会, 2013.

河野孝太郎, 中畑拓巳, 毛利悠平, 森拓郎, 築瀬佳之, 田中圭, 井上正文, 生物劣化を受けた国産針葉樹の残存強度性能に関する研究(その 5) 腐朽したスギ材に打ち込まれた釘の一面せん断耐力の推定, 日本建築学会九州支部研究報告会, 2014.

毛利悠平, 河野孝太郎, 中畑拓巳, 森拓郎, 田中圭, 井上正文, シロアリによる食害を受けた木ねじ接合部の一面せん断性能評価, 日本建築学会九州支部研究報告会, 2014.

## 2.5 学位論文

河野孝太郎，生物劣化を受けた釘接合部のせん断耐力性能及び劣化診断機器を用いた一面せん断耐力推定方法の提案，大分大学工学研究科修士論文。

毛利悠平，生物劣化を受けた木ねじ接合部の残存耐力性能に関する実験的研究－蟻害材の一面せん断強度特性－，大分大学工学部卒業論文。

## 3. 共同利用状況

平成 18 年度から平成 25 年度までの利用者は表 1 の通りである。課題数として 15 ～20 課題、利用者数として 70～100 名程度と安定した共同利用の状況となっている。

表 1：京大生存圏研究所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）共同利用者数

年度	18	19	20	21	22	23	24	25
課題数*	16	17	16(2)	21 (4)	16(3)	14(2)	14(2)	17(2)
LSF								
DOL	13	7	12(2)					
共同利用者数**	72	80	81	109	75	70	71	67
LSF				学内 43 学外 66	学内 30 学外 45	学内 20 学外 50	学内 18 学外 53	学内 27 学外 40
DOL	51	46	50					

\* ( )内数字は国際共同利用課題数 \*\* 研究代表者および研究協力者の延べ人数

## 4. 専門委員会の構成および開催状況

### 4.1 専門委員会の構成

吉村剛(京都大学・生存圏研究所)

上田義勝(京都大学・生存圏研究所)

柳川綾(京都大学・生存圏研究所)

松浦健二(京都大学・農学研究科)

片岡厚(森林総合研究所)

竹松葉子(山口大学・農学部)

酒井温子(奈良県森林技術センター)

秋野順治(京都工芸繊維大学・繊維学部)

森満範(北海道立総合研究機構 森林研究本部・林産試験場)

板倉修二(近畿大学・農学部)

Brian T. Forschler (ジョージア大学・生物学部)

Chow-Yang Lee (マレーシア理科大学・生物学部)

## 4.2 専門委員会の開催状況

平成 26 年 2 月 19 日 (平成 25 年度第 1 回委員会)

議題：平成 26 年度申請課題の審査他

申請課題の審査は、予め各委員に申請書類を配信し、委員会開催時に出席委員による評価を経て採択した。

## 5. 特記事項

### 5.1 研究成果報告会

DOL/LSF で行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 247 回生存圏シンポジウムとして平成 26 年 2 月 18 日に実施し、併せて成果要旨集を出版した。

### 5.2 DOL における維持管理菌類の追加

DOL における維持管理菌類として、昆虫病原性糸状菌 4 種 12 菌株および植物病原性糸状菌 1 種を追加した。

### 5.3 DOL におけるイエシロアリコロニーの導入

DOL・シロアリ飼育室に和歌山産のイエシロアリ 1 コロニーを新たに導入した。現在 4 コロニーで運営中である。

### 5.4 LSF における気象データの収集

平成 24 年 2 月 16 日に、温湿度計、気圧計、雨量計、風向・風量計から構成される気象測器の設置を行った。その後 2 年間が経過したが順調にデータを集積している。



## 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) 全国国際共同利用専門委員会

委員長 矢崎 一史 (京都大学・生存圏研究所)

### 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システムと協調的に統合し、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 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 1A]
2) 植物揮発性成分分析装置	GC-MS	2台 [図 1B]
3) 土壌成分分析装置	ライシメータ	2台 [図 1D]

##### ・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 1C]
大型の組換え樹木にも対応 (温室の最大高さ 6.9m)	

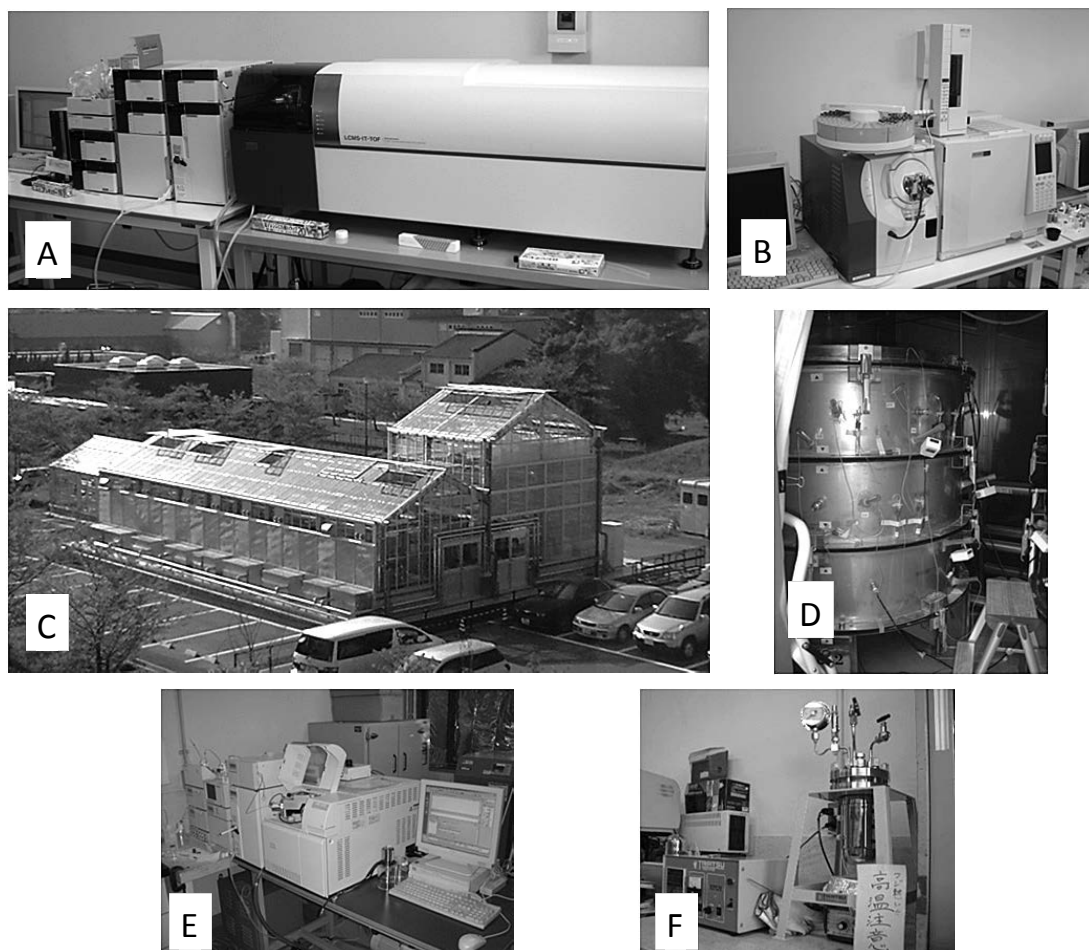


図 1 : DASH/FBAS 構成機器 (抜粋)

・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 1E]

四重極型液体クロマトグラフ質量分析装置

[図 1F]

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

平成 25 年度の共同研究の成果として、2 件の受賞があった。本年度の具体的な DASH/FBAS の研究成果として、これらの内容について紹介する。

### 1) 研究代表者：丸山伸之（京都大学・農学研究科）

#### 第 2 回三島海雲学術賞

本受賞研究においては、食用とされる植物の種子貯蔵タンパク質について、遺伝子工学的的手法による組換えタンパク質およびサブユニット種に欠損のある育種材料を駆使して、様々な植物種の種子貯蔵タンパク質の立体構造を明らかにするとともに、それらの立体構造に基づいて加工特性に密接に関与する構造安定性の要因や改変許容性の高い構造領域を明確にした。さらに、これらの成果を疾病予防のための食品および医薬品素材の開発へ展開し、種子貯蔵タンパク質のもつ種子に蓄積するための要因(選別輸送シグナル)を損なわずに、生理活性をもつペプチドを導入した種子貯蔵タンパク質を立体構造データに基づいて設計し、イネなどの種子に高レベルで蓄積させることに成功した。種子貯蔵タンパク質をキャリアーとして生理活性ペプチドを作物種子に蓄積生産させるアプローチは、疾病を予防する食品および医薬品素材開発の方法として期待される。

### 2) 研究代表者：梅澤俊明（京都大学・生存圏研究所）

#### 日本植物細胞分子学会 2013 年度論文賞

リグニン合成酵素をコードする 7 種類の遺伝子の発現を個別に制御した組換えイネ (*Oryza sativa* cv. Nipponbare) を DASH 温室において育成し、その茎のリグニン含量、デンプン含量、酵素糖化効率を予測する、迅速な近赤外 (NIR) 分光分析法を初めて確立した。化学分析により実測された値と NIR 分光分析法で予測された値は、強い相関を示した。本方法は、細胞壁形成を制御したイネやその他の大型イネ科バイオマス植物の作出に関する代謝工学研究の発展に有用である。

## 2.1 学術雑誌に公表された論文

Cabanos, C., A. Ekyo, Y. Amari, N. Kato, M. Kuroda, S. Nagaoka, F. Takaiwa, S. Utsumi, N.

Maruyama, High-level production of Lactostatin, a hypocholesterolemic peptide, in transgenic rice using soybean A1aB1b as carrier, *Transgenic Research*, 22, 621-629, 2013.

Fujiwara, K., C. Cabanos, K. Toyota, Y. Kobayashi, N. Maruyama, Differential expression and elution behavior of basic 7S globulin among cultivars under hot water treatment of soybean seeds, *Journal of Bioscience and Bioengineering*, doi: 10.1016/j.jbiosc.2013.11.004, 2013.

Koshiba, T., N. Hirose, M. Mukai, M. Yamamura, T. Hattori, S. Suzuki, M. Sakamoto, T. Umezawa, Characterization of 5-hydroxyconiferaldehyde O-methyltransferase in *Oryza sativa*, *Plant Biotechnol.*, 30(2), 157-167, 2013.

Noda, S., Y. Takahashi, Y. Tsurumaki, M. Yamamura, N. Nishikubo, M. Yamaguchi, N. Sakurai, T.

- Hattori, S. Suzuki, T. Demura, D. Shibata, S. Suzuki, T. Umezawa, ATL54, a RING-H2 domain protein selected by a gene co-expression network analysis, is associated with secondary cell wall formation in Arabidopsis, *Plant Biotechnol.*, 30(2), 169-177, 2013.
- Koeduka, T., S. Suzuki, Y. Iijima, T. Ohnishi, S. Suzuki, B. Watanabe, D. Shibata, T. Umezawa, E. Pichersky, J. Hiratake, Enhancement of production of eugenol and its glycosides in transgenic aspen plants via genetic engineering, *Biochem. Biophys. Res. Commun.*, 436(1), 73-78, 2013.
- Ragamustari, S.K., T. Nakatsubo, T. Hattori, E. Ono, Y. Kitamura, S. Suzuki, M. Yamamura, T. Umezawa, A novel *O*-methyltransferase involved in the first methylation step of yatein biosynthesis in *Anthriscus sylvestris*, *Plant Biotechnol.* 30(4), 375-384, 2013.
- Koshiha, T., S. Murakami, T. Hattori, M. Mukai, M. Kishi-Kaboshi, A. Miyao, H. Hirochika, S. Suzuki, M. Sakamoto, T. Umezawa, CAD2 deficiency causes both brown midrib and gold hull and internode phenotypes in *Oryza sativa*. *Plant Biotechnol.*, 30(4), 365-373, 2013.
- Noda, S., M. Yamaguchi, Y. Tsurumaki, Y. Takahashi, N. Nishikubo, T. Hattori, T. Demura, S. Suzuki, T. Umezawa, ATL54, a ubiquitin ligase gene related to secondary cell wall formation, is transcriptionally regulated by MYB46, *Plant Biotechnol.*, 30(5), 503-509, 2013.

## 2.2 共同利用研究の成果による学術賞

- 丸山伸之 第2回三島海雲学術賞（公益財団法人三島海雲記念財団）平成25年7月5日  
立体構造に立脚した種子タンパク質の分子食品科学的研究
- 梅澤俊明 日本植物細胞分子学会2013年度論文賞

Hattori, T, S. Murakami, M. Mukai, T. Yamada, H. Hirochika, M. Ike, K. Tokuyasu, S. Suzuki, M. Sakamoto, T. Umezawa, Rapid analysis of transgenic rice straw using near-infrared spectroscopy, *Plant Biotechnology*, 29, 359-366, 2012.

## 2.3 招待講演

- 杉山暁史, 矢崎一史, 植物工場を想定した植物の機能性ポリフェノールの生産, 第13回けいはんな植物科学懇談会, , 大阪府立大学・植物工場研究センター, 2013年11月14日.
- 西村裕志, バイオリファイナリーへ向けた木質バイオマスのNMR分析, 理研シンポジウム第14回分析・解析技術と化学の最先端, 理化学研究所・鈴木梅太郎記念ホール, 2013年12月11日.

## 2.4 学会発表

- 棟方涼介, Alexandre Olry, 水谷正治, Célia Krieger, Fazeelat Karamat, Alain Hehn, 杉山暁史, 矢崎一史, Frédéric Bourgaud, グレープフルーツの芳香族基質0-プレニル基転移酵素のクローニングと機能解析, 第31回日本植物細胞分子生物学会, 北海道大学, 2013年9月10日.

棟方涼介, Karamat Fazeelat, Alexandre Olry, 肥塚崇男, 井上剛史, 杉山暁史, 田中 涼, 宇都義浩, 堀 均, 東 順一, Alain Hehn, Frédéric Bourgaud, 矢崎一史, クマリン類の化学構造多様性の鍵となるプレニル基転移酵素ファミリーの解明, 第 23 回イソプレノイド研究会, 東京大学, 2013 年 9 月 14 日.

西村裕志, 田頭英朗, 岡村英保, 片平正人, 渡辺隆司, NMR を用いたバイオマス生分解過程の追跡および解析法の開発, 第 9 回バイオマス科学会議, 高知県立県民文化ホール, 2014 年 1 月 16 日.

Chen Qu, 三亀啓吾, 西村裕志, 片平正人, 菅原 智, 小池謙造, 渡辺隆司, Assessment of copper oxide decomposed lignin as a natural UV-absorbing agent, 第 64 回日本木材学会大会, 愛媛大学, 2014 年 3 月 14 日.

## 2.5 学位論文

坪内文音, ゴマおよび落花生の種子貯蔵タンパク質 11S グロブリンの特性解析, 京都大学大学院農学研究科修士論文.

鈴木沙季, GSH1 を過剰発現させたヤマナラシのバイオマス生産能評価, 京都大学大学院農学研究科修士論文.

安井あゆみ, Characterization of cell wall phenylpropanoids of grass bioenergy plants (イネ科エネルギー植物の細胞壁フェニルプロパノイド類の解析), 京都大学大学院農学研究科修士論文.

野田壮一郎, Functional characterization of a RING-type ubiquitin ligase and MYB transcription factors involved in secondary cell wall formation (二次細胞壁形成に関与する RING 型ユビキチンリガーゼおよび MYB 転写因子の機能解析), 京都大学大学院農学研究科博士論文.

## 3. 共同利用状況

平成 17 年度から 25 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 年度に 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。内容的に両者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。

傾向として、利用面積が問題となる植物育成サブシステムに関しては、長時間を必要とする植物の育成が主な機能であることから、利用件数の大きな変動はない。採択件数が減少傾向に見えるのは、随時受付を行っている DASH 分析装置サブシステムの利用者数の変動が原因となっているため、温室部分の利用者に大きな変動は無い。

表 DASH/FBAS 共同利用状況

年度	17	18	19	20	21	22	23	24	25
採択 課題数 *		8	8	15	22	17	15	16	13
共同利 用者数 **		25	45	97	129	95 学内 47 学外 48	80 学内 54 学外 26	82 学内 50 学外 32	70 学内 44 学外 26

\* ( )内数字は国際共同利用課題数

\*\* 研究代表者および研究協力者の延べ人数

#### 4. 専門委員会の構成および開催状況

##### 4.1 専門委員会の構成

- 矢崎一史（京都大学・生存圏研究所）
- 西谷和彦（東北大学・大学院生命科学研究科）
- 村中俊哉（大阪大学・大学院工学研究科）
- 重岡成（近畿大学・農学部）
- 太田大策（大阪府立大学・大学院生命環境科学研究科）
- 松井健二（山口大学・大学院医学研究科）
- 柴田大輔（財団法人かずさDNA研究所）
- 明石良（宮崎大学・農学部）
- 青木俊夫（日本大学・生物資源科学部）
- 河合真吾（静岡大学・農学部）
- 谷川東子（独立行政法人・森林総合研究所）
- 高林純示（京都大学・生態学研究センター）
- 大串孝之（京都大学・生態学研究センター）
- 塩谷雅人（京都大学・生存圏研究所）
- 渡辺隆司（京都大学・生存圏研究所）
- 梅澤俊明（京都大学・生存圏研究所）
- 山川宏（京都大学・生存圏研究所）
- 杉山暁史（京都大学・生存圏研究所）
- 今井友也（京都大学・生存圏研究所）

#### 4.2 専門委員会の開催状況

平成 25 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 26 年 2 月 7 日 平成 26 年度申請研究課題の審査依頼

平成 26 年 3 月 7 日 平成 26 年度申請研究課題の審査結果について（承認依頼）

平成 26 年 3 月 20 日 平成 26 年度申請研究課題の採択結果について

#### 5. 特記事項

平成 25 年度は、特に大きな特記事項は無かったものの、屋根散水用の純水製造装置の故障など、何点か DASH 植物育成サブシステムの維持管理面で一定の経年劣化を感じるがあった。もう一点、自然災害という面から、大雪の影響に対して対策を考える必要があることを再認識した。構造計算上、ガラス温室部分は 50 cm 程度の積雪ならば十分に耐えうる構造を持つこと、天窓も開閉する力があることは確認できたが、積雪により温室内の照度が大きく低下することは認識を新たにした点であった。遺伝子の拡散防止策を維持するため、頻度は高くないとはいえ自然災害に対する対策を再考する機会となった。





## 先進素材開発解析システム全国国際共同利用専門委員会

委員長 渡辺 隆司（京都大学・生存圏研究所）

### 1. 共同利用施設および活動の概要

京大大学生存圏研究所先進素材開発解析システム(Analysis and Development System for Advanced Materials, 以下 ADAM と略) は、「高度マイクロ波加熱応用及び解析サブシステム」、「超高分解能有機分析サブシステム」、「高分解能多元構造解析システム」から構成される実験装置であり、平成 23 年度後期から共同利用設備としての運用を開始した。本設備は、世界唯一の多周波マイクロ波加熱装置、フーリエ変換イオンサイクロトロン共鳴質量分析装置 (FT-ICR-MS)、無機用および有機用電子顕微鏡などからなる複合研究装置であり、マイクロ波加熱を用いた新材料創生、木質関連新材料の分析、その他先進素材の開発と解析などに用いられる。本装置は研究所のフラグシップ共同研究「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」推進のための中核研究装置としても使われる。

#### 高度マイクロ波加熱応用及び解析サブシステム

マイクロ波信号発生器、2.14GHz 帯、650W 進行波管増幅器、2.45GHz 帯 1kW、マグネトロン発振器、5.8GHz 帯 600W マグネトロン発振器、800MHz~2.7GHz 帯、250W GaN 半導体増幅器、アプリケーション、スペクトラムアナライザ、他



高度マイクロ波加熱応用及び解析サブシステム

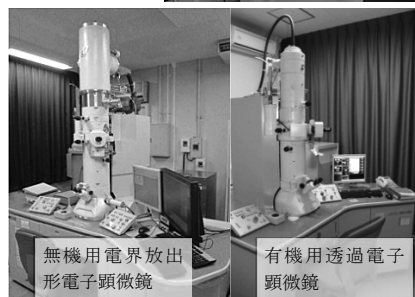
#### 超高分解能有機分析サブシステム

1. フーリエ変換イオンサイクロトロン共鳴質量分析装置 (FT-ICR-MS) (ブルカー・ダルトニクス製)
2. 多核核磁気共鳴装置  $\lambda$ -400 (日本電子製)



#### 高分解能多元構造解析システム

1. 無機用電界放出形電子顕微鏡 (200kV FE-TEM) (日本電子製)
2. 有機用透過電子顕微鏡 (120kV TEM) (日本電子製)
3. 比表面積/細孔分布測定装置 アサップ 2020 (島津-マイクロメトリックス製)



#### 第3回 先進素材開発解析システム(ADAM)

##### シンポジウムの開催

平成 25 年 11 月 18 日に第 3 回 先進素材開発解析システム(ADAM)シンポジウムを、ミッション 2 および生存圏フラグシップ共同研究の活動紹介のためのシンポジウムと合同の形式で開催した。



## 2. 共同利用研究の成果

### 2.1 代表的な研究成果

課題番号 03 電磁場励起非平衡反応場に関する基礎研究

マイクロ波加熱下では、マテリアル内に微視的に非平衡温度場が観測される。これは様々な特異な化学反応挙動の原因となることが予想されるが、その観測は難しい。これは、マイクロ波加熱下では直流電流の検出、安定温度の決定が困難なためである。そのため、これより生じる現象は「マイクロ波効果」や「非熱効果」という曖昧な認識で表現されている。この状況を回避することを目的とし、加熱・電気工学の観点よりこれを説明するための理論骨子を提案した。今年度は、「マイクロ波による多体金属粒子の加熱」及び「サーマルランナウェイ」と呼ばれる熱暴走を表現する理論を提出し、これの実測との比較から同理論の運用限界を報告した（学術雑誌論文:1）。また、この理論の工学的応用として、従来法では加熱が困難なアスベスト含有スレート瓦を迅速に無害化する技術を開発した（環境省、フラッグシップ研究との連携）。これらは優れた発明としてメディアに紹介され（テレビ・新聞: 1-2）、ADAMの協力を得て提案された理論の幅広い工学的応用性を示す。

### 2.2 学術雑誌に公表された論文

Kashimura, K., N. Sabelstrom, K. Imazeki, K. Takeda, M. Hayashi, T. Mitani, N. Shinohara and K. Nagata, Quasi-Stable Temperature of Steady State of Hematite by Microwave Heating, *Chemical Engineering & Processing*, 76, 1-5, 2014.

Yanagawa, M., K. Kashimura, M. Hayashi, M. Sato, T. Mitani, N. Shinohara and K. Nagata, Control of Hot Spots for Continuous Microwave Iron Making -Effects of Ore-Carbon Mixture Rotations on Refractory and Pig Iron Production-, *International Journal of Materials Engineering and Technology*, 9, 119-134, 2013.

Hayashi, M., K. Takeda, K. Kashimura T. Watanabe and K. Nagata, Carbothermic Reduction of Hematite Powders by Microwave Heating, *ISIJ International*, 53, 1125-1130, 2013.

Oshida, K., M. Murata, K. Fujiwara, T. Itaya, T. Yanagisawa, K. Kimura, T. Nakazawa, Y. A. Kim, M. Endo, B.-H. Kim, K. S. Yang, Structural Analysis of Nano Structured Carbon by Transmission Electron Microscopy and Image Processing, *Applied Surface Science*, 275, 409-412, 2013.

Tsubaki, S., K. Oono, T. Ueda, A. Onda, K. Yanagisawa, T. Mitani, J. Azuma, Microwave-assisted Hydrolysis of Polysaccharides over Polyoxometalate Clusters. *Bioresource Technology*, 144, 67-73, 2013.

堀越智, マイクロ波照射光触媒による迅速水処理技, 静電気学会誌, 印刷中, 2014.

Horikoshi, S., N. Serpone, Role of Microwaves in Heterogeneous Catalytic Systems, *Catal. Sci. Technol.*, in press.

Horikoshi, S., N. Serpone, On the Influence of the Microwaves "Thermal and Non-thermal

Effects in Titania Photoassisted Reactions", *Catal. Today*, in press.

Horikoshi, S., Matsuzaki, S. Sakamoto, N. Serpone, Efficient Degassing of Dissolved Oxygen in Aqueous Media by Microwave Irradiation and the Effect of Microwaves on a Reaction Catalyzed by Wilkinson's Catalyst, *Radiation Phys. Chem.*, 97, 48-55, 2014.

Uesaka, A., M. Ueda, A. Makino, T. Imai, J. Sugiyama, S. Kimura, Morphology Control between Twisted Ribbon, Helical Ribbon, and Nanotube Self-Assemblies with His-Containing Helical Peptides in Response to pH Change, *Langmuir*, 30, 1022-1028, 2014.

Ueda, M., A. Makino, T. Imai, J. Sugiyama, S. Kimura, Versatile Peptide Rafts for Conjugate Morphologies by Self-assembling Amphiphilic Helical Peptides, *Polymer Journal*, 45, 509-515, 2013.

Tsubaki, S., M. Hiraoka, S. Hadano, H. Nishimura, K. Kashimura, T. Mitani, Functional Group Dependent Dielectric Properties of Sulfated Hydrocolloids Extracted from Green Macroalgal Biomass. *Carbohydrate Polymers*, 107, 192-197, 2014.

### 2.3 著書

Horikoshi, S., N. Serpone, (Eds. and Author), *Microwaves in Nanoparticle Synthesis – Fundamentals and Applications*, Wiley-VCH, Weinheim, Germany, 2013.

堀越智 (編著), 萩行正憲, 高野恵介, 田中拓男, 上田哲也, 図解 メタマテリアル, 第1および6章, 日刊工業新聞社, 2013.

堀越智 (編著), 滝澤博胤, 篠原真毅, マイクロ波化学, 三共出版, 2013.

堀越智, 技術シーズを活用した研究開発テーマの発掘, マイクロ波化学を活用した研究開発テーマの発掘, 技術情報協会, 第9章2節, 2013.

Horikoshi, S. and N. Serpone, *Photo-Electrochemistry & Photo-Biology for the Sustainability*, Chapter 4 (2013) (Editor: S. Kaneco), Union Publisher.

### 2.4 学位論文

島田武, セルロース類の構造化を利用した階層的多孔質炭素の調製, 筑波大学大学院数理物質科学研究科修士論文.

### 2.5 受賞

マイクロ波によるアスベスト無害化とダイオキシン発生, 環境研究総合推進費モデル事業選出, 行政刷新会議ワーキンググループ「新仕分け, (2013/ 11/ 16)」分 資料2/3

Sato, M., J. Fukushima, K. Kashimura, T. Mitani, K. Nagata, D. Agrawal, Thermodynamics on MW Processing with Non-Thermal Effects, 2GCMEA, Rustam Roy Award.

丸山沙織, 樽井淳, 王玉, 川本純, 栗原達夫, 低温菌 *Shewanella livingstonensis* Ac10 による金属還元機構の解析, 第14回極限環境微生物学会年会・ポスター発表賞受賞, 2013年10月26日.

鷺見卓也, 堀越智, 極性・非極性混合溶媒におけるマイクロ波加熱の特徴, 日本電磁波エネルギー応用学会・2013年度 JEMEA ベストペーパー賞優秀賞, 2013年9月2日.

鷺見卓也, 堀越智, マイクロ波加熱を利用したナノ粒子合成の特徴, 色材協会 2013 JSCM Most Accessed Paper/Review Award, 2014年2月26日.

## 2.6 テレビ、新聞、解説記事等

週刊環境循環新聞, 震災廃棄物をマイクロ波処理, 平成25年3月11日.

日本テレビ, 震災から2年、がれき処理の現状 (ズームイン!! サタデー), 平成25年3月1日.

榎村京一郎, 篠原真毅, マイクロ波による環境調和型金属精錬, ケミカルエンジニアリング, 2013年11月号.

榎村京一郎, マイクロ波加熱と材料プロセッシング, 金属, アグネ技術センター, 2013年8月号 特集.

## 2.7 特許

畑俊充, 5398775, 燃料電池用電極触媒, 特許登録, 2013年11月1日.

## 2.8 国際会議発表

Tsubaki, S., M. Hiraoka, T. Ueda, A. Onda, J. Azuma, Rapid hydrolysis of *Ulva* spp. by microwave irradiation with polyoxometalate cluster, 3rd International Conference on Algal Biomass, Biofuel & Bioproducts, Toronto, Canada, June, 2013.

## 3. 共同利用状況

ADAM は平成23年度後期から共同利用を開始し、15件の共同利用課題を採択し、24年度は18件、25年度は20件となった。

年度	17	18	19	20	21	22	23	24	25
採択課題数	-	-	-	-	-	-	15	18	20
共同利用者数**	-	-	-	-	-	-	86 学内 53 学外 33	101 学内 58 学外 43	101 学内 57 学外 44

\*\* 研究代表者および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

#### 4.1 専門委員会の構成

渡邊隆司（京都大学・生存圏研究所）  
福島和彦（名古屋大学・生命農学研究科）  
二川佳央（国士舘大・理工学部）  
飯尾英夫（大阪市大・理学研究科）  
松村竹子（ミネルバライトラボ）  
岸本崇生（富山県立大・工学部）  
木島正志（筑波大学・数理物質科学研究科）  
杉山淳司（京都大学・生存圏研究所）  
篠原真毅（京都大学・生存圏研究所）  
今井友也（京都大学・生存圏研究所）  
畑俊充（京都大学・生存圏研究所）  
三谷友彦（京都大学・生存圏研究所）

#### 4.2 専門委員会の開催状況

平成25年11月18日に第3回先進素材開発解析システム (ADAM) 共同利用専門委員会を開催した。



## 生存圏データベース全国国際共同利用専門委員会

委員長 塩谷 雅人（京都大学・生存圏研究所）

### 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、材鑑やさく葉標本の収集をはじめ、内外の大学、研究所、諸機関との材鑑交換を行なっている。現有材鑑数は19176個(223科、1166属、4260種)、永久プレパラート数は10210枚に上り、わが国では森林総合研究所に次ぐ第2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(425点)がある(図1(左))。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進めている。



図1: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(右):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。

2008年の改修により、管理室と見学スペースを分離すると同時に、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(図1(右))。現在は、法隆寺五重塔心柱、祇園祭船鉦車輪をはじめ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を保管するため小屋裏倉庫を設け、柱材や梁などの大型古材や文献・書籍などを収納している。

## 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を以下のような種々のデータベースの形態でこれまでに公開してきた。**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**：過去約 30 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(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文字情報、識別プレパラート画像と識別結果、また文献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。

これら以外に H23 年度より、所内外の研究者から以下のデータベースの提供を受けて公開している。**南極点基地オーロラ観測データ**：南極点基地で撮像したオーロラ全天画像のデータベース。**静止衛星雲頂高度プロダクト**：静止気象衛星の赤外輝度温度観測から推定した、雲頂高度および光学的厚さに関するデータベース。**アカシア大規模造林地気象データベース**：2005 年よりインドネシア南スマトラ島のアカシア大規模造林地で収集されている地上気象観測データ。さらに H25 年度にはアカシア EST データベースも公開予定である。

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





## 2. 共同利用研究の成果

### 2.1 代表的な研究成果

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を推進している。昨年度から公開した、北海道大学、東北大学、および京都大学のコレクションに加えて、今年度末には九州大学のコレクションを追加し、生存圏データベースサイトから全木材標本が検索可能となる予定である。また名古屋大学の材鑑情報約 300 点の整理が進められた。

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 5 年前から全国共同利用研究の一つとして実施している。今年度は上半期に大分県、下半期には秋田県米代川流域を中心とした地域で標本採集を行なった。学際的な雰囲気の中で、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を提供した。

生存圏データベース(電子版)：グローバル大気観測データ(GPV データ)を用い、日本周辺海域の海況を解析・予測するシステムが九州大学応用力学研究所において構築されている。

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での実地サンプリング・同定作業の体験プログラム。本年度は東本願寺の協力を得て、阿弥陀堂修復工事現場の見学を実施した。樹種同定を通して人と木とのか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している。

### 2.2 学術雑誌に公表された論文

Ohyama, M., H. Yonenobu, J.-N. Choi, W.-K. Park, M. Hanzawa, M. Suzuki, Reconstruction of northeast Asia spring temperature 1784-1990, *Climate of the Past*, 9, 261-266, doi:10.5194/cp-9-261-2013, 2013.

能城修一，南木睦彦，鈴木三男，千種 浩，丸山 潔，大阪湾北岸の縄文時代早期および中～晩期の森林植生とイチイガシの出現時期，*植生史研究*，22，57-67，2014.

## 3. 共同利用状況

平成 20 年度から 25 年度にかけての共同利用状況については、以下の通りである。

期間	平成 20 年度	平成 21 年度	平成 22 年度	平成 23 年度	平成 24 年度	平成 25 年度
材鑑調査室 採択課題数	18	18	16	17	16	15
材鑑調査室 共同利用者数	76	60	67 (学内 32 学外 35)	66 (学内 31 学外 35)	68 (学内 36 学外 32)	59 (学内 25 学外 34)
電子データベ ースへのアク セス	5, 328, 254 50, 065GB	6, 340, 066 197, 654GB	13, 890, 937 240, 608GB	49, 710, 485 163, 082GB	99, 726, 042 188, 735GB	64, 164, 023 218, 573GB

\* 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. 専門委員会の構成および開催状況（平成 25 年度）

##### 4.1 専門委員会の構成

高妻洋成（奈良文化財研究所）  
中島英彰（国立環境研究所）  
中村卓司（国立極地研究所）  
藤井智之（八ヶ岳中央農業実践大学校）  
船田良（東京農工大学・農学研究院）  
村田健史（情報通信研究機構）  
斎藤幸恵（東京大学・農学生命科学研究科）  
堀之内武（北海道大学 地球環境科学研究科）  
金南勲（江原大学/韓国）  
高部圭司（京都大学・農学研究科）  
塩谷雅人（京都大学・生存圏研究所）  
杉山淳司（京都大学・生存圏研究所）  
小嶋浩嗣（京都大学・生存圏研究所）  
橋口浩之（京都大学・生存圏研究所）

##### 4.2 専門委員会の開催状況

平成 25 年度の委員会は平成 26 年 2 月 18 日 10:00 から開催され、平成 25 年度の活動報告、平成 26 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なった。

#### 5. 特記事項

中国産木材解剖学大成：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おり、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情報の集大成に向けて活動を継続している。

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を推進した(図 2)。



図 2:新しい材鑑の大学間ネットワークページの立ち上げ。



## 生存圏学際萌芽研究センター

### 1. 活動の概要

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25年度は6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、平成25年度は理学研究科、工学研究科、農学研究科を含む19部局、計58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、平成25年度は、24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、平成25年度は16件を採択・実施した。さらに、平成21年度に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。現在進めている「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) バイオマス・物質変換のためのマイクロ波高度利用共同研究
- 3) バイオナノマテリアル共同研究

さらに、バイオマス由来物質、大気質および電磁場の生体影響などに関する学際萌芽的課題と、健康な木質居住環境の構築に焦点を当て、人の健康と安心・安全に資する独創的な研究を展開する“生存圏科学における新領域開拓”プロジェクトを立ち上げ、ミッション専攻研究員、国内外の共同研究者とともに研究を行っている。

また、共同研究集会として生存圏シンポジウムや定例オープンセミナーを開催し、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。本年度は研究所主導のシンポジウムを3件企画するとともに、生存圏科学研究に関するテーマについて全国の研究者が集中的に討議する生存圏シンポジウムを26件、公募により採択し、参加者の総数は2519名を数えている。

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。

## 2. センター構成員

### 運営会議委員

松井宏昭（独立行政法人 森林総合研究所）  
廣岡俊彦（九州大学・大学院理学研究院）  
高妻洋成（独立行政法人国立文化財機構 奈良文化財研究所埋蔵文化財センター）  
草野完也（名古屋大学・太陽地球環境研究所）  
青柳秀紀（筑波大学・大学院生命環境科学研究科）  
巽 大輔（九州大学・大学院農学研究院）  
船木一幸（宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所）  
斎藤幸恵（東京大学・大学院農学生命科学研究科）  
（センター長） 矢野浩之、（副所長） 渡邊隆司、  
（ミッション推進委員会委員長） 矢崎一史  
（ミッション代表） 塩谷雅人（副所長）、篠原真毅、山川 宏、矢野浩之（センター長）

### センター会議構成員

- ・ センター長 矢野浩之（兼任）
- ・ 所内教員 （学際萌芽研究分野：篠原真毅・吉村 剛・橋口浩之・畑 俊充・鈴木史朗  
国際共同研究分野：山本 衛、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（鈴木 遥、中宮賢樹、松原恵理、堀川祥生、稲飯洋一、山村正臣）

- ・ 学内研究担当教員 (兼任)
- ・ 学外研究協力者

#### 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。

### 3. 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

#### **稲飯洋一(塩谷雅人):大気微量成分観測に基づく対流圏成層圏大気輸送過程の評価**

地球温暖化・オゾンホールは、温室効果気体やオゾン破壊物質の人為的過剰放出が原因で生じている。これらの物質は人間活動に伴い多くは地表付近に排出され、上部対流圏へ輸送された後、赤道域に存在する対流圏-成層圏遷移層; 熱帯対流圏界層(Tropical Tropopause Layer (TTL)) を通過して、成層圏へと流入している。その後赤道域で上昇し、より高緯度の成層圏全体へと輸送される(Brewer-Dobson; B-D 循環)。地球環境変動問題を解決するためにはこの輸送過程の理解が不可欠であるが、その理解は不十分であり変動の将来予測に大きな不確定性を生んでいる。

本研究は、排出・吸収源が時空間的に偏在しながら地表付近に存在し長い化学的寿命を持つ二酸化炭素をトレーサーとして、大気輸送過程を評価するものである。成果として以下の事を見出した。

- ・ 下部対流圏における二酸化炭素濃度と大気輸送について：赤道東部太平洋の下部対流圏において観測された異なる二酸化炭素濃度を持つ空気塊について各々の移流経路を調査した。その結果、力学場から評価された空気の移流経路と二酸化炭素濃度の間に密接で整合的な関係がある事を見出した。

- ・ 上部対流圏における二酸化炭素変動について：地表付近の大気は対流活動により上部対流圏まで鉛直輸送される。この鉛直輸送に伴う二酸化炭素変動を調査するため、西部太平洋・アジア域上部対流圏における航空機観測データを解析した。その結果、対流活動が活発化/沈静化する期間においては下部・上部対流圏間の二酸化炭素濃度差が小さく/大きくなることが示された。

- ・ 熱帯成層圏における大気輸送・混合過程について：熱帯成層圏における大気微量成分現場観測データ、衛星観測データ、上部対流圏における航空機観測データを用いて、B-D 循環に伴い赤道域で上昇していく大気の大気二酸化炭素濃度変化を調査した。その結果、高い高

度すなわち成層圏へ流入してからの経過時間が長いほど、成層圏流入時に比べ二酸化炭素濃度が減少していることが示された。

### **中宮賢樹 (山川 宏):地球周辺の宇宙環境の積極的改善に向けた工学研究**

1957年のスプートニク1号の打ち上げ以来、人類は活動範囲を宇宙に広げて多くの人工衛星を打ち上げてきた。しかし、それと同時に、打ち上げで使用したロケット等の破片や運用を終了して地球の周囲を浮遊している人工衛星等の宇宙ゴミ（スペースデブリ）は増え続けており、2012年1月現在、地上からの観測でカタログ化（地球低軌道で10cm以上）されているだけでも16000個を超える。デブリは地球低軌道では約7 km/sの速度で移動しており、これらが運用中の人工衛星や国際宇宙ステーションなどに衝突すれば装置が壊れたり、乗員の生命に危険及ぼしたりする恐れがあり、宇宙開発を継続する上で国際問題となっている。

さらに各国のデブリ推移モデルにより、これ以上打ち上げを行わなくても、既に軌道上にあるデブリ同士が衝突することによって、デブリの数がどんどん増加してしまう自己増殖がすでに開始していると考えられており、実際、2009年にはアメリカ・ロシアの通信衛星同士が衝突する事件等が起きている。

従って、今後これ以上スペースデブリを発生させないように努力するだけでは不十分で、今既にあるスペースデブリを能動的に取り除く必要がある。ただ、デブリは地球低軌道などのいくつかの軌道にまとまって存在しているため、デブリ全てを除去する必要はなく、そのような軌道から年間5個程度の大型のデブリを除去し続けることでデブリが衝突する危険度を効果的に下げることができる。

能動的に地球近傍のスペースデブリを除去するには、例えば、デブリ除去衛星を打ち上げてデブリを捕獲し、軌道を変換してデブリを地球大気圏に突入させる方法が考えられる。しかし、従来から人工衛星で使われているガスジェットを使ってスペースデブリの軌道を変更させるには多量の推進剤が必要となる。そこで本研究では、地球周辺の宇宙環境を積極的に利用して、宇宙空間に存在するプラズマにより除去衛星を帯電させ、その帯電した衛星が地磁場を横切って得るローレンツ力を推力とすることで、推進剤無しにデブリの軌道変換を行う新しい手法について検討を行った。

### **堀川祥生(杉山淳司):「糖化されやすい」セルロースの化学構造特性と酵素との相互作用に関する研究**

化石燃料への過度な依存が資源の枯渇ならびに地球環境面に対して深刻な問題を引き起こし、さらに我が国では2011年に起こった未曾有の大災害により、社会供給されてきた電力の発電方法が見直されていることを受け、化石エネルギーに代わる安全且つ再生可能なエネルギーの創出が急務である。再生可能資源であるバイオマスは風力エネルギーや地熱エネルギーなどとは異なり、有機化合物の炭素供給源だけでなく液体燃料となりうること



が大きな特徴であるとともに非常に重要な点でもある。その一環として、我が国では食料と競合する穀物系バイオマスを避け、非可食バイオマス中のセルロースを有効活用するために環境負荷が小さい酵素法を選択して高効率エタノール生産の実現を目指している。しかしながら、酵素コストはバイオエタノールの全製造コストの中で大きなウェイトを占めており、酵素使用量の低減が重要な課題となっている。そのためには、バイオマスとセルラーゼミクスチャーとの相互作用解析の基盤として、「セルロース vs. 単一酵素」の関係を正確に理解する必要がある。

そこで、本ミッションでは①「酵素糖化されやすい」セルロースの化学構造特性の解明、②加水分解酵素の機能を正しく評価する新しい手法の提案、③新規分析方法のハイスループット化、という3つの課題を掲げた。課題①では、セルロースマイクロフィブリル上のどこに酵素が吸着し、分解しているのかを明らかにするため「セルラーゼとマイクロフィブリルの相互作用」の可視化に取り組んだ。課題②では、モデル基質を用いたこれまでの評価法とは異なり、実際のセルロースマイクロフィブリルに対する酵素活性評価法の確立を試みた。課題③では、課題②で提案した新規評価技術に関してスペクトロスコピーを用いた迅速かつ簡便な解析法の検討を行った。

#### **松原恵理(矢野浩之):木材の抽出成分による健康影響に関する評価研究**

木材（とくにスギ材）には優れた空気浄化機能があり、また内装仕上げによって抑うつや不眠などの症状改善が観察されている。そこで本研究では、木質環境とヒトの生理・心理応答の関係性に関する科学的データの蓄積を目的として、特に揮発性の高い成分の機能性に着目して研究を進めてきた。

まず、木質環境下でヒトの生理・心理応答解析を行った。スギを供試材料として用い、板目面に繊維直交方向に多数の溝(スリット)を等間隔に切削加工して木口を露出させた材を用いて内装パネルを作製して、供試空間内壁に施工した。供試空間は大学構内研究棟の実験室を使用し、同規格の隣室をスギ材無施工の対照とした。さらに、両実験室にパーティションを設置してスギ材の視覚的な影響を除いた。供試空間内のスギ材由来の揮発成分は、捕集管を用いて捕集し、GC-MS(ガスクロマトグラフ質量分析計)にて分析、成分同定および濃度の算出を行った。温湿度については、供試空間内に温湿度計を常置し記録した。生理・心理応答実験では、実験被験者に対して、スギ材室と対照室で各1回ずつ、計算作業に従事させた。生理応答は、心拍数や自律神経系指標、唾液中のホルモン濃度、酵素活性について解析した。実験前に心電図計測用電極を装着し、心拍数や自律神経系指標の変動を連続的に計測した。また、実験前・中・後の計三回に被験者から唾液検体を採取し、分析に供した。心理応答は、供試空間の印象を問う調査表を自作し、被験者に計算作業後に調査票を記入させて解析に供した。

本年度は、スギ材由来抽出成分の交感神経系への作用メカニズムを解明するために、新たな実験系も試みた。上記のヒト実験で用いた材料と同産地のスギ材を供試材料として用

い、破碎して粉末にして、水蒸気蒸留法にてスギ材精油を得た。実験には雄ラットを用い、スギ材精油を吸入させて、吸入時に起こる自律神経系活動の経時変化を記録、解析を行った。

**山村正臣(梅澤俊明):新規有用木質を産生する大型イネ科植物の作出に向けた基盤研究**

現在、バイオ燃料生産の原料として注目されている大型イネ科植物は、非可食性、環境適応性など様々な特徴を有しており、特筆すべきはそのバイオマス生産性の高さである。例えば、熱帯で栽培されているソルガムの年間生産量は新鮮重で 600t/ha (乾物重でおよそ 100t/ha) にも達し、熱帯早成樹の 10 倍以上のバイオマス量を生産する。また、日本においても西南日本ではエリアンサス、東北日本ではミスカンサス (ススキ) といった大型イネ科植物が栽培可能であり、乾物重で年間 20~50t/ha のバイオマスを生産可能である。したがって、この驚異的なバイオマス生産性を有効利用することが喫緊の課題である。

本研究では、細胞壁主要構成成分の 1 つであるリグニンの構造を形質転換によってより優良な構造へ改変し、その改変リグニンを大型イネ科植物に大量生産させることを最終目的としており、本年度はまず優良なりグニン構造を決定するための基盤情報を蓄積した。

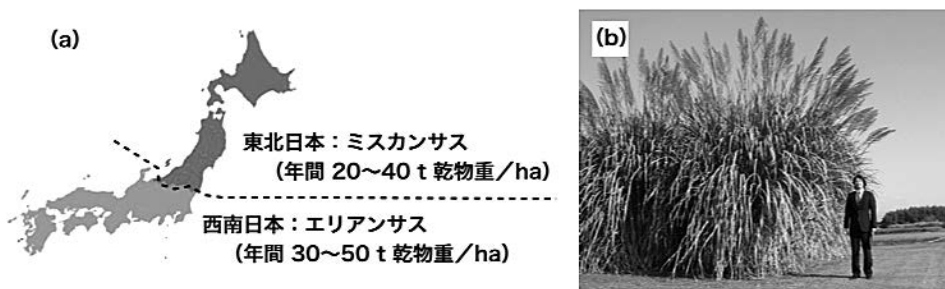


図 1 : 日本で栽培可能な代表的な大型イネ科植物  
 (a) 大型イネ科植物の栽培可能な地域と生産量、(b) エリアンサス (*Erianthus arundinaceus*) の写真

**4. 平成 25 年度 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
文学研究科・文学部	准教授	伊勢田 哲治	環境科学における科学知とローカル知の協同
理学研究科・理学部	教授	余田 成男	赤道域大気変動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

理学研究科・理学部	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	准教授	須崎 純一	マイクロ波リモートセンシングによる都市域モニタリング
農学研究科・農学部	教授	木村 恒久	セルロースの機能化に関する研究
	教授	阪井 康能	植物由来揮発性化合物を介した生物間相互作用の研究
	教授	谷 誠	森林利用の水資源に及ぼす影響
	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
	教授	藤井 義久	木材の生物劣化の非破壊診断技術開発
	教授	本田 与一	バイオマスの循環メカニズムの解明と利用
	教授	高野 俊幸	林産物由来の有用抽出成分の提案に関する研究
	教授	北島 薫	熱帯林動態の機能的形質を利用した解析
	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 <sub>2</sub> 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
	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
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
	教授	佐川 尚	光合成型エネルギー変換
	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	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	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	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
	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
地球環境学堂	教授	柴田 昌三	竹資源の有効活用の促進
化学研究所	教授	中村 正治	化学資源活用型の有機合成化学の開拓
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
	教授	片平 正人	NMR 法を用いた木質バイオマスの活用の研究
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	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
	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

防災研究所	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	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
ウイルス研究所	教授	藤田 尚志	木竹酢液の抗口蹄疫ウイルス活性の研究
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
	准教授	甲山 治	泥炭湿地における大規模植林が周辺環境に与える影響評価
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	荒井 修亮	バイオロギングによる水圏生物の生態解明
	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
アフリカ地域研究資料センター	教授	重田 眞義	アフリカにおける在来有用植物資源の持続的利用

## 5. 平成 25 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
1	阿部 賢太郎 (京都大学・生存圏研究所・助教)	木化は樹木を支えるか: 樹木細胞壁モデルの力学特性	西村 裕志	
2	石倉 由紀子 (地方独立行政法人 北海道立総合研究機構 森林研究本部・林産試験場 ・研究主任)	樹木の木部の構造改質による材料開発 ー 力学的性質の異なる樹木から力学的性能の均一な材料へー	阿部 賢太郎	地方独立行政法人 北海道立総合研究機構 森林研究本部・林産試験場
3	伊藤 雅之 (京都大学・東南アジア研究所・助教)	熱帯泥炭湿地の炭素循環解明のための溶存有機物の構造解析の活用	西村 裕志 甲山 治 Kok-Boon Neoh	京都大学東南アジア研究所
4	伊福 伸介 (鳥取大学・工学研究科・准教授)	高強度キチンナノファイバー多孔体を用いた骨再生用足場材料の開発	阿部 賢太郎 矢野 浩之 井澤 浩則	鳥取大学工学研究科

5	小川 拓水 (大阪府立大学・ 生命環境科学研究科 ・助教)	シロイヌナズナとエンドファイト の共培養液中に存在する植物 根系発達因子の構造決定	梅澤 俊明 太田 大策 岡澤 敦司	大阪府立大学生命環境科学研究科
6	尾崎 光紀 (金沢大学・理工研究域 ・助教)	VLF 帯ホイストラモード波を対象 としたサーチコイル磁力計の電 流検出型 CMOS プリアンプ開発	小嶋 浩嗣 八木谷 聡	金沢大学理工研究域
7	肥塚 崇男 (京都大学・化学研究所 ・助教)	揮発性フェニルプロパノイド生 体防御物質の生理活性評価と 生産系の構築	鈴木 史朗 柘植 知彦 梅澤 俊明	京都大学化学研究所
8	齋藤 享 (電子航法研究所 ・主幹研究員)	赤道大気レーダーと GPS 受信 機群を用いた VHF レーダーによ るプラズマバブル検出の衛星航 法補強システムに対する効果 の検証	山本 衛 吉原 貴之 大塚 雄一	電子航法研究所 名古屋大学太陽地球環境研究所
9	榊原 圭太 (京都大学・化学研究所 ・助教)	複合セルロースナノファイバー ネットワークを基材とした創エネ ルギー材料の開発	阿部 賢太郎 辻井 敬巨	京都大学化学研究所
10	鈴木 臣 (名古屋大学・ 太陽地球環境研究所 ・特任助教)	低廉大気光カメラの開発～超高 層大気波動のイメージングネッ トワークの飛躍的拡充をめざし て～	山本 衛	名古屋大学太陽地球環境研究所
11	高橋 征司 (東北大学・工学研究科 ・准教授)	イソフラボンダイナミクスの解明 と環境親和性が高く持続的な植 物有用物質生産系への応用	中山 亨 杉山 暁史 矢崎 一史	東北大学工学研究科
12	徳田 陽明 (京都大学・化学研究所 ・准教授)	マイクロバブルを用いた酸化物 ナノ粒子の合成	上田 義勝 横尾 俊信	京都大学化学研究所
13	古本 淳一 (京都大学・生存圏研究所 ・助教)	局地的極端気象予測を目指し たスケラブルな数値予報クラ ウド・アプリケーション	櫻井 溪太 橋口 浩之 東 邦昭 山本 衛	日本気象株式会社
14	三宅 洋平 (神戸大学・ システム情報学研究科 ・特命助教)	宇宙圏における高エネルギープ ロトン粒子生成機構ならびに低 軌道衛星用次世代推進装置に 関する超並列プラズマ粒子シミ ュレーション研究	大村 善治 小路 真史	神戸大学システム情報学研究科 宇宙航空研究開発機構宇宙科学 研究所
15	柳川 綾 (京都大学・生存圏研究所 ・助教)	ハエ目による病気媒介根絶を 目指した昆虫知覚システムの解 明に向けての基礎的研究	Frederic Marion-Poll Alexandra Guigue 吉村 剛 畑 俊充	フランス国立科学研究所 フランス国立農業研究所
16	山本 真之 (京都大学・生存圏研究所 ・助教)	ウィンドプロファイラーレーダー 用ソフトウェア受信機の高機能 化	川村 誠治 中城 智之 GAN Tong 橋口 浩之	情報通信研究機構電磁波計測研 究所 福井工業大学

## 生存圏科学萌芽研究 成果の概要

### (1) 木化は樹木を支えるか: 樹木細胞壁モデルの力学特性

#### 1. 研究組織

代表者氏名：阿部賢太郎（京都大学・生存圏研究所）

共同研究者：西村裕志（京都大学・生存圏研究所）

#### 2. 研究概要

樹木細胞壁中でリグニンが重合・堆積することを「木化」といい、この木化が樹木の巨体を支える上で重要な役割を果たしていると考えられている。木化による細胞壁の疎水化は樹木の水分通導に寄与し、また細胞壁の物性も向上する。さらに、セルロースやその他の多糖類によって構築されたネットワーク内部にリグニンが充填することにより、細胞壁は強固な繊維強化複合体構造を形成する。その他、木化は繊維細胞同士の強固な接着や、樹木を支持するために不可欠なもう一つの要因である表面成長応力の発生にも寄与していると言われる。いずれにせよ、樹木の自重支持および姿勢保持には文字通り「木化」が極めて重要な現象となる。しかし、樹木細胞壁への木化の力学的寄与を調べることは難しい。例えば、樹木細胞壁からリグニンを化学的に除去することにより、その前後の細胞壁物性を測定するという手段も考えられるが、微小な細胞壁の力学試験は容易ではない。

本研究では、木化が樹木細胞壁に及ぼす力学的な影響を考察するため、木材から単離した幅 4–15 nm のセルロースマイクロフィブリル（束）から作製したゲルを合成リグニンの足場（scaffold）として用い、木化前後のゲルの力学特性の変化を調べた。マイクロフィブリルゲルの使用により、力学試験に対して十分な寸法および強度を有する試料の作製が可能となる。また、木化の程度を、重量増加および電子顕微鏡等による直接観察から推察できるため、リグニン構造と細胞壁物性との関係に関して有用な知見が得られる。

### (2) 樹木の木部の構造改質による材料開発 — 力学的性質の異なる樹木から力学的性能の均一な材料へ —

#### 1. 研究組織

代表者氏名：石倉由紀子（北海道立総合研究機構森林研究本部林産試験場）

共同研究者：阿部賢太郎（京都大学・生存圏研究所）

#### 2. 研究概要

樹木は、地球上に豊富に存在する再生可能な資源であり、古くから木材やパルプ原料として広く使用されている。しかし、樹木は、樹種や生育環境によって、多様な木部の構造を形成するため、形成される木部の力学的性質は、様々に異なる。そのため、樹木から得られる、我々の生活で使用する木材等の「材料」には「力学的性能のばらつき」が生じることが多い。

本研究では、木材等の材料の「力学的性能の違い」に寄与する「樹木の木部の階層構造の違い」を、物理的・化学的な処理等により、段階的に取り除き、木部の構造を均一な構

造に近づけることで、力学的性質の異なる樹木から、より性能の均一な材料を得る条件を見出すことを目的とする。さらに、階層構造の違いを取り除く各過程の木部の構造変化から、木部の力学的性質や材料性能の違いに寄与する木部の構造をより明確にすることで、樹木が形成する木部の構造と性質についての理解を深め、樹木由来の材料の信頼性の向上、さらには、森林資源の適切な利用を目指す。

### **(3) 熱帯泥炭湿地の炭素循環解明のための溶存有機物の構造解析の活用**

#### **1. 研究組織**

代表者氏名：伊藤雅之（京都大学・東南アジア研究所）

共同研究者：西村裕志（京都大学・生存圏研究所）、

甲山 治（京都大学・東南アジア研究所）、

Kok-Boon Neoh（京都大学・東南アジア研究所）

#### **2. 研究概要**

インドネシアを中心に東南アジアに広く分布する熱帯泥炭湿地を対象として、溶存有機物の質と量についての調査を行った。特に、近年急速な攪乱が進む泥炭湿地について、元来の湿地林と人為的な伐採・火災を経験した土壌における水質の違いに着目し、各種溶存物質濃度を経時的に観測した。熱帯泥炭地には、全球レベルで見ても膨大な量の炭素が特に土壌炭素として蓄えられており、地下水中にも溶存態の有機炭素（Dissolved Organic Carbon; DOC）の形で存在し、その流出は河川や下流の海洋の炭素動態にも影響する。本研究では、地下水や排水路の水などの水質観測に加えて、2次元核磁気共鳴（2D-NMR）法を用いて、熱帯泥炭地に溶存する有機物の構造を分子・官能基単位で包括的に解析することで、火災など人為的な活動がDOCの質にどのような影響を及ぼしているかについて検討している。

### **(4) 高強度キチンナノファイバー多孔体を用いた骨再生用足場材料の開発**

#### **1. 研究組織**

代表者氏名：伊福伸介（鳥取大学・工学研究科）

共同研究者：阿部賢太郎（京都大学・生存圏研究所）、

矢野浩之（京都大学・生存圏研究所）、

井澤浩則（鳥取大学・工学研究科）

#### **2. 研究概要**

当研究室で開発したキチンナノファイバーは生体内で炎症反応を惹起しない、生分解性、繊維芽細胞の増殖などの特徴がある。一方、骨を再生する足場には、骨組織との親和性および骨欠損部を支持するための強度が要求される。骨の成分として知られるハイドロキシアパタイトは生体適合性を有し、骨組織との親和性にも優れる点で有効であるが、単体では強度が低い。本研究ではキチンナノファイバーとアパタイトを複合した骨再生材料製造

を検討した。その手段として、①アパタイトをキチンNF表面に析出させるミネラルイオン法、②カニ殻に含まれる炭酸カルシウムをアパタイトに変換するイオン交換法を適用した。成形性と操作性に優れ、骨欠損部の足場として治癒するまで保持し、良好な生体親和性を持つ高性能・高機能の新素材としての利用が期待される。

## (5) シロイヌナズナとエンドファイトの共培養液中に存在する植物根系発達因子の構造決定

### 1. 研究組織

代表者氏名：小川拓水（大阪府立大学・生命環境科学研究科）

共同研究者：梅澤俊明（京都大学・生存圏研究所）、

太田大策（大阪府立大学・生命環境科学研

究科）、岡澤敦司（大阪府立大学・生命環境科学研究科）

### 2. 研究概要

エンドファイト（共生菌）は着生した宿主植物に生育促進効果やストレス耐性をもたらす農業生産上有用な生物資源である。本研究では、植物と共生菌の互惠関係成立の分子機序の一端の解明を目指し、両者間の物理的接触に非依存的な低分子化合物を介した相互作用に関する知見を得ることを目的とした。独自に開発した隔離共培養系を用いることで、植物と共生菌の共培養液中に宿主植物の発根促進と防御応答を誘導する低分子化合物が存在することを見出した。現在、これらの活性因子の単離・精製を進めている。これらの生理活性因子の構造決定と作用機序の解明は、共生菌と植物の互惠関係成立の初期過程における新規知見を与える。

## (6) VLF 帯ホイラモード波を対象としたサーチコイル磁力計の電流検出型 CMOS プリアンプ開発

### 1. 研究組織

代表者氏名：尾崎光紀（金沢大学・理工研究域）

共同研究者：小嶋浩嗣（京都大学・生存圏研究所）、八木谷聡（金沢大学・理工研究域）

### 2. 研究概要

科学衛星によるプラズマ波動観測は1990年代の一地点観測から2000年代に入り多点観測が主流になりつつある。これに伴い、観測性能は維持しながら、超小型かつ超低消費電力で同じ特性のデバイスを大量に開発する技術は、科学計測器の開発研究分野において技術革新の時期を迎えている。これに対し、本研究は集積回路の強みである同じ特性のものを大量に製作できる利点を活かし、生存圏の一部である地球磁気圏におけるプラズマ波動観測器の誘導磁界センサ（ループアンテナやサーチコイル）用多チャンネル CMOS プリアンプをアナログ ASIC により実現した。開発した CMOS プリアンプは、磁界 3 成分と予備入力を備えた 4ch 入力分を 5 mm×5 mm チップ内に収めた。電氣的性能は、60 kHz で最小磁界検出感度  $100 \text{ fT}/\sqrt{\text{Hz}}$  を示し、従来品と同等の磁界検出感度を実現しながら、消費電力は従来品と比べ 80% の低減に成功した。



### **(7) 揮発性フェニルプロパノイド生体防御物質の生理活性評価と生産系の構築**

#### **1. 研究組織**

代表者氏名：肥塚崇男（京都大学・化学研究所）

共同研究者：鈴木史朗（京都大学・生存圏研究所）、柘植知彦（京都大学・化学研究所）、梅澤俊明（京都大学・生存圏研究所）

#### **2. 研究概要**

植物が生産する揮発性のフェニルプロパノイド香気物質は、耐虫性や耐病性など植物防御戦略の一つとして植物が利用するだけでなく、植物の周りの生態系を構成する多様な生物種のための情報伝達の役割を担う。さらに、フェニルプロパノイド香気物質を含む植物精油は、多彩な生理活性を示すだけでなく、薬効成分としても利用されるためヒトの疾病治療や健康維持につながる重要な生体防御物質と呼ぶことができる。本研究では多様なフェニルプロパノイド香気物質の化学構造の違いが生物活性にどのように影響するか明らかにするとともに、天然よりも優れた生理活性を有する新規フェニルプロパノイド香気物質の創製に向けた情報基盤の構築を行った。

### **(8) 赤道大気レーダーと GPS 受信機群を用いた VHF レーダーによるプラズマバブル検出の衛星航法補強システムに対する効果の検証**

#### **1. 研究組織**

代表者氏名：齋藤 享（電子航法研究所）

共同研究者：吉原貴之（電子航法研究所）、大塚雄一（名古屋大学・太陽地球環境研究所）、山本 衛（京都大学・生存圏研究所）

#### **2. 研究概要**

磁気低緯度地域において衛星航法をより高度に利用するため、プラズマバブルに伴う電離圏全電子数の局所的な変動を検出し影響を排除する必要がある。これまでは、電離圏異常の監視をシステム内で完結させることが重視されてきたが、より高度な利用のために VHF 帯の後方散乱レーダーを用いた多ビーム観測によるプラズマバブル検出を提案する。赤道大気レーダーと、赤道大気レーダー周辺及びバンコクに設置した GNSS 受信機群を用いた観測を行い、VHF レーダーを用いたプラズマバブル検出による測位誤差低減効果を実証する。

### **(9) 複合セルロースナノファイバーネットワークを基材とした創エネルギー材料の開発**

#### **1. 研究組織**

代表者氏名：榊原圭太（京都大学・化学研究所）

共同研究者：阿部賢太郎（京都大学・生存圏研究所）、辻井敬亘（京都大学・化学研究所）

#### **2. 研究概要**

近年、太陽電池や燃料電池などの創エネルギー材料やリチウムイオン電池などの蓄エネ

ルギー材料の高性能化が活発に研究されている。とりわけ太陽電池は昨今のエネルギー問題や環境問題を解決し得る重要なデバイスの一つと言える。大幅なコストダウンの可能性を秘めた次世代型太陽電池の候補として、有機半導体を用いて作製される有機薄膜太陽電池がある。現在主流のバルクヘテロ型太陽電池は p 型および n 型有機半導体をそれぞれ混合して薄膜化して作製されており、軽量・フレキシビリティ・デザインの自由度が大きいことから、太陽電池の新たな応用分野につながると期待されている。その障害となるのは、無機太陽電池と比較して光電変換効率 ( $\eta$ ) が低い点であるが、近年、有機半導体の分子設計を最適化することで理想的なバルクヘテロ相分離構造が作製され、 $\eta=10\%$ 以上が達成されている。しかし、その光活性層はわずか 100nm と薄いため、十分に太陽光を吸収できておらず、また、耐久性の低さは大きな課題である。このような背景の下、本研究では、我々が取り組んできた複合 CNF ネットワーク構造に有機半導体を導入することを試みた。

## (10) 低廉大気光カメラの開発 ～超高層大気波動のイメージングネットワークの飛躍的拡充をめざして～

### 1. 研究組織

代表者氏名： 鈴木 臣 (名古屋大学・太陽地球環境研究所)

共同研究者： 山本 衛 (京都大学・生存圏研究所)

### 2. 研究概要

大気重力波は下層大気の大気擾乱によって発生し、超高層大気の下端である中間圏・下部熱圏 (MLT: 80~120 km) へ運動量やエネルギーを運ぶ。近年の大気光イメージャによる観測により、MLT 大気重力波活動の全球的な描像が得られつつある。しかしながら、1台の大気光イメージャでは観測視野が水平方向 500 km×500 km 程度であるため、大気重力波の構造や伝搬の広がりに関する議論は限定的である。

本研究では、将来広い緯度帯を同時に観測することができる多地点大気光イメージング観測体制を構築することを目標に、低価格の大気光観測システムを開発した。大気光に比べて数百倍明るいオーロラ観測では、すでに民生品の安価なカメラによる高時間分解能観測が行われ始めている。通常、大気光カメラ一式の価格はおよそ 1000 万円であるが、本研究ではオーロラ観測システムを大気光観測に応用し、一式の価格を 20 万円程度に抑えた大気光観測用 (OH 大気光: 発光高度 85 km) の低廉カメラシステムを構築した。これにより、これまでより極めて低価格なネットワーク観測体制の構築が可能となり、大気重力波の水平伝搬特性や大気上下結合研究が飛躍的に進む可能性がある。

カメラは、ワテック社製 WAT-910HX/RC に魚眼レンズ YV2.2X1.4A-2 (FUJINON) および OH 大気光用の近赤外ロングパスフィルタ (Edmund 62987) を取り付けた。画像はビデオエンコーダ (Axis M7001) を介してパソコンに取り込まれる。カメラの作成および動作テストを名古屋大学太陽地球環境研究所の光学実験室にて行った。その後、ノル

ウェー・トロムソ (69.6°N, 19.2°E) の EISCAT レーダーサイトにおいて 2014 年 2 月 20 日より 1 週間程度のテスト観測を行なった。同サイトには、名古屋大学太陽地球環境研究所が運用している大気光イメージャ (OMTI) が設置されている。本研究で開発した大気光カメラと OMTI の画像データを比較することで、開発したカメラの性能評価とした。

## (11) イソフラボンダイナミクスの解明と環境親和性が高く持続的な植物有用物質生産系への応用

### 1. 研究組織

代表者氏名：高橋征司 (東北大学・工学研究科)

共同研究者：中山 亨 (東北大学・工学研究科)、杉山暁史 (京都大学・生存圏研究所)、  
矢崎一史 (京都大学・生存圏研究所)

### 2. 研究概要

イソフラボンにはマメ科植物に豊富に含まれ、共生的窒素固定を行う根粒菌に対しては誘引分子として、また、植物病原菌に対しては抗菌物質として機能することから、実用作物であるダイズにおけるイソフラボン代謝制御機構の解明と代謝工学への応用は、食糧生産や生理活性成分生産などに貢献する非常に重要な課題である。イソフラボンの多くは配糖化・アシル化された修飾型として液胞内に蓄積されているが、それがイソフラボンを介した植物-微生物間相互作用にどのような様に寄与しているのか不明であった。本研究では、ダイズの根からのイソフラボン放出を詳細に分析するとともに、培養細胞系を用いて細胞内のイソフラボン動態を解析することで、イソフラボン輸送機構の実体解明を目的とした。ダイズの根からの分泌イソフラボンの分析から、微量のマロニル配糖体も検出されたことから、修飾型イソフラボンの細胞外への輸送が示された。細胞レベルでの解析系構築のため、ダイズの子葉由来の懸濁培養細胞系とその形質転換方法の確立に成功した。この培養細胞は根組織と比較しイソフラボン蓄積量が 1/3 程度であったが、植物組織と類似のイソフラボン代謝応答を示した。また、フラボノイドアグリコンに特異的に結合する蛍光分子である DPBA でこの細胞を染色し、細胞質においてシグナルを検出することができた。本研究で確立されたダイズ培養細胞とその形質転換法は、細胞内のイソフラボン動態をリアルタイムイメージングで解析する有用なツールとなる。

## (12) マイクロバブルを用いた酸化物ナノ粒子の合成

### 1. 研究組織

代表者氏名：徳田陽明 (京都大学・化学研究所)

共同研究者：上田義勝 (京都大学・生存圏研究所)、横尾俊信 (京都大学・化学研究所)

### 2. 研究概要

物質のサイズをナノメートルオーダーにすることによって、従来では達成しえなかった性能が得られるため、ナノ粒子に注目が集まっている。そのため、ナノ粒子の作製法を見出すことは、重要な研究テーマであり、これまでも種々のプロセスが提案されてきた。

その結果、作製プロセスとナノ粒子の粒径や結晶形との相関があることが明らかとなった。新しい合成プロセスの考案は、新しいナノ粒子、未だ知られていない機能を生み出す可能性がある。

マイクロバブルを用いる反応は、水溶液系で行うため、本質的に低温プロセスであり、環境負荷が小さい。また、マイクロバブルの実体は空気であるため、ナノ粒子の生成後には、不純物として残存しないという特長を有する。マイクロバブルを適用可能な系、結晶性が向上するメカニズム、最適な反応条件を決めるべく、酸化亜鉛ナノ粒子の合成を試みた。

本研究では、マイクロバブルを含む水を水溶液合成における溶媒（水）として用いた。電子顕微鏡観察によって針状の結晶が収率良く生成できることを見出した。ナノバブルと水との間の気液界面が不均一核として働くため、多数の結晶子が生成し、溶液中の  $Zn^{2+}$  の濃度が減少し、結晶成長が抑制されると考えた。

マイクロバブルを水溶液合成に用いることは容易であるため、今後様々な合成に適用可能だと期待される。

### (13) 局地的極端気象予測を目指したスケーラブルな数値予報クラウド・アプリケーション

#### 1. 研究組織

代表者氏名：古本淳一（京都大学・生存圏研究所）

共同研究者：櫻井溪太（日本気象株式会社）、橋口浩之（京都大学・生存圏研究所）、東邦昭（京都大学・生存圏研究所）、山本衛（京都大学・生存圏研究所）

#### 2. 研究概要

近年の地球環境変化により災害をもたらすような極端気象現象の頻度は増加しており、今後も増加の可能性が予測されている。こうした極端気象は現象のスケールが小さく寿命も短いことから予測が難しく、最先端の研究開発が進められている。この精密な予測には現象を解像できる最先端の観測技術開発と高精細シミュレーションが極めて重要である。

起伏や地表面状態の多様性に富む我が国では、地形の影響を受けて発生する災害の頻発地域が全国に散在している。豪雨、突風など安全・安心を脅かす災害の種類は地域によっても異なる。さらに頻発域内でも発生に偏在性があることも知られようになってきた。局地災害の微細構造を全国を対象にした広範囲の気象予報モデルで解像することは、膨大な計算機能力を必要とするため非現実的である。このため領域を区切った子モデルを作成し、親モデルの結果を利用して詳細なシミュレーションを行う手法が有効である。

本研究では大気観測、数値シミュレーションと最先端の ICT 技術を融合させて、発展の極めて著しい「クラウド」技術に着目し、クラウド上の計算機やストレージ資源を活用して、必要な時に必要なだけ資源を利用し災害の蓋然性が高い時期、場所に限定した高精細数値予報モデルを走らせることが出来るクラウド・アプリケーションを構築した。

#### (14) 宇宙圏における高エネルギープロトン粒子生成機構ならびに低軌道衛星用次世代推進装置に関する超並列プラズマ粒子シミュレーション研究

##### 1. 研究組織

代表者氏名：三宅洋平（神戸大学・システム情報学研究科）

共同研究者：大村善治（京都大学・生存圏研究所）、

小路真史（宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所）

##### 2. 研究概要

本研究は、ジオ・スペースプラズマ環境に関する理工学問題について、超並列化された大規模シミュレーションによって取り組むことを目的とする。理学的な問題として、電磁イオンサイクロトロン(EMIC)トリガード放射と呼ばれる、周波数上昇を伴う自然波動放射現象について取り扱った。内部磁気圏において、磁気嵐時に強く生じるイオンの温度異方性によって自発的に発生する EMIC トリガード放射を、磁気赤道付近を模擬した 1 次元リアルスケールシミュレーションによって自己無頓着に再現し、波動励起に重要な 2 種の共鳴電流がシミュレーション中で交互に現れている様子を示し、それぞれが波動の非線形成長、周波数上昇を支えていることを明らかにした。さらに、パラメータ解析によって、EMIC 波動のスペクトルが外部磁場勾配によって大きく変化することを明らかとした。これは、衛星観測において観測される、数々の EMIC 波動スペクトルが、非線形波動放射によって形成されている可能性を示唆している。また、波動のコヒーレンシーの差によって、粒子の散乱・加速効率が大きく異なることを示した。一方、工学的観点からは、大気抵抗の補償が重要となる低軌道衛星のための次世代推進器として、実用化が期待される大気吸入型イオンエンジンに着目した。軌道上の原子状酸素を吸入し、放電室内で電離・加速することでイオンルームを形成する。本研究では放電室内での電子サイクロトロン共鳴（以下 ECR）による種電子加速過程と、加速された種電子と中性粒子の衝突・電離に基づくイオン生成過程に焦点をあて、大規模全粒子シミュレーション解析を実施した。

#### (15) ハエ目による病気媒介根絶を目指した昆虫知覚システムの解明に向けての基礎的研究

##### 1. 研究組織

代表者氏名：柳川綾（京都大学・生存圏研究所）

共同研究者：Frederic Marion-Poll（フランス国立科学研究所）、Alexandra Guigue（フランス国立農業研究所）、吉村剛（京都大学・生存圏研究所）、畑俊充（京都大学・生存圏研究所）

##### 2. 研究概要

地球上でもっとも多様性の豊かな昆虫と微生物間の相互関係を知ることは、昆虫による感染症媒介の防止という点だけではなく、生態系を理解し人類の持続的な存続を目指す上で重要である。また、昆虫の生体防御行動の解明は、微生物農薬による効果的な害虫管理の確立にも重要である。

そこで、キイロショウジョウバエ *Drosophila melanogaster* を用いて、本種が汚染源に接触した際に行う衛生行動の仕組みを解明することを目的に研究を行った。大腸菌 *Escherichia coli* をモデル生息環境中微生物とし、昆虫の知覚としては、味覚に焦点を置いて研究を進めた。研究成果として、衛生行動誘導において、ショウジョウバエ翅上の味覚感覚毛が他の部位に比べて早期にその機能を確立させることを明らかにし、突然変異個体を用いた機械感覚器の関与の検討、さらに Gal4-UAS システムを利用した水受容感覚器の衛生行動誘導における役割を調査した。合わせて、共焦点顕微鏡を用いて、ショウジョウバエ翅上に発現する味覚関連遺伝子の調査も行った。以上の研究により、ショウジョウバエの翅上味覚受容細胞が、衛生行動の誘導において重要な役割を果たしていることを認めた。

## (16) ウィンドプロファイラーレーダー用ソフトウェア受信機の高機能化

### 1. 研究組織

代表者氏名：山本真之（京都大学・生存圏研究所）

共同研究者：川村誠治（情報通信研究機構電磁波計測研究所）、中城智之（福井工業大学・電気電子情報工学科）、GAN Tong（京都大学・情報学研究科）、橋口浩之（京都大学・生存圏研究所）

### 2. 研究概要

2012年に、1.3GHz帯ウィンドプロファイラー（WPR）であるLQ-7におけるレンジイメージング機能付加を目的としたWPR用受信機が開発された。WPR用受信機はEttus Research社製の汎用ソフトウェア無線機（通称USRP）と信号処理用パソコン（PC）で構成されるため、安価であるのみならず汎用プログラミング言語であるC++を用いた柔軟なリアルタイム信号処理の実装が可能な特長を備える。しかし、現在のWPR用受信機は、送信トリガ信号を用いた受信信号のサンプリングができない欠点がある。

本研究は、LQ-7用に開発したWPR用に対する以下の機能付加を行うことを目的としている。1) 送信トリガ信号を用いた受信信号サンプリングを実現することで、赤道レーダー等の他の大気レーダーに受信機を付加できる汎用性を確保する。2) 動的にクラッタ（地面から等の不要信号）を抑圧するアダプティブクラッタ抑圧や、角度分解能を向上するコヒーレントイメージングに必要となるマルチチャンネル受信を実現する。

研究実施を通じ、WPR用受信機の高機能化を実現する十分な見通しを得た。1)に関し、パルス波形をUSRPでそのまま取得できるドーターボード（LFRX）を使用し、さらにレーダーから出力される送信トリガ信号をUSRPに入力するためのインターフェースを作成することで、送信トリガ信号を受信サンプルに使用できる見通しを得た。2)に関し、C++を用いたプログラムコードを作成することで、複数台のUSRPを同期する方法を確立した。WPRの実データ取得にも成功した。

6. 平成 25 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	伊藤 嘉昭 (京都大学化学研究所・ 准教授)	酸性度が大きく異なる土壌に 生育するスギ・ヒノキの養分状 態と酸性ストレス状態の解明	福島 整 山下 満 矢崎 一史 杉山 暁史 谷川 東子 平野 恭弘	京都大学・化学研究所 物質材料研究機構 独立行政法人森林総合研 究所 兵庫県立工業技術センター 名古屋大学・環境学研究科	1
2	上野 悟 (京都大学理学研究所・ 助教)	1926年から44年間にわたる 太陽活動 CaIIK 画像データベ ースの整備と太陽活動長期変 動の研究	津田 敏隆 北井 礼三郎 金田 直樹 浅井 歩 渡邊 皓子 磯部 洋明 新堀 淳樹 羽田 裕子	京都大学・理学研究科 京都大学・宇宙総合学研 究ユニット 京都大学・学際融合教育研 究推進センター	3
3	梅澤 俊明 (京都大学生存圏研究所・ 教授)	熱帯バイオマス植物の持続的 生産と利用の応用展開	矢崎 一史 杉山 暁史 鈴木 史朗 山村 正臣 柴田 大輔 三位 正洋 我有 満 上床 修弘	かずさDNA研究所 千葉大学・環境健康フィー ルド科学センター 九州沖縄農業研究センター	1,2,4
4	笠羽 康正 (東北大学理学研究科・ 教授)	宇宙圏電磁環境計測用高度 プラズマ波動・電波観測シ ステムの開発	小嶋 浩嗣 熊本 篤志 石坂 圭吾	東北大学理学研究科 富山県立大学・工学部	3
5	川井 秀一 (京都大学総合生存学館・ 特定教授)	スギ木ロスリット材の吸放湿 機能の向上に関する技術開 発	古田 裕三 矢野 浩之 古谷 真理子 三好 由華 桐生 智明	京都府立大学・生命環境科 学研究科	4
6	木村 彰孝 (長崎大学教育学部・ 助教)	木質空間の意匠の質の違い がヒトの心身に与える作用の 解明	梅村 研二 仲村 匡司	京都大学・農学研究科	4
7	久世 宏明 (千葉大学・環境リモート センシング研究センター・ 教授)	複数のリモートセンシング機 器を用いた大気汚染物質の 動態把握に関する研究	矢吹 正教 眞子 直弘 齊藤 隼人	千葉大学・環境リモートセン シング研究センター 千葉大学・融合科学研究科	1

8	小嶋 浩嗣 (京都大学・生存圏研究所・ 准教授)	小型電磁波センサーノードに よるセンサーネットワークの開 発	八木谷 聡	金沢大学・理工研究域	1,3
9	児玉 安正 (弘前大学・理工学研究科・ 准教授)	原子力施設における物質移 流拡散予測のためのウインド プロファイラーによる大気安定 層観測	石田 祐宣 橋口 浩之 古本 淳一 佐々木 耕一	弘前大学・理工学研究科 日本原燃(株) 環境管理セン ター	1
10	小林 祥子 (立命館アジア太平洋大学・ 助教)	多偏波合成開口レーダの偏 波散乱解析による熱帯早生 樹の森林バイオマス推定	大村 善治 川井 秀一 Ragil Widyorini Bambang Supriadi	京都大学・総合生存学館 立命館アジア太平洋大学 Gajamda Univ Musi Hutan Persada	1,3
11	小司 禎教 (気象研究所 気象衛星・観測システム 研究部・室長)	精密衛星測位を用いた日本 列島における水蒸気場の長 期変動解析	津田 敏隆 佐藤 一敏 古屋 智秋	気象研究所 京都大学・学際融合教育研 究推進センター 国土地理院	1
12	津田 敏隆 (京都大学・生存圏研究所・ 教授)	SCOSTEP 国際共同研究プロ ジェクト:CAWSES の推進	Nat Gopalswamy F.-J. Luebken Marianna Shepherd Joe Davila	SCOSTEP (NASA/GSFC, US) SCOSTEP (IAP, Germany) SCOSTEP (York-U, Canada) CAWSES (NASA/GSFC, US)	1,3
13	中城 智之 (福井工業大学・ 電気電子情報工学科・ 准教授)	局地循環に伴う小スケール大 気乱流の生成機構解明	山本 真之 橋口 浩之	福井工業・大学電気電子情 報工学科	1
14	二瓶 直登 (東京大学・ 農学生命科学研究科・ 准教授)	福島県下の農用地における 放射性物質の分布調査とダイ ズの放射性セシウムの移行 状況の研究	上田 義勝 徳田 陽明 杉山 暁史 伊藤 嘉昭	東京大学・農学生命科学研 究科 京都大学・化学研究所	1
15	橋口 浩之 (京都大学・生存圏研究所・ 准教授)	ウインドプロファイラ観測に基 づく航空安全運航のための乱 気流検出・予測技術の開発	足立 アホロ 梶原 佑介 工藤 敦 星野 俊介 川村 誠治 山本 真之	気象庁気象研究所 情報通信研究機構	1



16	長谷部 文雄 (北海道大学・ 地球環境科学研究所・ 教授)	ATTREX と連携した熱帯対流 圏層脱水過程の研究	塩谷 雅人 藤原 正智 林 政彦 西 憲敬 柴田 隆 宮崎 和幸 荻野 慎也 鈴木 順子	北海道大学・地球環境科学 研究所 福岡大学・理学部 名古屋大学・環境学研究科 海洋研究開発機構	1
17	畑 俊充 (京都大学・生存圏研究所・ 講師)	木質系 DLC 被膜による低軌 道宇宙環境耐性の向上	田川 雅人 小嶋 浩嗣 梶本 武志	神戸大学・工学研究科 和歌山県工業技術センター	3.4
18	本間 千晶 (北海道立総合研究機構 林産試験場・主査)	化石資源代替材料創製に向 けた木質バイオマスの急速熱 分解条件の最適化	渡辺 隆司 畑 俊充	北海道立総合研究機構林 産試験場	2.4
19	松田 陽介 (三重大学・生物資源学研究 科・准教授)	海岸林に生育する菌根菌の 耐塩性機構の解明	高梨 功次郎 矢崎 一史 谷川 東子	三重大学・生物資源学研究 科 森林総合研究所	1
20	松村 康生 (京都大学・農学研究科・ 教授)	生体高分子ナノファイバーの 食品機能の解明	松宮 健太郎 矢野 浩之 谷 史人 阿部 賢太郎	京都大学・農学研究科	4
21	松本 淳 (首都大学東京・都市環境科学 研究科・教授)	首都圏の雷雨を伴う対流性降 水システムに関する統合観測 研究	濱田 純一 橋口 浩之 高橋 洋 山下 幸三	首都大学東京・都市環境科 学研究科 サレジオ工業高等専門学校 電気工学科	1
22	山川 宏 (京都大学・生存圏研究所・ 教授)	スペースデブリの観測・除去 に関する研究	山本 衛 河本 聡美 中宮 賢樹 赤司 陽介 星 賢人 河原 敦人	宇宙航空研究開発機構 京都大学・工学研究科	1,3
23	吉村 剛 (京都大学・生存圏研究所・ 教授)	熱帯アカシア人工林における シロアリおよび木材腐朽菌類 の多様性評価	竹松 葉子 本田 与一 築瀬 佳之 土居 修一 小野 和子 Himmi Setiawan 平田 一紘	山口大学・農学部 京都大学・農学研究科	1,2,4
24	渡辺 隆司 (京都大学・生存圏研究所・ 教授)	バイオマス高度利用のための 新規リグニン・糖間結合分解 酵素に関する国際共同研究	西村 裕志 片平 正人 井口 亮 Gunnar Westman Lisbeth Olsson Hampus Sunner Filip Nylander	京都大学・エネルギー理工 学研究所 Chalmers 工科大学化学生 物工学科	2.4

## 生存圏ミッション研究 成果の概要

### (1) 酸性度が大きく異なる土壤に生育するスギ・ヒノキの養分状態と酸性ストレス状態の解明

#### 1. 研究組織

代表者氏名：伊藤嘉昭（京都大学・化学研究所）

共同研究者：福島 整（物質材料研究機構）、山下 満（兵庫県立工業技術センター）、矢崎一史（京都大学・生存圏研究所）、杉山暁史（京都大学・生存圏研究所）、谷川東子（独立行政法人森林総合研究所）、平野恭弘（名古屋大学・環境学研究科）

#### 2. 研究概要

イオウ酸化物や窒素酸化物など大気から負荷される酸性物質は、生物にとって栄養である塩基類や、生物に有害なアルミニウム（Al）を溶出させる作用がある。このため過剰な酸性物質の供給により、土壤は酸性化し貧栄養になる。欧米の先行研究では、土壤の酸性化とその植生への影響を数値化し、森林生態系間で比較したり樹木衰退リスクを判断したりするために、様々な指標が提案されている。Ca が Al 毒性を緩和させる効果をもつことから考案された葉や根の Ca/Al モル比は、葉 12.5、根 0.2 を下回ると深刻な成長低下が起こる可能性があるとされている。ただし日本の植物は酸に対する耐性が強いと考えられており、この指標の閾値が正しく判定基準になるのかは疑問である。また Ca/Al 比の有用性は実験的には確認されているものの野外での実証データは現在のところみあたらない。森林総合研究所では、1990 年代に全国 20 km x 20 km に 1 箇所割合で採取された 1034 点の森林土壤を、日本の森林土壤を塩基類含量と交換性 Al 含量の 2 指標により、4 段階の酸性度に分類している（Takahashi et al., 2001, *Water, Air, and Soil Pollution* **130**: 727–732）。この研究に基づき、スギ、ヒノキ林で樹齢や立木密度などが近い森林を、最も土壤酸性度の低いグループ (I) および最も酸性度の高い土壤のグループ (IV) から抽出した。これらの葉や根の Ca/Al モル比は枯死兆候がない樹木であっても閾値を下回っている個体が存在するとの仮説を導き、これを検証した。秋に根を 5 反復と葉を 3 反復で採取し、乾燥粉碎した試料のアルミニウム含量、カルシウム含量を蛍光 X 線分析法で測定した。当日はこれらの試料の Ca/Al 比を土壤の酸性度の異なるグループ間、樹種間で比較した結果を発表する。

### (2) 1926 年から 44 年間にわたる太陽活動 CaIIK 画像データベースの整備と太陽活動長期変動の研究

#### 1. 研究組織

代表者氏名：上野 悟（京都大学・理学研究所）

共同研究者：津田敏隆（京都大学・生存圏研究所）、北井礼三郎（京都大学・理学研究科）、金田直樹（京都大学・理学研究科）、浅井 歩（京都大学・宇宙総合学研究所）、渡邊皓子（京都大学・宇宙総合学研究所）、磯部洋明（京都

大学・学際融合教育研究推進センター)、新堀淳樹(京都大学・生存圏研究所)、  
羽田裕子(京都大学・理学研究科)

## 2. 研究概要

京都大学理学研究科附属天文台では、太陽彩層の全面観測を1926年以降継続してきた。長期にわたって太陽活動・彩層活動をこのような長い期間観測したものは世界的にも稀であり、貴重な一級の資料であるため、我々はこれを活用するための作業を行なって来ている。オリジナル資料である写真乾板は、既に90年近く経過してその劣化が進みつつあったため、昨年度までの期間でこれらをまずは全てデジタル化すると共に、添付されていた紙の資料に記載されている情報を独自フォーマットでメタデータ化した。

今年度の具体的な作業としては、(1) まずはデジタル化したそのままの画像データを公開するシステムを整備し、(2) 更にデジタル画像データを科学的解析に迅速に適用できるよう整形した上で、それらも併せて公開。(3) 一方で各デジタル画像毎のメタデータを世界的に汎用性の高いフォーマットに変換し、IUGONET 検索システムに登録。(4) これらのデータを用いて太陽紫外線放射量のプロキシ指標を導出、等の推進を目標とした。

本データセットは直接的には太陽活動・太陽彩層活動を把握する基礎資料であるが、彩層活動は太陽からの紫外線放射の指標となるものであり、地球上層大気への紫外線放射及び地球上層大気加熱問題にとって重要な観測的境界条件を与えるものである。我々のプロジェクトの最終目的は、この太陽活動周期4サイクルにわたる太陽-地球環境の変遷を明らかにする事であり、生存圏科学にとって重要で基礎的な資料となるものと考えられる。本研究は、その基礎となるデータ整備とキーとなる物理量の導出を行うものである。

### (3) 熱帯バイオマス植物の持続的生産と利用の応用展開

#### 1. 研究組織

代表者氏名：梅澤俊明(京都大学・生存圏研究所)

共同研究者：矢崎一史(京都大学・生存圏研究所)、杉山暁史(京都大学・生存圏研究所)、  
鈴木史朗(京都大学・生存圏研究所)、山村正臣(京都大学・生存圏研究所)、  
柴田大輔(かずさDNA研究所)、三位正洋(千葉大学・環境健康フィールド

科学センター)、我有 満(九州沖縄農業研究センター)、上床修弘(九州沖縄  
農業研究センター)

#### 2. 研究概要

木質は再生可能バイオマス資源の内最も蓄積量が多く、今後人類が持続的に生存を続けるうえで必須の再生可能バイオマス資源である。そこで、木質の持続的生産・利用を経済的に成り立たせるために、代謝工学に基づく木質の高付加価値化や劣等な生育条件での高成長性の付与等が産業界から強く求められている。本研究では、過去数年間にわたり継続してきた研究で確立された熱帯産業造林樹種の分子育種基盤を用いた実用樹木の代謝工学

による育種を展開するとともに樹木の数倍のバイオマス生産性を有するイネ科熱帯バイオマス植物の持続的生産に関する基盤情報を蓄積した。

#### (4) 宇宙圏電磁環境計測用高度プラズマ波動・電波観測システムの開発

##### 1. 研究組織

代表者氏名：笠羽康正（東北大学・理学研究科）

共同研究者：小嶋浩嗣（京都大学・生存圏研究所）、熊本篤志（東北大学・理学研究科）、石坂圭吾（富山県立大学・工学部）

##### 2. 研究概要

太陽系宇宙空間には、太陽大気が流出した太陽風プラズマ、惑星大気の上層部が太陽紫外線などで電離した惑星プラズマが存在しているが、それらの大部分は基本的に無衝突状態にあり、kinetic なエネルギーはプラズマ波動を介して授受される。そのため、プラズマ波動を観測することは、宇宙プラズマ中で発生している素過程を理解する上で非常に重要である。プラズマ波動は、非常に低周波の MHD スケールの波動から、光速のモードにつながる高周波の波動まで存在するが、これらを衛星に搭載して観測する「プラズマ波動観測装置」は、広い周波数範囲に加え、広いダイナミックレンジも必要となる。特に非常に微小なレベルのプラズマ波動まで捉える必要があるため、プラズマ波動観測器のノイズレベルは非常に重要である。プラズマ波動観測器の感度とノイズとの関係を考える場合、自分自身のプリアンプのノイズ、および、外来から入ってくる人工ノイズを考える必要がある。プリアンプのノイズは低ノイズアンプの実現で達成される一方、外来からの人工ノイズについては、その放射ノイズの軽減、即ち、電磁適合性の問題へと帰着される。本研究では、プラズマ波動観測器の性能を高めるために、この両者へのアプローチを行っている。本年度は、まず、前者では衛星観測に利用する低ノイズプリアンプを開発した。その際、より広いダイナミックレンジを実現するために、ゲイン切換機能をつけたが、それは通常のアンプゲインの切換ではなく、センサーとしてのアンテナ容量との分割回路の切換を用意することによって、アンプの安定性を損なうことなく実現している。後者では衛星で利用できる電源回路の電磁適合性とその対策について、実際に計測を行いながら評価・解析を行った。その中で common mode ノイズを軽減させる configuration を決定した。

#### (5) スギ木ロスリット材の吸放湿機能の向上に関する技術開発

##### 1. 研究組織

代表者氏名：川井秀一（京都大学・総合生存学館）

共同研究者：古田裕三（京都府立大学・生命環境科学研究科）、矢野浩之（京都大学・生存圏研究所）、古谷真理子（京都府立大学・生命環境科学研究科）、三好由華（京都府立大学・生命環境科学研究科）、桐生智明（京都府立大学・生命環境科学研究科）

## 2. 研究概要

我が国では林業・木材業界の活性化や、木材自給率の向上を目的として、「公共建築物等における木材利用促進法」が施行され、国が率先して木材の利用・普及を図っている。これに関連した研究の1つとして、木材の吸放湿性能に着目した研究が近年活発に行われている。その中で木材の木口面の吸放湿特性を利用し、スギ板目面に溝を施した調湿材料（以下、スギスリット材）が開発され、実用化に至っている。スギスリット材については実際に板目面材より吸放湿性能が向上することが示され、実大空間においても効果が発揮されるということが示されている。しかしながら、スギスリット材の吸放湿性能の向上は、溝加工によって現れる木口断面によるものだと考えられているものの、その最適製造条件や環境の異なる空間を制御するための技術構築は依然行われていない。そこで、本技術開発では、①スギスリット材および各種検討用試料の吸放湿量の測定を行い、②スギスリット材の吸放湿性能に影響を及ぼす因子（スリットの深さや乾燥温度）を検討し、①、②の比較・検討をすることで制御技術の基礎の一部を構築するとともに、吸放湿性能の発現メカニズムについて検討・考察を行った。

## (6) 木質空間の意匠の質の違いがヒトの心身に与える作用の解明

### 1. 研究組織

代表者氏名：木村彰孝（長崎大学・教育学部）

共同研究者：梅村研二（京都大学・生存圏研究所）、仲村匡司（京都大学・農学研究科）

### 2. 研究概要

内装への木材使用を進めるに際し、単に木材を沢山使うことを優先する量的発想に陥ってしまった場合、視覚刺激量の過多により本来は感性的に好まれている材料である木材を使用した場合でも、ヒトに対して心理的な不快感や生体へ悪影響を与えることが懸念される。このような状態を防ぐためには、木質空間の意匠の質を考慮した内装への木材の導入が必要であり、これを実現するためには、木質空間の意匠の質について実大内装を用いることでより客観的に調べる必要がある。

そこで本研究では、木質空間における視覚刺激の物理量を画像解析により定量化し、それとヒトの反応との対応について検証する。加えて、軸材と面材を併用した実大空間が心身に与える作用を心理・生理指標により評価する。これにより、木質空間の意匠の質の客観的な評価を行うことで、居住者に適した木質内装デザインを科学的根拠に基づいて提案することを目指す。

## (7) 複数のリモートセンシング機器を用いた大気汚染物質の動態把握に関する研究

### 1. 研究組織

代表者氏名：久世宏明（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：矢吹正教（京都大学・生存圏研究所）、眞子直弘（千葉大学・環境リモートセ

ンシング研究センター)、齊藤隼人(千葉大学・融合科学研究科)

## 2. 研究概要

本研究では、微量物質や気象要素の情報を抽出する複数のリモートセンシング・直接計測を組み合わせた観測の有用性を評価し、大気汚染物質の動態把握に適用することを目的とする。京大生存圏研究所信楽 MU 観測所に、千葉大学環境リモートセンシング研究センターが開発を進めるライダーや放射計測器を持ち込み、京大が所有する大気計測システムとの同期計測を実施した。観測期間は、越境する汚染粒子の飛来時期と重なり、汚染大気を構成するエアロゾルの光学特性の変化を複眼的に捉えることができる。また、エアロゾル特性の変化と、気温、水蒸気、風向風速の時空間分布との対応を考察した。

### (8) 小型電磁波センサーノードによるセンサーネットワークの開発

#### 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：八木谷聡(金沢大学・理工研究域)

#### 2. 研究概要

地上においても宇宙空間においても、多点でのあるパラメータのモニターということは、そこにおかれた環境の空間的な変化をダイナミックに捉えるという意味において非常に重要である。本研究では電磁波を多点で計測する機能をもつ小型のセンサーノードを開発する。小型センサーノード一つ一つは、電磁波をピックアップする小型のセンサーに加え、ピックアップした信号の帯域を制限し増幅する小型の受信器および、それらをデジタル化して処理するデジタル処理部、および、データを送信受信する小型無線装置をもつ。小型センサー、および、小型の受信器については本年度までに別途開発を行ってきており、それを踏まえて、本研究課題において本年度は次の開発項目に取り組んだ。[1]センサーノード全体の電力をまかなう電源部のリチウムイオン化とその安定化回路のインプリメント、[2]センサーノードで計測したデータを伝送するための小型無線装置をセンサーノード筐体内に収めることのできる形での実現、[3]データの処理、および、センサーノードの機能を制御するための CPU 上で動作するソフトウェアの開発、である。[1]では従来ニッケル水素系の充電電池で動作させていたセンサーノードをリチウムイオン化し、軽量化をはかった。充電制御チップを内蔵させることによって、ロケットなど打ち上げ装置に搭載した形で、充電が可能な状態にした。[2]では、2cm 角程度の無線基板の利用を実現した。そしてそこに搭載されている無線器に対してデータを伝送して別のセンサーノードに無線伝送するシステムを実現した。また、その距離特性についても調査し、伝送できるスピードと距離との関係について実績を積んだ。[3]については、小型の CPU の理由を決定し、その上で動作させるソフトウェアを開発した。小型の CPU はシリアルインターフェースで[2]の小型無線器と接続され、また、すでに開発済みの小型受信器のデータを CPU 経由で小型無線器に計測データをわたして送信するシステムを確立した。これらは 2014 年度に予定されて

いるロケット実験を用いた宇宙空間実証実験として利用される。

## **(9) 原子力施設における物質移流拡散予測のためのウィンドプロファイラーによる大気安定層観測**

### **1. 研究組織**

代表者氏名：児玉安正（弘前大学・理工学研究科）

共同研究者：石田祐宣（弘前大学・理工学研究科）、橋口浩之（京都大学・生存圏研究所）、古本淳一（京都大学・生存圏研究所）、佐々木耕一（日本原燃(株)環境管理センター）

### **2. 研究概要**

青森県六ヶ所村には原子燃料サイクル施設があり、再処理工場の稼働後には、気体状放射性物質が主排気筒より放出される。六ヶ所村では、夏に背の低い冷涼な偏東風であるヤマセがしばしば観測される。ヤマセはその上端に強い安定層（地表面から離れた安定層であり、上層安定層と呼ぶ）を伴う特徴があり、これが再処理工場の主排気筒のすぐ上に出現すると、放出された放射性物質の上方への拡散が安定層により妨げられ、通常と比較して地上の濃度が増加する可能性がある。

我々は京都大学生存基盤科学研究ユニットのサイト型機動研究(H22-23年度)により、平成22年10月にウィンドプロファイラーを太平洋岸の青森県六ヶ所村環境科学技術研究所に移設し、連続観測を開始した。ウィンドプロファイラーでは、時間分解能1分・高度分解能100mで鉛直流を含む風速3成分の高度プロファイルを連続観測することが可能である。24年3月に騒音問題の恐れがない六ヶ所村内の日本原燃(株)再処理事業部構内にウィンドプロファイラーを移設し、RASS(電波音波併用法)による風・気温プロファイルの連続観測を開始した。本研究では、原子力施設で十分なモニタリングがなされていなかった上層安定層に着目し、その実用的な観測手段として有望なウィンドプロファイラーにより、大気境界層の長期継続観測を行い、上層安定層の出現特性を調べることを目的としている。残念ながら、機器トラブルにより年度途中でウィンドプロファイラー観測が休止したが、7月にGPSラジオゾンデによる特別集中観測を実施し、気圧・気温・水蒸気・風向・風速の高度プロファイルを得た。7月20～21日に観測されたヤマセは層厚が薄く、ヤマセの衰退過程を捉えていたことが分かった。2011年、2012年におけるラジオゾンデ観測データも同時に解析し、六ヶ所村における陸上のヤマセの共通する特徴として、ヤマセ層の上方に弱風層が形成されることを見出した。また、年々の相違点についても明らかにした。陸上におけるヤマセの実態解明には、今後も観測を継続し、多くの事例を集めることが重要である。

## **(10) 多偏波合成開口レーダの偏波散乱解析による熱帯早生樹の森林バイオマス推定**

### **1. 研究組織**

代表者氏名：小林祥子（立命館アジア太平洋大学・アジア太平洋学部）

共同研究者：大村善治（京都大学・生存圏研究所）、川井秀一（京都大学・総合生存学館）、  
Ragil Widyorini（Gajamda Univ.）、Bambang Supriadi（Musi Hutan Persada）

## 2. 研究概要

Nowadays, remote satellite sensing technology offers substantial benefit to earth observations. Particularly in cases where persistent presence of clouds makes continuous monitoring by optical sensor unfeasible, advantage can be taken from microwave radar satellite image which are a more powerful tool performing earth's observations in all weather conditions. In this study, we used multi-year polarimetric quad-pol synthetic aperture radar (SAR) datasets in order to obtain a concrete relationship between field-measured forest parameters (diameter of trunk, tree height, forest stand volume) and polarimetric SAR data in industrial plantations with fast-growing trees in Sumatra, Indonesia. In addition, we attempted to examine changes of the polarimetric decomposition power through three years from 2007 and 2010 for understanding backscattering mechanisms from the acacia forests. The tracking analysis especially provided new information about the backscattering behaviors that depend on the forest layer structure. This study had shed some new light on above ground biomass or tree trunk volume estimates by taking advantage of information from polarimetric SAR information.

### (11) 精密衛星測位を用いた日本列島における水蒸気場の長期変動解析

#### 1. 研究組織

代表者氏名：小司禎教（気象研究所気象衛星・観測システム研究部）

共同研究者：津田敏隆（京都大学・生存圏研究所）、佐藤一敏（京都大学・学際融合教育研究推進センター）、古屋智秋（国土地理院）

#### 2. 研究概要

本課題では、衛星測地学の最新の知見を利用し、1994年以後の国土地理院のGNSS観測網(GEONET: GNSS Earth Observation Network)、及びIGS観測網データの再解析を実施する。高層ゾンデ観測との長期比較を実施し、高層ゾンデ及びGNSSの機種に依存する特性の評価を行う。また、国土地理院の解析結果(F3解)との比較を行い、解析手法に依存した誤差の特徴も考察する。得られたデータを用い、日本列島における長期的な水蒸気変動を考察する。

### (12) SCOSTEP 国際共同研究プロジェクト:CAWSES の推進

#### 1. 研究組織

代表者氏名：津田敏隆（京都大学・生存圏研究所）

共同研究者：Nat Gopalswamy（SCOSTEP (NASA/GSFC, US)）、F.-J. Luebken（SCOSTEP (IAP, Germany)）、Marianna Shepherd（SCOSTEP (York-U, Canada)）、Joe Davila（CAWSES (NASA/GSFC, US)）



## 2. 研究概要

我々の生存環境は太陽放射エネルギーを主な駆動源として維持されている。生存圏は必然的に太陽活動の長・短周期変動の影響を受け、同時に自然界に内在する多様な変動を含んでいるが、特に、本課題では宇宙圏および大気圏における太陽地球系科学 (STP: Solar Terrestrial Physics) に関する諸課題を対象とする。

太陽エネルギーは太陽放射 (紫外・可視・赤外光) と高速プラズマ流である太陽風で構成される。太陽放射は赤道で最大となるが、太陽放射で加熱された地表面が熱源となって大気擾乱を起こし、その擾乱が波となって伝わることでエネルギーが上方に輸送される。一方、太陽風に起因する電磁エネルギーは、地球磁場の磁力線を通じて北極と南極に集中する。極域でも擾乱が起これ、太陽エネルギーの一部は、下向きおよび低緯度方向に伝わる。

国際科学連合 (ICSU) 傘下の太陽地球系科学委員会 (SCOSTEP; Scientific Committee for Solar-Terrestrial Physics) は、太陽エネルギーが地球に入力される過程とそれに対する地球の反応、つまり、太陽地球系の結合過程を研究対象としている。SCOSTEP は 2004-2013 年の 10 年にわたって、国際共同研究プロジェクトである「太陽・地球系の気候と天気、CAWSES: Climate and Weather of the Sun-Earth System」を推進している。CAWSES では、太陽の長期・短期変動特性、ならびにそれらを起動力として地球大気圏・電磁気圏 (Geospace) に生起する様々な時間・空間スケールの現象について、地上・衛星観測、理論・数値モデル、データ解析などにより総合的に研究を推進することを目指している。

### (13) 局地循環に伴う小スケール大気乱流の生成機構解明

#### 1. 研究組織

代表者氏名：中城智之 (福井工業大学・電気電子情報工学科)

共同研究者：山本真之 (京都大学・生存圏研究所)、橋口浩之 (京都大学・生存圏研究所)

#### 2. 研究概要

福井県嶺北地方の沿岸域に設置された 1.3GHz ウィンドプロファイラレーダー (以下、福井工業大学 WPR) を用い、豪雨に関連する局地循環の実態解明、特に積乱雲の発生に関与する上昇流に着目して長期間の連続観測を実施した。データ解析では、直線距離 24km の近距離に位置する同型のレーダーである気象庁 WINDAS 福井局および MTSAT による雲画像との比較検討を行い、豪雨時の積乱雲システムに関連する上昇流の水平スケールが 24km より小さく、近接した WPR の観測が豪雨の発生予測に有用である可能性を示した。また、レンジイメージングの初期観測を実施し、福井工業大学 WPR でレンジイメージング観測が可能であることを確認すると同時に、ソフトウェア無線 USRP を用いた新しい観測システムを付加し、上昇流の生成機構解明に寄与する新しい観測を可能とする体制を整えた。

## (14) 福島県下の農用地における放射性物質の分布調査とダイズの放射性セシウムの移行状況の研究

### 1. 研究組織

代表者氏名：二瓶直登（東京大学・農学生命科学研究科）

共同研究者：上田義勝（京都大学・生存圏研究所）、徳田陽明（京都大学・化学研究所）、  
杉山暁史（京都大学・生存圏研究所）、伊藤嘉昭（京都大学・化学研究所）

### 2. 研究概要

全国有数の農業県である福島県で福島第一原子力発電所事故が起こり、食の安心・安全といった生存圏を脅かす状況となっている。主食であるイネに関しては、原発事故後、詳細な検討が進められているが、ダイズでは、イネほど詳細な研究は進んでいない。また、ダイズの養分吸収は根粒菌から窒素を得るなど、イネと異なる特徴があるが、共生する菌が放射性 Cs 吸収にどのように関与しているかはほとんど研究されていない。原発事故で汚染された地域の農業の復旧・復興に努め、食料の安定供給に寄与するため、福島県農用地の放射性物質の分布調査を行いつつ、ポットやほ場試験を行い、他作物と比べたダイズの放射性 Cs 吸収特性や、吸収移行経過について解明する。

ほ場内の放射性 Cs 分布は、最小値と最大値で約 2.5 倍差があり、ほ場内でも分布が非常に不均一であることが明らかとなった。また、数種の作物（イネ、オオムギ、ソバ、ダイズ）の幼植物間の移行係数を比較したところ、これまで福島県が行っているモニタリング結果と同様に、ソバ、ダイズが他作物より高いことが確認された。さらに、ダイズの放射性 Cs の吸収経過等を検討するため、福島県飯舘村（放射性 Cs11000Bq/kg）でダイズを栽培したところ、地上部の放射性 Cs 濃度は、開花期以降減少することが分かった。最大繁茂期（9月中旬）の部位別の放射性 Cs 濃度は、地上部では葉≒葉柄>茎となり、地下部では側根≒根粒>主根であった。この時期の地上部への移行係数は、根粒が多いほど低くなる傾向がみられた。しかし、子実の放射性 Cs 濃度は、菌と共生しないダイズでも通常ダイズと同様となり、共生菌がどの程度放射性 Cs 吸収に関与しているかは判然としなかった。また、子実の放射性 Cs 分布は、イネのような片寄りはなく子葉内に均一であることを明らかにした。

## (15) ウィンドプロファイラ観測に基づく航空安全運航のための乱気流検出・予測技術の開発

### 1. 研究組織

代表者氏名：橋口浩之（京都大学・生存圏研究所）

共同研究者：足立アホロ（気象庁気象研究所）、梶原佑介（気象庁気象研究所）、工藤 敦（気象庁気象研究所）、星野俊介（気象庁気象研究所）、川村誠治（情報通信研究機）、山本真之（京都大学・生存圏研究所）

## 2. 研究概要

航空機の運航に重大な支障をもたらす要因の中でも大気中の乱気流は、機体の改良・改善で対処しうるものではなく、基本的には回避するしか方法がない。国土交通省運輸安全委員会報告によると、最近の大型機での事故のうち半数以上が乱気流が原因である。現状では乱気流の観測データはパイロットからの機上気象報告(PIREP)のみであるが、PIREPにはパイロットの主観も入り、かつ常時ある地点・高度を観測できるものではない。一方、各種の乱気流予測技術は、PIREPデータに基づいて開発されており、それゆえ、その予測精度にもまだ改善の余地がある。そこで、我々は、鉄道・運輸機構の「運輸分野における基礎的研究推進制度」により「航空安全運航のための次世代ウィンドプロファイラによる乱気流検出・予測技術の開発」(平成23～24年度)の課題を実施してきた。高度10km程度までの観測を可能とする、次世代の中型ウィンドプロファイラ(WPR)を開発し、レンジイメージング技術により高度分解能を向上させることにも成功した。本課題では、中型WPRの長期連続観測を継続し、乱気流の検出・予測に関する検討をさらに進めた。レンジイメージングの取得データ自動処理システムを構築し、連続観測した。クイックルックデータは準リアルタイムでNICTのホームページにて公開されている。気象庁の現業用WPR(WINDAS)の観測データを利用し、スペクトル幅を利用した乱気流検出技術を開発・検証した。補正スペクトル幅及びそれから算出した乱流エネルギー消散率について、それぞれ値が大きいほど強い乱気流が起きており、特に下層では乱流エネルギー消散率が、中層より上空では補正スペクトル幅が乱気流の指標として精度が高いことが分かった。また、中型WPR及びフライトデータの解析から、乱気流がWPR付近で通報された事例において、KH波の碎波やKH波の微細構造に伴う短時間の鉛直流変動がWPRのスペクトル幅を増大させるとともに、航空機に揺れを生じさせている証左が得られた。

### (16) ATTREXと連携した熱帯対流圏界層脱水過程の研究

#### 1. 研究組織

代表者氏名：長谷部文雄（北海道大学・地球環境科学研究院）

共同研究者：塩谷雅人（京都大学・生存圏研究所）、藤原正智（北海道大学・地球環境科学研究院）、林 政彦（福岡大学理学部）、西 憲敬（福岡大学・理学部）、柴田 隆（名古屋大学・環境学研究科）、宮崎和幸（海洋研究開発機構）、荻野慎也（海洋研究開発機構）、鈴木順子（海洋研究開発機構）

#### 2. 研究概要

成層圏の乾燥状態は、低温の熱帯対流圏界層(TTL)を大気が通過する際に受ける脱水により理解されるが、そのメカニズムには未解明な点が多く残されている。本研究では、2014年1-2月に熱帯西部太平洋域で実施される大規模航空機観測ATTREX/CONTRAST/CASTと同期したゾンデ観測をLAPAN(インドネシア)と共同で実施し、地球規模の気候変動に大きな影響を与える成層圏水蒸気変調過程に関する理解を深める。なお、観測はLAPAN-RISH間の協定に基づきBiakを拠点として実施され、LAPAN

の若手研究者育成にも貢献する。

TTL 内脱水過程の観測には、中部・西部太平洋上空の TTL 内低温域を水平移流しながら非断熱加熱によりゆっくりと上昇する大気を捉える必要がある。その空間スケールの大きさから、航空機が強力な観測手段であることは間違いないが、検証データの取得のみならず、鉛直分布の時間発展の記述という観点からも、地上からのゾンデ観測は重要である。ゾンデ観測には CFH 水蒸気ゾンデと ECC オゾンゾンデを用いるが、今回は予算的・日程的制約から雲粒子計数器(OPC)の飛揚とライダーの稼働は断念せざるを得なかった。障害の解決に時間を要したため、我々のゾンデ観測も ATTREX 観測も当初の予定から遅れており、現在も観測が継続中である。ゾンデ観測は 2 月中をめどに継続し、その間に航空機との統合観測を実現し、大気塊の履歴に関するラグランジュ的記述と対応させながらその変質を明らかにする。背景となる気象条件は、ENSO がほぼ中立、MJO は西部太平洋を通過した後と判断されている。

## (17) 木質系DLC被膜による低軌道宇宙環境耐性の向上

### 1. 研究組織

代表者氏名：畑俊充（京都大学・生存圏研究所）

共同研究者：田川雅人（神戸大学・工学研究科）、小嶋浩嗣（京都大学・生存圏研究所）、  
梶本武志（和歌山県工業技術センター）

### 2. 研究概要

低軌道（Low Earth Orbit, LEO）を周回する宇宙機で使用する宇宙用材料には原子状酸素（Atomic Oxygen, AO）等により急速な劣化を生じることが知られている。そのため、衛星の機能を維持するため高い宇宙環境耐性が必要である。木材を原料とする木質炭素化物は電気や熱の伝導性、電磁波遮蔽性など宇宙環境で必要とされる様々な機能を有しており、LEO を航行する宇宙機の機能性材料に適用できる可能性がある。これまで木材構成成分のリグニンを分離してから炭素化することによる炭素材料を開発し、宇宙材料としての適用性を評価してきた。木質系炭素材料の実用化には材料の耐酸化性を向上させることが不可欠である。

漆炭素化物に Si を含有させたターゲットを焼結して作製し、スパッタリングにより薄膜を蒸着した。得られた薄膜について宇宙環境を想定した模擬実験を行い表面の分析を試みたところ、薄膜表面において Si 化合物が形成していることを確認した。薄膜には原子状酸素に対する抵抗性付与の可能性が示唆された。

宇宙環境下で AO が照射されることにより Si が酸化膜を形成し表面に自己修復機能を有する薄膜を開発するため、芳香族構造を備えた漆の炭素化物と Si とを 60:40 で混合し焼結してスパッタリングターゲットを成形した。得られたターゲットを用いることで薄膜（DLC 膜）を作製することが可能となり、TEM-EELS 分析から DLC 膜は C, Si, と O からなることが明らかとなった。シリコンと炭素間の反応により AO 抵抗性の材料への付与

が期待される。本研究によって得られる木質炭素化物の酸化劣化防止技術は、宇宙圏のみならず地球圏における極限環境へも応用可能であり、宇宙分野と木質分野の融合により生存圏科学全体に貢献することができる。

本年度得られた結果についてさらに発展させ、AO 照射に伴う DLC 膜の化学構造変化及び構成物質 (C、Si) 間の反応機構について分析を進め AO 照射に対してより一層抵抗性のある DLC 膜作製を試みる予定である。

## (18) 化石資源代替材料創製に向けた木質バイオマスの急速熱分解条件の最適化

### 1. 研究組織

代表者氏名：本間千晶（北海道立総合研究機構林産試験場）

共同研究者：渡辺隆司（京都大学・生存圏研究所）、畑俊充（京都大学・生存圏研究所）

### 2. 研究概要

本研究は、直パルス通電加熱による急速熱分解を適用し、木質バイオマスから得られた液化物、熱分解残渣を有用物質としての活用に向け、酸化鉄利用条件（種類、配合比）および熱分解条件が、熱分解生成物、液化物組成に、熱分解残渣性状に及ぼす影響を検討した。急速熱分解による木材からの選択的有用物質製造に向け、通電加熱法および触媒として酸化鉄を利用することにより得られた熱分解生成物の特性把握を目的とし、マスバランスの測定、透過型電子顕微鏡 (TEM)、電子線エネルギー損失分光法 (EELS)、および電子線回折 (ED) による熱分解残渣の組織構造、化学組成の分析、GC-MS による液化物組成分析を行った。

供試材料としてスギ材木粉、酸化鉄 ( $\text{FeO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ) を用いた。通電加熱法による急速熱分解は、エス・エス・アロイ (株) 製プラズマン II を用い、石英管に供試材料を所定量入れ加熱した。加熱温度は  $500^\circ\text{C}$  および  $800^\circ\text{C}$ 、保持時間は 3 分間とした。

試験の結果、マスバランスについて、 $500^\circ\text{C}$  処理では 40-50% 程度の液化物収率、およそ 30% の熱分解残渣収率が示された。 $800^\circ\text{C}$  処理では 26-39% の液化物収率、18-19% の熱分解残渣収率が示され、触媒無添加と比べ、ほぼ同様の収量が得られることが示された。熱分解残渣の性状について、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$  を使用し、 $800^\circ\text{C}$  処理した試料でマイクロ黒鉛層の生成が観察された。液化物組成比は、酸化鉄の配合により、スギ材のみで急速熱分解を行った場合と比べ、顕著に変化した。 $800^\circ\text{C}$  処理および、一部の触媒では  $500^\circ\text{C}$  処理においても naphthalene 等の芳香族炭化水素化合物の組成比が増大する傾向が示された。触媒を適量バイオマスに配合し、急速熱分解を行うことが、一部の芳香族化合物を高含量で得る条件となり得ると考えられた。

## (19) 海岸林に生育する菌根菌の耐塩性機構の解明

### 1. 研究組織

代表者氏名：松田陽介（三重大学・生物資源学研究科）

共同研究者 :高梨功次郎 (京都大学・生存圏研究所)、矢崎一史 (京都大学・生存圏研究所)、  
谷川東子 (独立行政法人森林総合研究所)

## 2. 研究概要

日本の海岸部分には古くからクロマツが植栽され、強風、潮風などから沿岸地域を保護している。海岸林は居住地、農地の提供を可能にすることから人間生活の幅を広げてきたが、数十年来、マツ材線虫病によるマツ類の枯損が海岸林の劣化を招き、2011年には東日本大震災による海岸林の壊滅的な被害が記憶に新しい。そこで海岸林における新旧の顕在化した問題の早期解決が求められている。海岸部の過酷な生育環境下で実生の生残を向上させ、生育を促進させる技術の開発は、海岸林の果たす機能をいち早く回復させ、安定的に維持させるためにはきわめて重要である。

クロマツをはじめとする森林を構成する主要な樹種 (例、マツ科、ブナ科、カバノキ科) の細根部分には、おもに担子菌類や子囊菌類に属する土壌真菌類、外生菌根菌 (以下、菌根菌) が定着している。この菌は樹木の細根全体を菌糸で完全に覆う共生体、外生菌根 (以下、菌根) を形成する。このことは、土壌からの養水分の吸収は実質的に菌根菌を通して行なわれ、菌根形成が実生の生残・成長を左右することを意味する。さらに海岸部の恒常的な環境ストレス (塩類、熱、乾燥) を踏まえると、細根の外部を覆う菌根菌の存在は物理的な観点からもその保護に寄与する可能性もある。海岸に生育するクロマツ細根の大部分は菌根であり、その中で不完全性子囊菌類の *Cenococcum geophilum* が優占する。そこで本研究では、海岸部における環境ストレスの1つ、塩類 (NaCl) に着目し、*C. geophilum* の耐塩性とクロマツへの環境耐性付与機能を、細胞レベルから個体レベルの異なるスケールから明らかにすることを目的とする。

## (20) 生体高分子ナノファイバーの食品機能の解明

### 1. 研究組織

代表者氏名 : 松村康生 (京都大学・農学研究科)

共同研究者 : 松宮健太郎 (京都大学・農学研究科)、矢野浩之 (京都大学・生存圏研究所)、  
谷史人 (京都大学・農学研究科)、阿部賢太郎 (京都大学・生存圏研究所)

### 2. 研究概要

生存圏研究所生物機能材料分野において開発されてきた木材やパルプ由来のセルローズナノファイバー (CeN) や甲殻類の殻由来のキチンナノファイバー (ChN) を新たな生理機能をもつ食品素材として有効利用することが試みられている。本研究では、ナノファイバー分散液が食品の粘度に与える効果とナノファイバーを摂取した際の大腸における生理機能への影響という2つの側面について検証した。まず、CeNの粒度分布を調べたところ0.4 $\mu$ m、50 $\mu$ mと170 $\mu$ mにピークをもつ分布を示した。0.4% CeN分散液は市販のケチャップを約2倍希釈したものと同程度の粘度を示すことを明らかにした。次に、8週齢のマウスに8週間ナノファイバーを摂食させたときの腸内細菌叢の変化をRT-PCRにて

検討した。*Bacteroides* 属菌の割合はナノファイバーの形態による変化はなかったが、*Firmicutes* 門菌においては、繊維状セルロースでは顕著に増加したのに対してナノファイバー摂取群では増加が抑制された。大腸の粘膜固有層における CD4<sup>+</sup> T 細胞の頻度は影響されなかったが、ChN 摂取群では CD4<sup>+</sup> T 細胞に占める Th17 細胞の頻度が有意に低下することを明らかにした。

## (21) 首都圏の雷雨を伴う対流性降水システムに関する統合観測研究

### 1. 研究組織

代表者氏名：松本淳（首都大学東京・都市環境科学研究科）

共同研究者：濱田純一（首都大学東京・都市環境科学研究科）、橋口浩之（京都大学・生存圏研究所）、高橋洋（首都大学東京・都市環境科学研究科）、山下幸三（サレジオ工業高等専門学校電気工学科）

### 2. 研究概要

東京首都圏における雷雨を伴う対流性降水システムの動態把握を進めるため、アジア地域で雷位置評定に観測実績のある VLF 帯電磁場計測システムを首都圏 3 地点に設置し、梅雨期から盛夏期（2013 年 5 月初旬より 10 月初旬）に掛けての雷活動の連続観測を行い、データ取得に成功した。広域的な雷活動がみられた梅雨期の 6 月 22 日の観測データを用いて、雷放電による空電信号の検知感度、及び落雷位置推定の初期解析を実施し、気象庁レーダー解析雨量分布との比較より、雷放電の信号検知が十分行えていることを確認した。一方で、落雷位置推定については、引き続き推定アルゴリズムの最適化に向けた検討を必要としている。

## (22) スペースデブリの観測・除去に関する研究

### 1. 研究組織

代表者氏名：山川宏（京都大学・生存圏研究所）

共同研究者：山本衛（京都大学生・存圏研究所）、河本聡美（宇宙航空研究開発機構研究開発本部）、中宮賢樹（京都大学・生存圏研究所）、赤司陽介（京都大学・工学研究科）、星賢人（京都大学・工学研究科）、河原敦人（京都大学・工学研究科）

### 2. 研究概要

これまで数多くの人工衛星が打ち上げられてきたが、それと同時に、打ち上げで使用されたロケット等の破片等のスペースデブリ年々は増え続けており、2012 年 1 月現在、地上からの観測でカタログ化されているだけでも 16000 個を超える。デブリは地球低軌道では約 7 km/s の速度で移動しており、これらが運用中の人工衛星や国際宇宙ステーションなどに衝突すれば装置が壊れたり、乗員の生命に危険及ぼしたりする恐れがあり、宇宙開発を継続する上で国際問題となっている。

そこで、事前にデブリの軌道を予測して衝突を回避するために、観測によるスペースデブリの情報が必要となる。本研究では、信楽町にある生存圏研究所の MU レーダーを用いたスペースデブリ観測手法について検討を行う。現在スペースデブリ観測を行っている美星スペースガードセンターの望遠鏡や上齋原スペースガードセンターのレーダーと比べて、MU レーダーは電波の波長が長いので、これまでとは異なった特徴ある観測が期待できる。

また、スペースデブリの数はスペースデブリ同士の衝突連鎖によっても更に増大していくと予想されており、能動的なスペースデブリの除去も必要である。そこで本研究では、宇宙環境を積極的に利用して帯電衛星によるスペースデブリ除去手法について検討を行う。昨年度に引き続き、スペースデブリの軌道変換について解析を行い、特にデブリが混雑している極軌道近傍の軌道変換について検討を行う。

## **(23) 熱帯アカシア人工林におけるシロアリおよび木材腐朽菌類の多様性評価**

### **1. 研究組織**

代表者氏名：吉村剛（京都大学・生存圏研究所）

共同研究者：竹松葉子（山口大学・農学部）、本田与一（京都大学・農学研究科）、築瀬佳之（京都大学・農学研究科）、土居修一（元）筑波大学・生命環境科学研究科）、小野和子（京都大学・農学研究科）、Himmi Setiawan（京都大学・農学研究科）、平田一紘（京都大学・農学研究科）

### **2. 研究概要**

サバ州・コタキナバル郊外に位置する KM Hybrid Plantation 社植林地において、アカシア・ハイブリッド植林地におけるシロアリ相と木材腐朽菌類相をベルト・トランセクト法によって調査を行った。

その結果、5年生、7年生、10年生、11年生の4区画において、それぞれ5種、3種、6種、4種のシロアリが採集された。これは、1年生～6年生林におけるこれまでの調査結果とほぼ同様であり、10年を超える植林地においてもシロアリ相の回復が進んでいないことが確認された。また、木材腐朽菌についても、同じく13種、5種、8種、12種が採集され、種構成も1年生～6年生林におけるこれまでの調査結果と類似していた。

## **(24) バイオマス高度利用のための新規リグニン・糖間結合分解酵素に関する国際共同研究**

### **1. 研究組織**

代表者氏名：渡辺隆司（京都大学・生存圏研究所）

共同研究者：西村裕志（京都大学・生存圏研究所）、片平正人（京都大学・エネルギー理工学研究所）、井口 亮（京都大学・農学研究科）、Gunnar Westman（Chalmers 工科大学・化学生物工学科）、Lisbeth Olsson（Chalmers 工科大学・化学生物工学科）、Hampus Sunner（Chalmers 工科大学・化学生物工学科）、Filip Nylander（Chalmers 工科大学・化学生物工学科）



## 2. 研究概要

化石資源の枯渇問題を背景として、バイオマスから燃料アルコールや化学品などを作り出すバイオリファイナリーの構築が緊急性の高い問題として注目を集めている。とりわけ、食糧と直接競合しない木質バイオマスを持続的に利用して、バイオ燃料や高付加価値物を同時生産することは、炭素循環に大きな負荷をかけない持続的な生存圏の創成、環境と調和した経済振興にとって極めて重要である。しかしながら、植物細胞壁の多糖は、芳香族高分子であるリグニンに被覆されており、変換のための成分分離を高効率で行うことは容易ではない。植物細胞壁中で、リグニンはヘミセルロースと共有結合してリグニン・多糖複合体 (LCC) を形成している。バイオマス変換において、このリグニン・糖間結合の切断を高効率で行えれば、主要3成分の分離効率は大きく上昇すると期待される。本研究に参画するスウェーデンの Westman 教授らは、リグニン・糖間結合を直接切断する酵素に着目して研究を進めており、エステル型の LCC モデル化合物を分解するエステラーゼを見出した。本共同研究では、エステル型の LCC モデル化合物の構造や反応性を、LCMS や超高感度二次元 NMR などを用いて解析するとともに、モデルの分解性に影響する構造因子を考察した。また、本研究を介して、スウェーデンと日本の二ヶ国間研究者交流を行うとともに、バイオマス変換に関するセミナーを開催し、国際共同研究の基盤を構築した。

## 7. 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

#### 1. 研究組織

代表者氏名	梅澤俊明 (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)、矢野浩之 (京都大学・生存圏研究所)、大村善治 (京都大学・生存圏研究所)、塩谷雅人 (京都大学・生存圏研究所)、矢崎一史 (京都大学生・生存圏研究所)、渡邊隆司 (京都大学・生存圏研究所)、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)、梅村研二 (京都大学・生存圏研究所)、鈴木史朗 (京都大学・生存圏研究所)、他生存圏研究所員多数
	柴田大輔 (かずさDNA研究所)、三位正洋 (千葉大学・園芸学部)、松本義勝 (越井木材工業(株))、バンバン スビヤント (インドネシア)

科学院)、エンダン スカラ (インドネシア科学院、京都大学・生存圏研究所)

## 2. 研究概要

化石資源に代わり、再生可能資源に対する依存度を上昇させることへの必然性は、既に世界的共通認識となっている。太陽エネルギーを始めとして、再生可能資源には様々なものがあるが、エネルギー供給に加え、炭素系工業原材料の供給が可能な植物バイオマス資源はとりわけ重要であり、その資源育成と有効利用システムの確立が世界的に強く求められている。とりわけ、熱帯地域における木質バイオマス生長量は温帯域のそれをはるかに上回っており、熱帯産業造林の持続的維持管理とそこで得られる木質バイオマスの効率的利用が、再生可能資源依存型社会において極めて重要となる。以上に鑑み、京都大学生存圏研究所では、国内外の研究機関と連携して、熱帯地域の環境を損ねることなく木質バイオマスの持続的生産・利用を保証する方策を考えることを目的とした統合的・融合的研究を推進してきた。

本共同研究では、従来生存圏研究所で蓄積してきた熱帯人工林に関する個別の成果を有機的に連携し、熱帯木質バイオマス資源の持続的生産利用基盤の確立を最終目的として総合的研究を実施した。

## 3. 研究の背景と目的

### 3.1 背景

世界の年間木材生産量は35億立方メートル程度(2012年)<sup>1)</sup>であり、木材の比重を0.5とすると17.5億トンになる。世界の原油使用量が41億トン/年であるので、木材生産量は石油使用量にも比肩する量となっている。また、先進国での薪炭利用は少ないものの、世界的には未だ木材生産のうちの半分は薪炭利用である。一方世界の人工林からの用材生産量は14億立方メートル程度(2005年)<sup>2)</sup>と言われており、未だ天然林からの大量の用材取得は続いている。しかし今後天然林伐採は一層厳しく制限されることになる。加えて、バイオマスリファイナリーの構築には、現在の木質需要を人工林や高生産性バイオマス植物の栽培で賄うとともに、さらにこれに上積みし、バイオマスリファイナリー仕向け分を増産する必要がある。このためには、単位面積当たりの収量増加や荒廃地における新たな植林・植栽、未利用地における持続的植林・栽培などの技術革新が必須となる。加えて、熱帯地域における持続的木質バイオマス生産には、地域住民の生活保証や経済振興のような社会問題など生存圏全体に関わる様々な課題が存在している。

これらの課題の解決には従来の技術では不十分であり、関連学術基盤の深化に基づく圧倒的な技術革新が必須である。これらの課題解決に向け、生存圏研究所では内外の研究機関と連携して、インドネシアやマレーシアの事業植林地をフィールドとして、木質バイオマス資源生産の持続性と循環性を保証する方策を考えることを目的とした多くの個別的プ

プロジェクトを推進し、それぞれ成果を上げてきた。

### 3.2 目的

本共同研究の目的は、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、関係する研究プロジェクトを合理的連携の下で総合的に発展させ、以て熱帯バイオマス資源の持続的生産利用基盤を確立することである。

## 4. 研究の結果および考察

従来行われてきた個々のアカシア関連プロジェクトは、開始以来数年が経過しており、組織的に一層の連携融合を図ることが今後の研究の飛躍的進展に必須となっている。特に、今後は熱帯地域における持続的バイオマス生産に加え、それと連動する形での新規高機能性有機化合物の創出までを俯瞰的・総合的に捉え、化石資源に依存しない再生可能なバイオマス資源依存社会の実現に向けた研究開発の推進が肝要である。

本年度の当フラッグシップ研究では、総合的研究の基盤としての調査研究と共に個別の研究としてバイオマスの持続的生産に関して、熱帯人工林におけるシロアリおよび木材腐朽菌類の多様性評価、アカシアの分子育種基盤の構築、及びバイオマス利用に関して、イネ科大型エネルギー作物の超分子構造解析に注力した。

まず、熱帯地域の生物資源の利用に関しては、資源産出側と利用側の公正かつ衡平な利益分配が必須である。そこで、平成25年12月17日に第244回生存圏シンポジウム「生物多様性条約をめぐる国内外の状況～遺伝資源へのアクセス～」を一般財団法人バイオインダストリー協会と共同主催により、京都大学生存基盤科学研究ユニットの共催を得て開催した。

加えて、平成26年2月27日に第4回生存圏熱帯人工林フラッグシップシンポジウム（第254回生存圏シンポジウム）熱帯バイオマスからのバイオマスリファイナリー-再生可能な炭素/エネルギー循環社会の実現に向けて-が一般財団法人バイオインダストリー協会との共催、京都大学産官学連携本部の後援を得て開催された。本シンポジウムでは、熱帯地域でのバイオマス生産から、リグニン由来の低分子芳香族環化合物の製造、および、それらからの新規な高機能性有機化合物の創出までを俯瞰的に捉え、化石資源に依存しない再生可能な炭素/エネルギー循環社会の実現に向けた研究開発について議論された。本シンポジウムでは、木質系バイオマスの生産から利用までを見渡した将来展望につき、俯瞰的かつ個別的に討論がなされ、産官学の役割分担と相互連携に関する共通認識が醸成された。

熱帯・亜熱帯地域には、過去の天然林伐採によって発生した未利用地（アランアラン／チガヤ草原）が広がっている。これらの土地は、日本の国土面積の数倍以上に達している。もし、この地域にバイオマス生産性の高いエリアンサスなどのイネ科植物を栽培すると、年間の原油消費量（41億トン/年）に相当するバイオマスを生産可能である。そこで、平成26年3月22～26日に、梅澤と柴田がインドネシア科学院教授（元副長官）・京都大学生存圏研究所外国人客員教授エンダンスカラ博士の協力の下、カリマンタン島のアラン

アラン草原の現地視察を行う予定である。併せて、インドネシア科学院や林業省との共同研究プロジェクトの申請に関する協議も予定している。

個々の研究プロジェクトとして、まず、マレーシア・サバ州のアカシア・ハイブリッド植林地におけるシロアリ相と木材腐朽菌類相をベルト・トランセクト法によって調査した。その結果、10年を超える植林地においてもシロアリ相の回復が進んでいないことが確認された。また、木材腐朽菌の種構成についても1年生～6年生林におけるこれまでの調査結果と10年を超える植林地の調査が類似しているという結果が得られた。

イネ科植物エリアンサスアルンディナセアス (*Erianthus arundinaceus*) は、熱帯早生樹の数倍のバイオマス生産性を有するが、節間内側の組織の酵素糖化性がリグニン量と相関しないなど、特異な性質を有することが既に報告されていた<sup>3)</sup>。本研究では、上記の節間内側の組織の酵素糖化性の異常性に対する細胞壁結合型フェルラ酸二量体残基の寄与は限定的であることが示された。また、従来に引き続き代表的熱帯造林用アカシアであるアカシアクラシカルパ (*Acacia crassicarpa*) につき、アグロバクテリウムを用いた形質転換の効率向上の研究を進めた<sup>4)</sup>。本成果は平成26年3月18～21日にヴェトナム（フエ）で開催される Acacia 2014 "Sustaining the Future of Acacia Plantation Forestry", で発表予定である。さらに、アカシアの品種による木繊維特性の評価を行い、道管の密度や木繊維の壁率、繊維長などの諸物性を、近赤外線スペクトロスコピーを利用して迅速にモニターするケモメトリクス法の構築に向けた準備を行った。

## 5. 今後の展開

個々の研究の一層の継続に加え、上記研究会において、樹木にとどまらず様々な熱帯バイオマス資源の持続的生産に係る個々の課題に関する勉強会を続け、共同研究プロジェクトの申請を視野に入れた具体的な研究展開を図る予定である。

## 6. 引用文献

- 1) FAO Forest products statistics, <http://www.fao.org/forestry/statistics/80938/en/> (Accessed on February 11, 2014).
- 2) Carle, J., Holmgren, P., Wood from planted forests, a global outlook 2005-2030, *Forest Prod. J.* 58: 6-18, 2008.
- 3) Yamamura, M., S. Noda, T. Hattori, A. Shino, J. Kikuchi, K. Takabe, S. Tagane, M. Gau, N. Uwatoko, M. Mii, S. Suzuki, D. Shibata, T. Umezawa: Characterization of *Erianthus arundinaceus* lignocellulose in relation to enzymatic saccharification efficiency, *Plant Biotechnology*, 30: 25-35, 2013.
- 4) Mahabubur Rahman, Md., S. Suzuki, T. Hattori, M. Mii, T. Umezawa, Plant Regeneration and Transformation of *Acacia crassicarpa* through Somatic Embryogenesis. Manuscript in preparation.

## 7. 付記

本研究に関し、以下の学会発表等を行った。

Md. M. Rahman, S. Suzuki, T. Hattori, M. Mii, T. Umezawa, Regeneration and *Agrobacterium tumefaciens* mediated Genetic Transformation of *Acacia crassicarpa* A. Cunn. Ex Benth. 第31回日本植物細胞分子生物学会大会、北大、札幌、Sep10-12 (2013)  
梅澤俊明、植物バイオマスの高度利用に向けたリグニン代謝工学の展望、第28回植物バイテクシンポジウム、京都（京都府立大学）、Jul18 (2013)  
安井あゆみ、山村正臣、鈴木史朗、梅澤俊明、イネ科植物細胞壁成分フェルラ酸二量体の測定のための基盤構築、第64回日本木材学会大会、愛媛大、松山、Mar13-15 (2014)  
Md. M. Rahman, S. Suzuki, T. Hattori, M. Mii, T. Umezawa, *Agrobacterium tumefaciens*-mediated genetic transformation of *Acacia crassicarpa*, *Acacia* 2014 "Sustaining the Future of *Acacia* Plantation Forestry", Hue, Vietnam, Mar18-21 (2014)

## (2) 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

### 1. 研究組織

代表者氏名：篠原真毅（京都大学・生存圏研究所）

共同研究者：渡辺隆司（京都大学・生存圏研究所）、三谷友彦（京都大学・生存圏研究所）、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）、畑 俊充（京都大学・生存圏研究所）、蜂谷 寛（京都大学・エネルギー科学研究科）、園部太郎（京都大学・エネルギー科学研究科）、築瀬英司（鳥取大学・大学院工学研究科）、吉川 昇（東北大学・大学院環境科学研究科）、佐藤元泰（中部大学・工学研究科）ほか

### 2. 研究概要

本フラッグシップ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、バイオケミカルス生成の高効率化、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。生存圏研究所の特色を生かし、マイクロ波工学と化学研究者、及び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。平成 21 年度導入された「先進素材開発解析システム (Analysis and Development System for Advanced Materials, ADAM)」は、マイクロ波を用いたバイオマス・物質変換に携わる新進気鋭の研究者達のプラットフォームとして、マテリアルサイエンス、化学材料分野のマイクロ波高度利用分野において様々な研究成果をあげている。

生存圏研究所のフラッグシップ共同研究としての大きな特色として、マテリアルサイエンスや化学工学といった工学的出口側と、マイクロ波反応容器、発振機といった工学的入口の双方に最新の実験設備・解析装置を備えていることである。具体的には、マイクロ波系としてはアプリケーション、様々な周波数対応の大電力マイクロ波発生装置、マイクロ波測定装置を備え、マテリアル系としては質量分析器、有機用/無機用の2種類の電子顕微鏡等を

備えている。そのため、同設備内で「バイオマス・物質変換のためのマイクロ波高度利用研究」の一連の基礎研究を行うことが可能となる。

これまで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は当研究所渡辺教授をプロジェクトリーダーとして NEDO「バイオマスエネルギー高効率転換技術開発/バイオマスエネルギー先導技術研究開発」プロジェクトを中心に研究を行ってきた。本プロジェクトに加え、平成 23 年度より同渡辺教授をリーダーとした新プロジェクト JST/CREST の「電磁波応答性触媒反応を介した植物からのリグニン系機能性ポリマーの創成」(研究領域「二酸化炭素資源化を目指した植物の物質生産力強化と生産物活用のための基盤技術の創出」)が開始された。本研究では、植物細胞壁を固めるリグニンへの親和性と電磁波吸収能を付与した新規触媒を合成するとともに、周波数を連続的に変化させることができる電磁波化学反応装置を開発し、電磁波の特性を活かした高効率リグニン分離・分解反応系を構築する。また、リグニンを含む植物の包括精密構造解析と電磁波反応を組み合わせて、リニア型リグニンの分離法やモノマーへの分解法、精製法を開発し、強度、耐溶媒性、分散性、耐衝撃性、紫外線吸収特性などに優れる芳香族ポリマーに変換する。無機材料分野では、昨年度に推進された環境省環境研究総合推進費による研究事業「マイクロ波による瓦礫中の有害物質迅速処理—アスベスト飛散とダイオキシン発生防止—」のさらなる推進をおこなった。災害に見舞われた地域では、家屋や様々な瓦礫を始めとする多量の物質の処理が復興への大きな課題である。本研究グループは様々な技術を融合し、災害復興のための技術開発研究を行う事を目的としている。この目的に対して、京都大学、中部大学、東北大学、上智大学らの研究グループにより、マイクロ波・燃焼ハイブリッド加熱炉による、瓦礫の無害化・再資源化処理に関する研究開発を行った。東日本大震災で発生した瓦礫は、セメント、木材、およびプラスチック、有機物・金属などに、大量の塩分(海水由来)が含まれおり、これらの混在物をマイクロ波で約 1050℃にまで加熱することでアスベスト問題を迅速に解決するための道筋を示した。また、マイクロ波加熱に伴う非平衡温度場の解析にも着手した。マイクロ波加熱下では、マテリアル内に微視的に非平衡温度場が観測され、これにより生じる現象は「マイクロ波効果」という曖昧な認識で表現されている。この状況を回避することを目的とし、加熱・電気工学の観点よりこれを説明するための理論骨子を提案した。

また、学会への貢献として、日本電磁波エネルギー応用学会 JEMEA(Japan Society of Electromagnetic Wave Energy Applications)等のマテリアル分野の研究者との連携を深めている。具体的には、当研究所篠原及び上智大・堀越智他により“マイクロ波化学 -反応、プロセスと工学応用-(三共出版)“を執筆した。これは、マイクロ波工学の立場から化学・材料分野にもよくわかるマイクロ波利用応用への道筋を示していることから、マイクロ波を用いた物質創生という異分野融合に挑戦している研究者より好評を得ている。

今後もJEMEAとの連携を深め、フラグシップ共同研究を加速していく。

### 3. 研究の成果

写真1は宮城県名取市閑上中学校跡地に設置したマイクロ波処理炉、写真2は主要実験メンバーである。この処理炉を用いて2012年12月から2103年2月に実証実験を実施した。その結果、2トン以上/日でのアスベスト無害化の実証に成功した。写真3(a)はマイクロ波処理前の瓦礫(スレート瓦)の顕微鏡写真、写真3(b)はマイクロ波処理後のアスベスト繊維数(40kg/hour and 80 kg/hour)である。分析の結果、実験前のスレート瓦のアスベスト含有量は確認されず、最大80 kg/hourのスレート瓦流量に対してのアスベスト完全無害化が達成できた。本プロジェクトは今年度までの2年間のプロジェクトであり、今年度に得られたマイクロ波科学の社会還元を行うべく、事業報告書作成及びその論文化を行っている。



写真1：現地に設置されたマイクロ波処理炉



写真2：主要実験メンバー

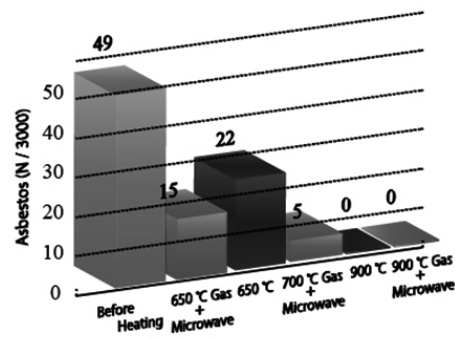
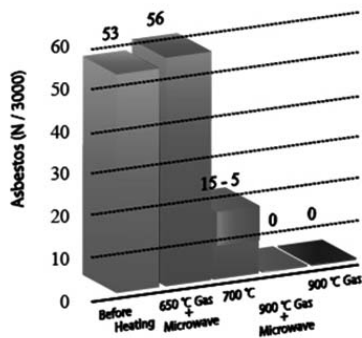


写真3(a)：マイクロ波処理前の瓦礫のアスベスト繊維数(40 kg/hour) (b) マイクロ波処理前の瓦礫のアスベスト繊維数(80 kg/hour)

また、加熱工学の観点からはマイクロ波による金属加熱理論構築、非平衡温度場の実験計測を行った。マイクロ波加熱下における化学反応挙動を表現するためには、その温度場を明らかにすることが必要である。これまでの報告では「マイクロ波による多体金属粒子の加熱」及び「サーマルランナウェイ」と呼ばれる熱暴走の理解が不十分であると思われる。本フラッグシップ研究では「金属粒子の加熱」を「多体金属粒子の加熱」へ拡張した理論とその正しさを裏付ける計測結果の提出を行った(写真4(a))。この仕事によりマイ





扱いの難しさなどから、これまで工業的利用はほとんどなされてこなかった。しかし、近年、新規のグリーン・高機能ナノ材料として、世界中で、急速に研究が活発化している。このような背景のもと、本フラッグシップ共同研究は、生存研が有するセルロースナノファイバー材料やキチンナノファイバー材料といったバイオナノマテリアルに関する10年近い共同研究実績を基に、生存研にバイオナノ材料において世界をリードする共同研究拠点を構築することを目的として行っている。本共同研究の特色は“異分野連携”、“垂直連携”といった“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・機関が垂直連携して、先進的生物材料の開発に取り組んでいる。

### 3. 研究の成果

本年度は平成 17 年(2005 年)から複数の機関と共同で進めてきた4つの大型プロジェクト研究について、その概要を説明することで、過去10年にわたる生存圏研究所での構造用セルロースナノファイバー材料研究の進展について紹介する(図2)。

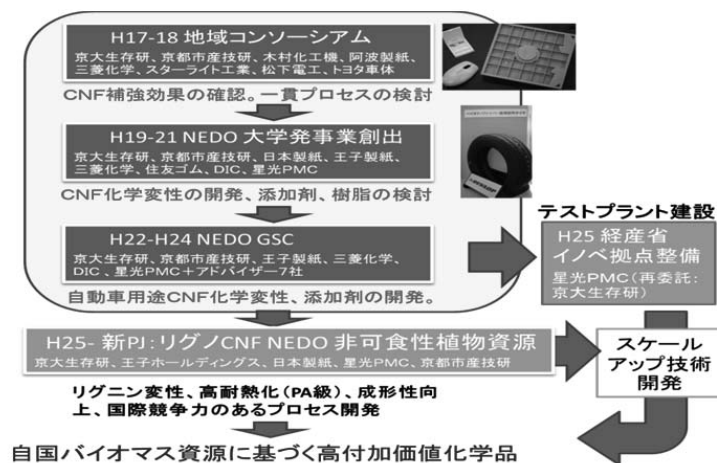


図2：生存圏研究所における構造用セルロースナノファイバー研究プロジェクトの変遷

なお、各プロジェクトの成果は京都大学生存圏研究所生物機能材料分野のホームページ (<http://vm.rish.kyoto-u.ac.jp/W/LABM/>) で公開している。

#### 3.1 経済産業省地域新生コンソーシアム研究開発事業：平成17-18年度

最初の産官学共同研究は、平成17年度-18年度に行った経済産業省地域新生コンソーシアム研究開発事業(以下、地域新生コンソーシアム)である。2005年時点ではセルロースナノファイバーは産業界にとって全く新しい素材であったため、本プロジェクトでは、構造用補強繊維としてのセルロースナノファイバーのポテンシャルを産業界と共有することに主眼をおいた。製紙会社、化学会社、成形加工会社、自動車メーカー、家電メーカー

といった幅広い分野の企業と共同で100%植物由来の高機能ナノ材料の実用化開発に取り組み、セルロースと比較的相溶性の良いポリ乳酸やポリブチレンサクシネートといったバイオポリマーとの複合化について製造プロセスを中心に多くの成果を挙げた。

### 3.2 NEDO大学発事業創出実用化研究：平成19-21年度

セルロースナノファイバーには、プラスチック補強用ガラス繊維の代替（環境対応化）および高分子材料部材の高強度・軽量化に対する期待がある。CNFによるガラス繊維代替は、樹脂成形品のリサイクルを容易にするとともに、表面平滑化や精密成形など意匠性の改善、さらには製品の軽量化を図ることができることから、極めて社会的ニーズが強い。特に、PP、PE樹脂は射出成形が容易であるなど、加工性、生産性に優れることから、自動車用内装部材やバンパーに多用されているが、より広い範囲の部品にPP、PE樹脂を利用し、自動車の軽量化を図るためには、繊維強化によるさらなる強度や耐熱性、熱的寸法安定性の向上が不可欠である。しかしながら、PP樹脂は混練温度が高く、疎水性が強いためCNFの変性ならびに相溶化剤等の開発が必要である。また、タイヤ用ゴムではナノファイバー補強による剛性向上により、タイヤの軽量化、ひいては自動車の燃費向上が期待できるが、PPと同様にゴムは疎水性が強く、未変性CNFだけでは十分な補強効果が得られていない。不飽和ポリエステル樹脂・エポキシ樹脂シート成形体では、未変性CNFは保水性が高くシート化に時間を要するとともに、樹脂の浸透性が悪く界面強度が劣るなどの課題がある。以上のことから、本プロジェクトでは、CNFによるガラス繊維代替、複合材料の軽量化を目指し大手製紙会社2社と大手化学会社3社を実用化事業者とし、共同研究を行った。

### 3.3 グリーン・サステイナブルケミカルプロセス基盤技術開発：平成22-24年度

NEDO大学発事業創出実用化研究開発事業による研究において多くの革新的技術が開発され、ガラス短繊維に匹敵する補強効果が得られるまでになった。しかしながら、それらは通常の繊維強化材料と同様にセルロースナノファイバーの優れた機械特性に負うところが大きく、少量の補強剤添加で強度特性や熱的特性を飛躍的に向上できる「ナノ材料」ならではの次元にはまだ入り得ていない。セルロースナノファイバーの比表面積や均一性を考えると、いまだ未達のナノ材料領域が多くあると言

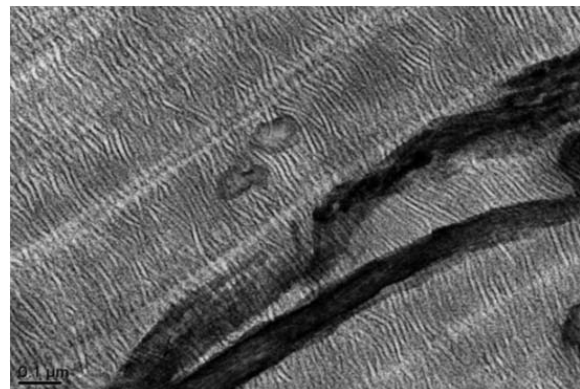


図3：セルロースナノファイバー表面およびポリエチレン伸びきり鎖結晶からのポリエチレン結晶の成長

わざるを得ない。このことから、平成22年度-24年度のグリーン・サステイナブルケミカルプロセス（GSC）基盤技術開発では、セルロースナノファイバー強化による自動車用部

材の高機能グリーン化を目指し、セルロースナノファイバー表面の選択的化学修飾や精密重合による高分子分散剤の開発によりナノファイバー／樹脂間の精密界面制御に注力した。また、微細発泡によるCNF補強材料の軽量化やCNF染色による材着技術の開発等、部材化プロセスの開発も進めた。さらに、アドバイザーとして参画する自動車、自動車部材メーカーにCNF補強樹脂材料を提供し、自動車メーカーの視点から成形加工性や部材性能の評価を行った。

結果として、世界で初めてセルロースナノファイバー表面に20種類もの官能基を選択的に導入することに成功し、その新規変性CNFによるPP、HDPEの補強効果を系統的に評価することで、CNFと全く相溶性の無いPP、HDPE樹脂のCNF補強について大きな道筋をつけることが出来た。その中で、10%のCNF添加でHDPEの弾性率を4.5倍、引張強度を2.4倍にまで向上させることに成功した。

特筆すべき成果として、HDPEやPP、PAでは、射出成型後に、樹脂中に均一分散した変性CNFの表面からポリマーの結晶ラメラが成長し、CNFをシシとしたシシケバブ構造とポリマーをシシとしたケバブ構造が形成されていることを見出した（図3）。このことは、ナノフィラーとしてのCNFの特性を活かすことでポリマーの結晶構造を制御し、より高機能の材料に変換できることを示すものである。

一方、実用化の観点からは、化学変性した乾燥パルプを二軸押出機で樹脂ペレットと熔融混練して、パルプのナノ解繊と樹脂中への均一分散を一工程で行う技術を開発した。得られた複合材料は、ナノ繊維の分散性や物性において化学変性CNFを用いた材料と遜色ない。この技術によりコスト増の大きな要因となっていた二軸混練前のパルプのナノ解繊工程が無くなり、セルロースナノファイバー強化樹脂材料の実用化に向けて大きく前進した。本成果を活用し、本プロジェクトへの参加企業が経済産業省のイノベーション拠点整備事業の支援を得て、変性パルプ、変性CNF製造用のテストプラント（24トン/年）の建設を始めた。

### 3.4 非可食性植物由来化学品製造プロセス技術開発：平成 25-27 年度

CNFの構造用途への利用において、その優位性、信頼性に大きく影響するのは、CNFの均一分散状態を様々な樹脂中で実現するためのナノ分散性と、多様な樹脂との複合化をCNFの強度的ポテンシャルを損なわずに実現するための耐熱性である。CNFは、細胞壁中で多糖類を介してリグニンと一部結合して、リグノCNF（リグニン・セルロースナノファイバー複合体）の状態ではリグニンやヘミセルロース中に均一分散している。このため、リグニンやヘミセルロースの一部を選択的に分離し、残りのパルプをナノ解繊することで、細胞壁中でのナノ分散性を保った、且つ、耐熱性に優れたリグニン被覆CNF（リグノCNF）が得られると考えられる。

以上のことから、本共同研究では、木材や竹材といった木質系バイオマスからの3成分分離（リグノCNFおよび変性の少ないヘミセルロース、リグニン）ならびにリグノCNF

の化学変性からなる高機能リグノ CNF 一貫製造プロセスを開発する。変性の少ないヘミセルロース、リグニンは、構造が既知のため、工業利用に向けた緻密な分子設計、制御が容易であり、付加価値の高い化学品原料として期待できる。

## 8. 平成 25 年度 オープンセミナー

回	開催月日		演 者	題 目	参加者数
165	6 月	19 日	鈴木 遥 (京都大学・生存圏研究所・ ミッション専攻研究員)	循環型木質資源の開発と地域材の利用	19
166	7 月	10 日	松原 恵理 (京都大学・生存圏研究所・ ミッション専攻研究員)	木質環境と生理応答	26
167		17 日	中宮 賢樹 (京都大学・生存圏研究所・ ミッション専攻研究員)	宇宙環境を考慮した宇宙機の軌道計画	23
168	9 月	11 日	稲飯 洋一 (京都大学・生存圏研究所・ ミッション専攻研究員)	熱帯対流圏界層における脱水過程と大気輸送過程の観測的評価	15
169		18 日	堀川 祥生 (京都大学・生存圏研究所・ ミッション専攻研究員)	セルロースの化学構造特性と糖化酵素との相互作用	34
170	10 月	9 日	村山 泰啓 (京都大学・生存圏研究所・ 客員教授)	科学データ国際事業「ICSU-WDS (World Data System)」をめぐって科学とデータと社会の関わり	19
171		16 日	五十田 博 (京都大学・生存圏研究所・ 教授)	建築分野における木材の利用 これまでとこれから	26
172		23 日	矢吹 正教 (京都大学・生存圏研究所・ 助教)	光計測から探る微粒子の環境影響	13
173		30 日	小林 祥子 (立命館アジア太平洋大学・ アジア太平洋学部・助教)	マイクロ波衛星データによる森林バイオマス推定	10
174	11 月	20 日	山村 正臣 (京都大学・生存圏研究所・ ミッション専攻研究員)	大型イネ科植物のリグノセルロースの性状について	20
175	12 月	11 日	伏信 進矢 (東京大学・大学院 農学生命科学研究科・教授)	セルロースの酵素糖化の鍵となる $\beta$ -グルコシダーゼの結晶構造：糖鎖の鎧をまとった酵素のかたち	27
176		18 日	岩本 洋子 (金沢大学・環日本海域環境研究 センター・博士研究員)	能登半島で雲の種を測る	12

177	1月	15日	森 拓郎 (京都大学・生存圏研究所・ 助教)	カナダにおける大規模木造への取り組みと研究の紹介	18
178		22日	柳川 綾 (京都大学・生存圏研究所・ 助教)	ショウジョウバエ味覚機能のグルーミング行動誘導における役割	20
179		29日	高梨 功次郎 (京都大学・生存圏研究所・ 特定助教)	マメ科植物と根粒菌の共生関係 —共生の確立・維持に必要なものたち—	23
180	2月	20日	Endang SUKARA (京都大学・生存圏研究所・ 外国人客員教授)	Conservation and sustainable use of biological resources with main emphasis on microbial resources	11
合計					316

## 9. 「生存圏ミッションシンポジウム」の開催

### 第248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

平成26年3月10日(月)

(京都大学宇治キャンパス総合研究実験棟 4階 遠隔会議室 HW401)

(ポスター発表会場：京都大学生存圏研究所 木質ホール3階)

10時00分 挨拶 津田敏隆 (京都大学・生存圏研究所 所長)

#### 【生存圏学際萌芽研究センター ミッション専攻研究員 成果報告】

10時10分 「大気微量成分観測に基づく対流圏成層圏大気輸送過程の評価」

稲飯洋一 (生存圏研究所・研究員)

10時30分 「『糖化されやすい』セルロースの化学構造特性と酵素との相互作用に関する研究」

堀川祥生 (生存圏研究所・研究員)

10時50分 「新規有用木質を産生する大型イネ科植物の作出に向けた基盤研究」

山村正臣 (生存圏研究所・研究員)

11時10分 「木材の抽出成分による健康影響に関する評価研究」

松原恵理 ((独)森林総合研究所・研究員)

【開放型研究推進部共同利用専門委員会 活動報告】

- 12 時 50 分 MU レーダー/赤道大気レーダー (EAR)  
「活動報告」  
山本 衛 (生存圏研究所・教授)
- 12 時 55 分 「Small scale turbulence observed simultaneously by the MU radar,  
radiosondes, and Rayleigh lidar」  
Hubert LUCE (South Toulon-Var University・Associate Professor)  
橋口浩之 (生存圏研究所・准教授)
- 13 時 10 分 先端電波科学計算機実験装置 (A-KDK)  
「活動報告」  
大村善治 (生存圏研究所・教授)
- 13 時 15 分 「科学衛星近傍のプラズマ電磁擾乱に関する大規模粒子シミュレーション研  
究」  
三宅洋平 (神戸大学・システム情報学研究科・特命助教)
- 13 時 30 分 マイクロ波エネルギー伝送実験装置 (METLAB)  
「活動報告」  
三谷友彦 (生存圏研究所・准教授)
- 13 時 35 分 「無線通信や無線電力伝送技術を支える小型アンテナの開発」  
松永真由美 (愛媛大学・大学院理工学研究科・講師)
- 13:時 50 分 木質材料実験棟  
「活動報告」  
五十田 博 (生存圏研究所・教授)
- 13 時 55 分 「実験住宅床下における種々の粒子物理バリアのシロアリ貫通  
阻止性能評価」  
築瀬佳之 (京都大学・大学院農学研究科・助教)
- 14 時 25 分 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)  
「活動報告」  
吉村 剛 (生存圏研究所・教授)
- 14 時 30 分 「温帯の土壌生態系におけるシロアリの役割」  
吉村 剛 (生存圏研究所・教授)  
Brian Forschler (The University of Georgia・Professor)
- 14 時 45 分 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)  
「活動報告」

- 矢崎一史 (生存圏研究所・教授)
- 14 時 50 分 「植物芳香族香气成分の成分分析と生理活性評価」  
肥塚崇男 (山口大学・農学部・助教)
- 15 時 05 分 先進素材開発解析システム (ADAM)  
「活動報告」  
渡辺隆司 (生存圏研究所・教授)
- 15 時 10 分 「電子顕微鏡でみるセルロースの生合成・生分解」  
今井友也 (生存圏研究所・准教授)
- 15 時 25 分 生存圏データベース  
「活動報告」  
塩谷雅人 (生存圏研究所・教授)
- 15 時 30 分 「年輪年代学研究における材鑑標本の活用とデータベース化に  
向けた取り組み」  
大山幹成 (東北大学・学術資源研究公開センター植物園・助教)

**【生存圏フラッグシップ共同研究 成果報告】**

- 16 時 00 分 「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」  
樫村京一郎 (生存圏研究所・特任助教)
- 16 時 15 分 「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」  
梅澤俊明 (生存圏研究所・教授)
- 16 時 30 分 「バイオナノマテリアル共同研究」  
矢野浩之 (生存圏研究所・教授)
- 17 時 15 分 ポスター発表 (場所: 京大大学生存圏研究所 木質ホール 3 階)  
生存圏科学萌芽研究 16 件  
生存圏ミッション研究 24 件  
ミッション専攻研究員 5 件

**平成26年3月11日(火)**

**【生存圏研究所 研究ミッション活動紹介】**

- 10 時 30 分 ミッション1: 環境計測・地球再生  
(代表) 塩谷雅人 (生存圏研究所・教授)
- 10 時 50 分 ミッション2: 太陽エネルギー変換・利用

(代表) 篠原真毅 (生存圏研究所・教授)

11時10分 ミッション3：宇宙環境・利用

(代表) 山川 宏 (生存圏研究所・教授)

11時30分 ミッション4：循環型資源・材料開発

(代表) 矢野浩之 (生存圏研究所・教授)

## 10. 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している。

### 本年度のシンポジウム実施状況

本年度は第229回から第257回の生存圏シンポジウムを開催した。29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8件である。残りの21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、国際会議も7件（第231、234、236、237、239、243、256回の7件、参加人数824人）を数える。参加人数は2519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	参加者数
第229回	平成25年6月1日 (京都大学宇治キャンパスおうばくプラザ/きはだホール)	第6回生存圏フォーラム総会・特別講演会	76
第230回	平成25年7月18日 (京都大学生存圏研究所/遠隔講義室(S143))	DASH/FBAS 全国共同利用成果報告会—第4回—	18
第231回	平成25年8月8日-9日 (千葉大学/アカデミックリンクセンター)	小型衛星によるGPS電波掩蔽ミッションに関する国際ワークショップ	54
第232回	平成25年8月19日-20日 (国立極地研究所/大会議室)	地球環境科学における長期データの利用と分野横断研究 - データの発掘とe-infrastructure -	48
第233回	平成25年9月12日-13日 (京都大学生存圏研究所/木質ホール)	第7回MUレーダー・赤道大気レーダーシンポジウム	74
第234回	平成25年9月17日-18日 (ベンクル大学/インドネシア共和国ベンクル州)	生存圏科学スクール2013・第3回国際生存圏科学シンポジウム Humanosphere Science School 2013 (HSS2013) The 3rd International Symposium for Sustainable Humansphere (The 3rd ISSH)	114



第 235 回	平成 25 年 9 月 30 日-10 月 1 日 (京都大学宇治キャンパス/総合研究実験棟 遠隔会議室 HW401)	第 3 回極端宇宙天気研究会	37
第 236 回	平成 25 年 10 月 3 日-5 日 (京都大学宇治キャンパスおうばくプラザ/きはだホール・ハイブリッドスペース)	国際シンポジウム「地球科学の挑戦」 - 第 3 回オクラホマ大学/京都大学サミット- International Symposium on Earth-Science Challenges (ISEC) -The 3rd Summit between the University of Oklahoma and Kyoto University-	102
第 237 回	平成 25 年 10 月 19 日-20 日 (京都大学百周年時計台記念館 および吉田国際交流会館)	The 4th International Conference on Sustainable Future for Human Security (Sustain) 2013	152
第 238 回	平成 25 年 11 月 18 日 (京都大学生存圏研究所/木質ホール)	第 10 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 -マイクロ波高度利用と先端分析化学 第 3 回 先進素材開発解析システム (ADAM) シンポジウム -マイクロ波高度利用生存圏フラッグシップ共同研究	52
第 239 回	平成 25 年 11 月 18 日-22 日 (名古屋大学豊田講堂)	CAWSES-II 国際シンポジウム International CAWSES-II Symposium	320
第 240 回	平成 25 年 12 月 20 日 (京都大学宇治キャンパスおうばくプラザ/きはだホール)	第 3 回東日本大震災以降の福島県の現状及び支援の取り組みについて	138
第 241 回	平成 25 年 12 月 24 日-27 日 (九州大学情報基盤研究開発センター)	太陽地球惑星系科学 (STP) シミュレーション・モデリング技法勉強会&STE シミュレーション研究会合同研究集会 - 宇宙プラズマ・大気・天体	43
第 242 回	平成 26 年 1 月 10 日 (京都大学宇治キャンパスおうばくプラザ/きはだホール)	大規模木造建築の設計・施工の実際 これまでの事例から考える今後の課題	137
第 243 回	平成 26 年 1 月 13 日 (インドネシア共和国バンドン市)	International Symposium on Meso-scale Meteorology Using GPS, Radars and Numerical Models	50
第 244 回	平成 25 年 12 月 17 日 (京都大学宇治キャンパスおうばくプラザ/セミナー室 4・5)	生物多様性条約をめぐる国内外の状況～遺伝資源へのアクセス～ Domestic and International Situation of The Convention on Biological Diversity	30
第 245 回	平成 26 年 2 月 17 日 (京都大学生存圏研究所/木質ホール)	生存圏データベース (材鑑調査室) 全国共同利用成果報告会	17
第 246 回	平成 26 年 2 月 18 日 (キャンパスプラザ京都)	木の文化と科学 1 3 神像彫刻を知る	34
第 247 回	平成 26 年 2 月 18 日 (京都大学生存圏研究所/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・国際共同利用研究成果報告会	29
第 248 回	平成 26 年 3 月 10 日-11 日 (京都大学宇治キャンパス/総合研究実験棟 遠隔会議室 HW401・木質ホール)	生存圏ミッションシンポジウム	150
第 249 回	平成 26 年 3 月 20 日 (京都大学生存圏研究所/木質ホール)	平成 25 年度 木質材料実験棟全国共同利用研究報告会	43

第 250 回	平成 26 年 3 月 25 日 (京都テルサ)	【Nanocellulose Symposium2014】 セルロースナノファイバー “日本には資源も知 恵もある “	532
第 251 回	平成 26 年 3 月 12 日-13 日 (京都大学生存圏研究所/木質 ホール)	平成 25 年度 RISH 電波科学計算機実験 (KDK) シン ポジウム	33
第 252 回	平成 26 年 2 月 28 日 (京都大学宇治キャンパス/総 合研究実験棟 講義室 2、 CB215)	植物アロマのメタ代謝科学 ～生態学、大気科学、植物科学の融合～	40
第 253 回	平成 26 年 3 月 14 日 (京都大学生存圏研究所/木質 ホール)	第 13 回宇宙太陽発電と無線電力伝送に関する研究 会	28
第 254 回	平成 26 年 2 月 27 日 (京都大学楽友会館/ 2 階会議 講演室)	第 4 回 生存圏熱帯人工林フラッグシップシンポジ ウム	75
第 255 回	平成 26 年 2 月 14 日 (京都大学 東京オフィス/第 2 会議室)	次世代超高層大気研究検討会 -次期 MTI 衛星ブレ ーンストーミング-	10
第 256 回	平成 26 年 3 月 25 日 (宇宙航空研究開発機構 宇宙 科学研究所)	ジオスペースダイナミクスに関するシンポジウム	32
第 257 回	平成 26 年 3 月 27 日 (ピアザ淡海 滋賀県立県民 交流センター)	第 1 回比良おろしワークショップ	51
合計			2,519

## 研究業績

当研究所の研究業績は、京都大学教育研究活動データベースにまとめられており、平成 25 年度の研究業績についても本データベース <http://kyouindb.iimc.kyoto-u.ac.jp/view/>を参照されたい。



生存圏研究 第10号

発行日	平成26年11月20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

