

# 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22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、22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61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22年度は、20件を採択・実施した。また、従来学内に限定した「萌芽ミッションプロジェクト」を学外まで拡大し、40歳以下の若手研究者を対象とする公募プロジェクト「生存圏科学萌芽研究」に改革した。平成22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) バイオナノマテリアル共同研究
- 3) バイオマス・物質変換のためのマイクロ波高度利用共同研究

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開始した。

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。今年度は、28件の生存圏シンポジウムを主催・共催し参加者の総数は1379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。

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

### 1.1 センター運営会議委員

林 知行（独立行政法人 森林総合研究所）  
荻野瀧樹（名古屋大学 太陽地球環境研究所）  
廣岡俊彦（九州大学 大学院理学研究院）  
小原隆博（宇宙航空研究開発機構 研究開発本部）  
窪寺 茂（建築装飾技術史研究所）  
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）  
センター長（矢野浩之）、副所長（渡辺隆司）、  
開放型研究推進部長（塩谷雅人）、ミッション推進委員会委員長（塩谷雅人）、  
ミッション代表：矢崎一史、篠原真毅、山川 宏、小松幸平

### 1.2 センター構成員

- ・ 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・本田与一・畑 俊充  
国際共同研究分野：山川 宏、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（Md. Mahabubur Rahman、疋島 充、肥塚崇男、王 悦、中谷 誠、西村裕志）
- ・ 学内研究担当教員（兼任）
- ・ 学外研究協力者

### 1.3 ミッション専攻研究員の公募

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

## 2. 本年度の実績

### 2.1 ミッション専攻研究員の研究概要

氏名、(共同研究者)、プロジェクト題目、研究内容

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

半世紀近く前から、地上から地球磁気圏へ向けた人工波動放射の実験結果として、トリガード放射と呼ばれる波動が多く観測されている。だが、宇宙空間においてどのような過程を経てトリガード放射が生成されるかは詳しく分かっていない。そこで本研究では、大規模プラズマシミュレーションを用いることによりトリガード放射の生成に取り組んだ。シミュレーションモデルは磁気赤道面付近において、磁力線に沿った1次元のモデルを想定した。人工波動を取り入れるために単一周波数の波動を磁気赤道面から注入し、磁力線に沿って高緯度領域へ伝搬させた。注入波動は共鳴を介して、粒子の非線形的なトラップを生じさせ共鳴電流を生み出す。この共鳴電流が新たに波動を励起する。シミュレーション研究により、磁気圏で生じるトリガード波動の生成過程を詳細な時間変化で確認することが可能となった。また、トリガード放射は非線形トラップにより、粒子の加速および減速を生じさせることを確認した。この結果は波動を介した磁気圏での粒子フラックスの増加・減少に結びつく重要な証拠となる。

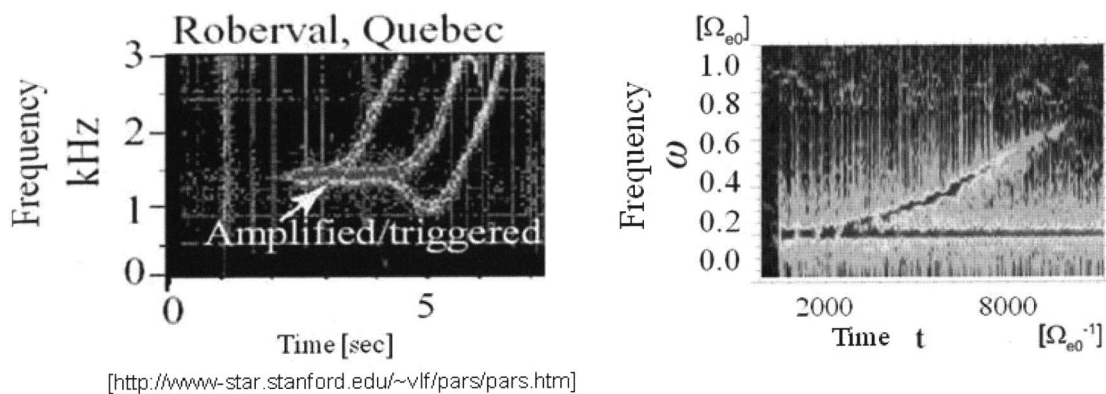


図1 : (左) 人工波動の放射実験によって観測されたトリガード放射、および (右) シミュレーションによって再現されたトリガード放射。

西村裕志 (渡辺隆司) : バイオマス系生理活性有機分子に関する研究

地球温暖化などによる環境変動、グローバル化による人・動物・物の移動によりウイルスをはじめとした感染症のリスクが高まっている。本研究では、未利用バイオマスから薬効成分・生理活性物質を生産し、人の健康や安全な生活に貢献するという新しい研究領域を開拓することを目指し、多様な構造の天然物の分析と抗ウイルス活性評価を行うことを目的とした。木酢液や竹酢液に代表される木質バイオマスの熱分解物は、植物由来の天然物とその分解過程で生じる多様な化合物群を含み、薬効成分・生理活性物質として、人の健康増進や安全な生活の維持に寄与する可能性を秘めている。本研究では、製法が明確で認証評価を受けた代表的な広葉樹、針葉樹由来の木酢液および竹酢液について、GC/MS 等による成分分析および化学的性質に基づいた分画を行い、これまでにほとんど知見がない木酢液、竹酢液の抗ウイルス活性および消毒効果について評価することを目的とした。特に昨年来、日本、韓国をはじめアジア各国で猛威をふるってきた口蹄疫ウイルスの消毒薬を未利用バイオマスから生産することを視野に入れて、同科のピコルナ科ウイルスに対する抗ウイルス活性評価を、ヒトやマウスの培養細胞およびマウスを用いた動物実験により検討した。本研究の概要と研究体制を図1に示す。

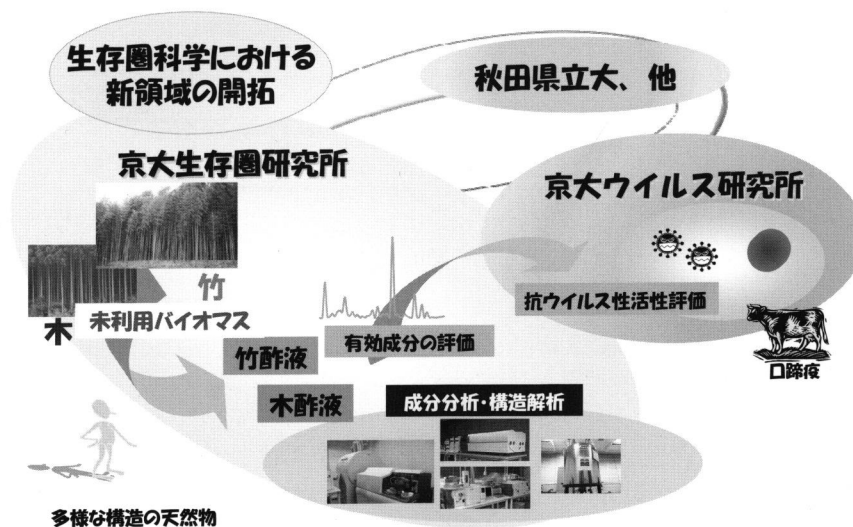


図1 : 本研究の概要と研究体制(京大生存圏研究所、ウイルス研究所、秋田県立大木材高度加工研究所などとの共同研究)。構造変換された未利用バイオマスから生理活性物質など有効成分を得ることで人の健康・安全への貢献を目指す。

培養細胞を用いて細胞毒性、抗ウイルス活性評価を行った結果、蒸留木竹酢液処理細胞の生存率に若干の効果が認められた。一方、木竹酢液中の酢酸、ホルムアルデヒド、フェノール類などの成分分析(GC/MS)を行った結果、酢酸、ホルムアルデヒド含有量と細胞毒性、抗ウイルス性に直接の相関は見られなかった。このことから、木竹酢液中の酢酸、ホルムアルデヒド以外の成分が寄与している可能性が考えられる。また赤外線サーモグラフィを用いたマウスによる動物試験、分画木竹酢液での抗ウイルス活性の検討を行った。

### 中谷 誠 (小松幸平)： ラグスクリーボルトの傾斜埋め込み接合の開発

既往の研究成果より、大型のネジ型接合具であるラグスクリーボルト (以下、LSB) による木質ラーメン構造が提案されている。現行の接合方法は、部材に対して直交方向もしくは平行方向に LSB を埋め込む。これまでの研究により、柱と梁の接合部において部材の寸法や接合部の構成により LSB によって囲まれた柱材でせん断破壊を引き起こすこと、そして LSB の引き抜き破壊が先行して生じる場合に脆性的な破壊となることが報告されている。そこで本研究では、LSB が接合部でクロス状になるように柱材に傾斜を付けて埋め込むことで、柱材のせん断補強効果と LSB の引き抜き変形能力の向上を期待する新たな接合形式『ラグスクリーボルトの傾斜埋め込み接合』を提案した。柱に梁が片方だけ接合された L 型接合部、そして両側に梁が接合された十字型接合部について提案する接合方法の性能評価実験を行った。その結果、十字型試験体では従来型が柱材のせん断破壊を生じたのに対し、提案型では LSB の柱へのめり込みと斜め引き抜き破壊による補強効果が認められた。また回転剛性は 50% に低下したが、最大モーメントが 55%、エネルギー吸収量が 7.6 倍向上した。L 型試験体でも従来型に比べ変形性能が向上した。

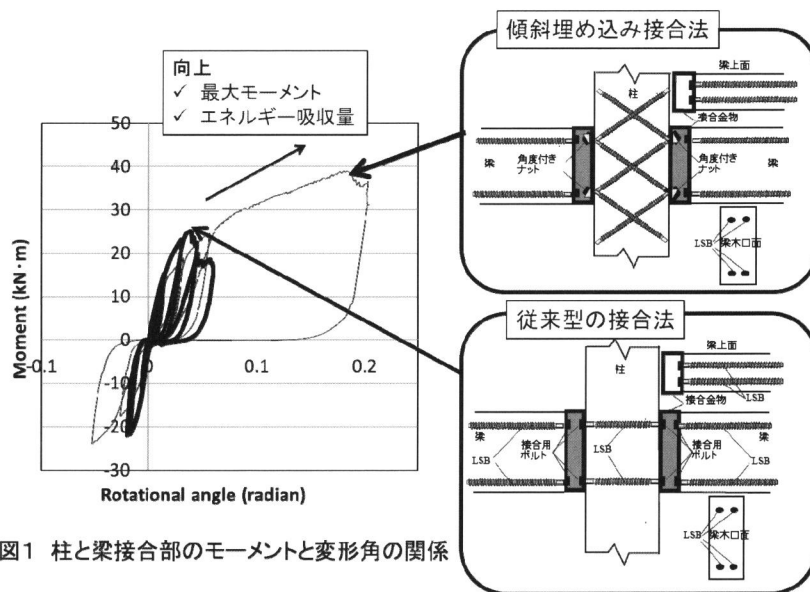


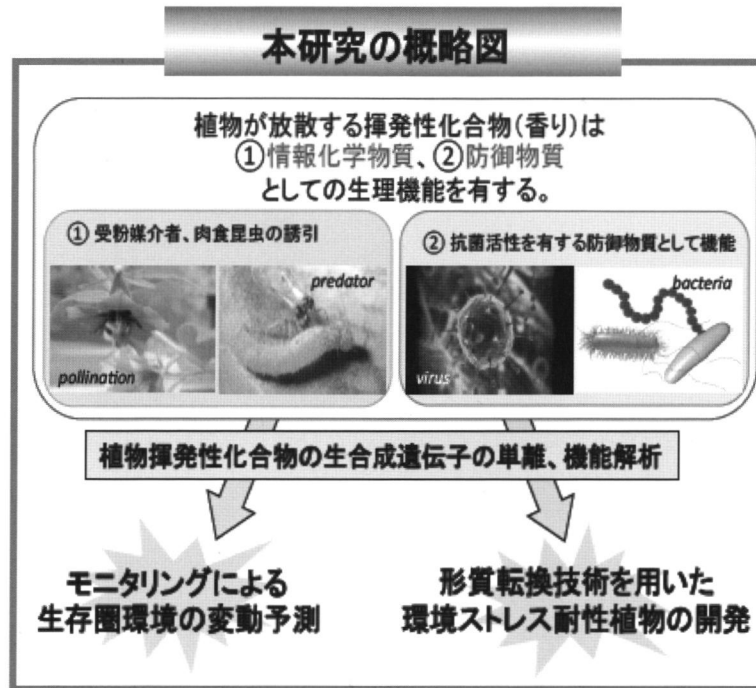
図1 柱と梁接合部のモーメントと変形角の関係

### 肥塚崇男 (矢崎一史)： 植物揮発性化合物を利用した環境変動予測と環境ストレス耐性植物の開発

植物が作り出す揮発性化合物は、周りの生態系に対する情報化学物質、直接防御物質としての機能が知られている。本研究では、植物が持つ有用揮発性成分の生合成遺伝子を単離し、それら遺伝子を分子ツールとして利用した環境ストレス耐性植物の作出を目指している。GC-MS 分析により、日本特有の常緑樹であるシキミ (*Illicium anisatum*, シキミ科) が生産する多様なフェニルプロペン類の揮発性成分組成を明らかにした。そこで、成分分析に用いたシキミからフェニルプロペンの 1 つであるオイゲノールのプレニル



化、メチレンジオキシ環形成に関与する候補酵素遺伝子を取得した。現在、異種発現系による組換え酵素の解析ならびに形質転換植物の作出を行っている。



Md. Mahabubur Rahman (Toshiaki Umezawa) : Improvement of wood characteristics of tropical *Acacia* by molecular breeding

As the first step towards the improvement of wood characteristics of *Acacia mangium* and *Acacia crassicaarpa* by molecular breeding, we have established the efficient micropropagation system and the genetic transformation and regeneration systems. Thus, we have established: 1) mass plantlets propagation technique for both *Acacia* species from nodal segments, 2) micropropagation of plantlets regenerated from phyllode segments of *A. crassicaarpa* by somatic embryogenesis and 3) *Agrobacterium*-mediated genetic transformation system of *Acacia crassicaarpa* with the integration of  $\beta$ -glucuronidase (GUS) reporter gene. The established procedures in the present investigation can be used as tools in the genetic improvement of these *Acacia* species.

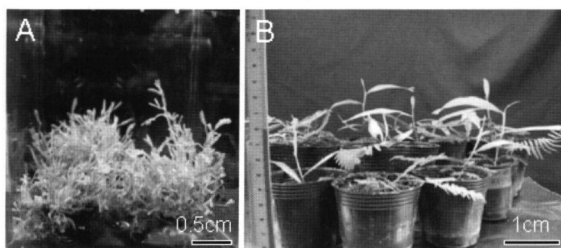


Fig. 1. Micropropagation of *A. mangium*. A. Multiple proliferated shoots, B. Acclimatized plantlets.

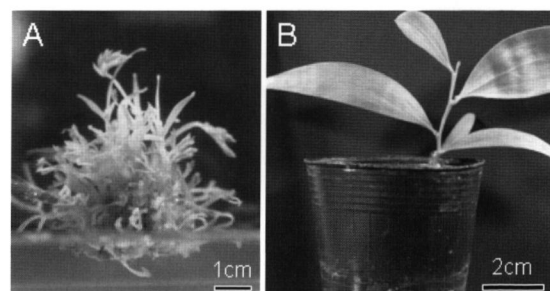
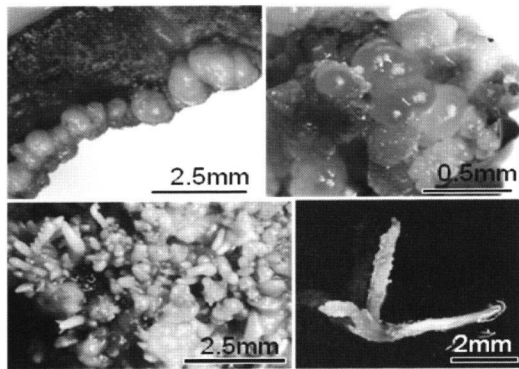
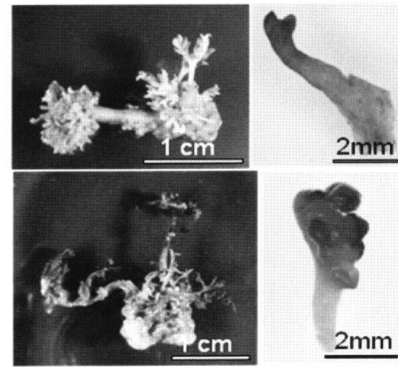


Fig. 2. Micropropagation of *A. crassicaarpa*. A. Multiple proliferated shoots, B. Acclimatized plantlets.



Somatic embryogenesis of *A. crassicaarpa*



Transgenic *A. crassicaarpa* with the integration of GUS gene

### 王 悦 (杉山淳司) : 木材の液体浸透機構の解明による中国産低質材の改質技術の確立

本年度の研究では、我々は以下の4点を着目し、実験を行った。1) 有縁壁孔の力学的性質の相違；2) 閉そく壁孔壁の破壊に対する横圧縮処理の有効性；3) 抽出処理法による浸透性の相違；4) 樹種特性。具体的には、針葉樹4樹種を用いて、横圧縮処理や抽出処理を施し、閉そく壁孔のトーラス、マルゴにおける破壊、変形、堆積物の除去などの違いを調べ、壁孔壁の性質の樹種特性を明らかにするとともに、処理による浸透促進効果にどのように影響するかを論じた。その結果、閉そく壁孔の微細構造と力学的性質の相関性が認められ、横圧縮の浸透促進効果には樹種特性が存在することを明らかにした。また、アルペン抽出処理は、浸透性に負の影響を及ぼす可能性については、さらに研究を進める必要がある。

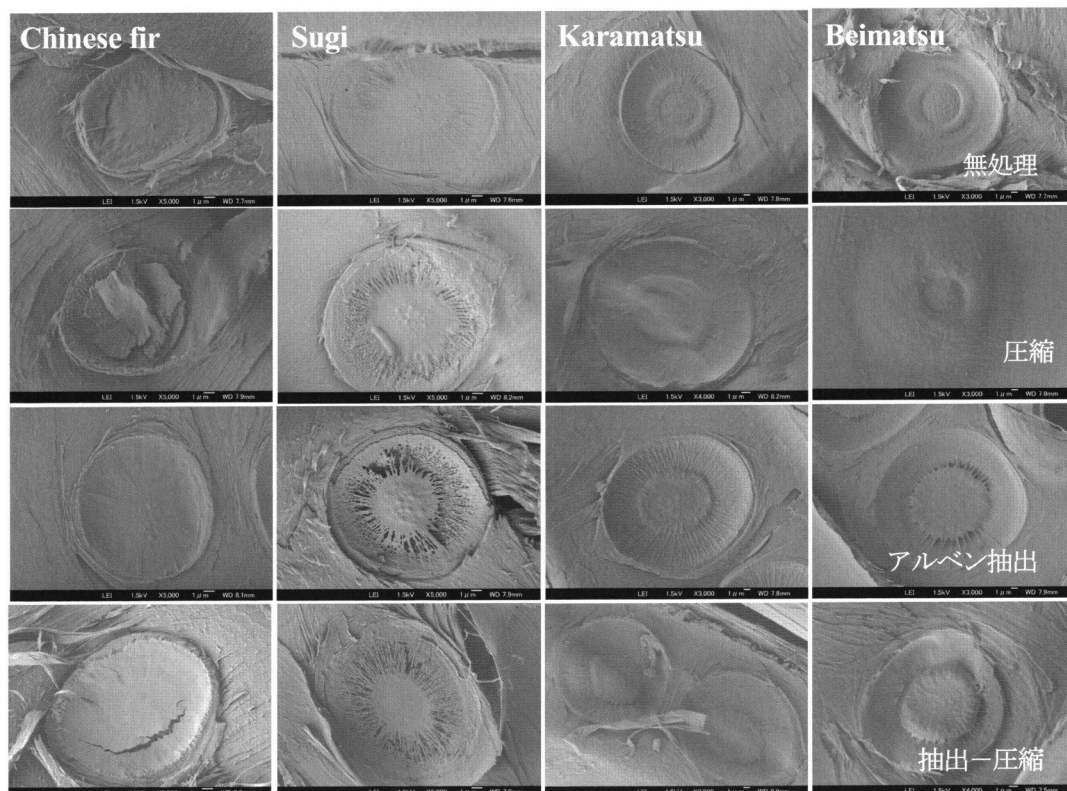


図1：各処理における壁孔壁の形態

2.2 平成22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	赤道域大気変動と物質輸送に関する数値実験的研究
	教授	柴田 一成	太陽活動現象
	教授	里村 雄彦	赤道域降水変動に関する観測的及び数値実験的研究
	教授	鍵山 恒臣	火山からの火山ガス放出の遠隔測定の研究
	教授	一本 潔	太陽活動と宇宙天気
	教授	嶺重 慎	宇宙プラズマ現象
	教授	長田 哲也	宇宙空間ダストの赤外線観測
工学研究科・工学部	教授	永田 雅人	回転系対流パターンの非線形安定性解析による大気圏流れの解明
	教授	引原 隆士	マイクロ波エネルギー供給に関連した SiC パワーデバイスの応用に関する研究
農学研究科・農学部	教授	太田 誠一	熱帯林の土壌生態
	教授	東 順一	未利用生物資源の有効利用による資源循環的社会的構築
	教授	谷 誠	森林利用の水資源に及ぼす影響
	教授	井上 國世	リグナン類の酵素機能調節に関する研究
	教授	木村 恒久	セルロースの機能化に関する研究
	准教授	藤井 義久	木材の生物劣化の非破壊診断技術開発
	准教授	山内 龍男	木材パルプ繊維のリサイクル使用に関する研究
	准教授	高部 圭司	木質バイオマスの基本構造と多面的利用に関する研究
	講師	坂本 正弘	タケ資源の有効利用
	助教	小杉 緑子	森林・大気間における熱・水・CO <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
エネルギー科学研究科	教授	坂 志朗	ヤシ科植物の総合的エネルギー利用の研究
	准教授	河本 晴雄	ヤシ科植物の総合的エネルギー利用の研究
	助教	陳 友晴	鉱山開発による周辺生存圏の変化に関する研究
アジア・アフリカ地域研究研究科	教授	荒木 茂	熱帯強風化土壌における作物栽培の地域間比較
	教授	小杉 泰	イスラーム世界における生存基盤論
	教授	池野 旬	地域経済圏の形成に関する、アジア・アフリカの比較研究
情報学研究科	教授	佐藤 亨	大気レーダーイメージング技術の開発
	教授	酒井 徹朗	循環型社会における流域情報システム
	教授	守屋 和幸	繁殖雌牛を利用した小規模放牧管理技術
	准教授	荒井 修亮	バイオリギングによる水圏生物の生態解明
	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
	特定助教	奥山 隼一	バイオリギングによる水圏生物の生態解明

地球環境学堂	准教授	市岡 孝朗	森林生態系における生物間相互作用に関する研究
	准教授	須崎 純一	マイクロ波リモートセンシングによる農地の水資源モニタリング
化学研究所	教授	中村 正治	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
	准教授	佐川 尚	光合成型エネルギー変換
防災研究所	教授	寶 馨	生存圏諸過程における防災技術政策に関する研究
	教授	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
	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
原子炉実験所	准教授	茶竹 俊行	中性子・X線による蛋白質・核酸の立体構造の研究
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	柴田 昌三	竹資源の有効活用の促進
	助教	坂野上 なお	木造住宅生産システムと木質材料の供給に関する研究
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

### 2.3 平成22年度 生存圏科学萌芽研究プロジェクト一覧

	氏名(五十音順)	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 (京都大学次世代開拓研究 ユニット・特定助教)	古くて新しい紙の超高強度化に関する研究	矢野 浩之 梅村 研二	京都大学次世代開拓研究ユニット
2	有村 源一郎 (京都大学理学研究科・ 准教授)	揮発性物質が媒介する植物間情報ネットワークのメカニズム	矢崎 一史 室井 敦	京都大学理学研究科

3	浅井 歩 (京都大学宇宙総合学研 究ユニット・特定助教)	深宇宙探査機への宇宙天気アラ ートの研究	大村 善治 磯部 洋明 塩田 大幸 石井 貴子 羽田 裕子	京都大学宇宙総合学研 究ユニット 理化学研究所 京都大学理学研究科
4	伊福 伸介 (鳥取大学工学研究科・ 講師)	海洋生物由来の微細繊維「マリン ナノファイバー」を配合した機能性 繊維材料の開発	矢野 浩之 南 三郎 アントニオ・ ノリオ・ナカガイト 梶田 秀樹	鳥取大学農学研究科 鳥取大学工学研究科 オーミケンシ(株)
5	上野 悟 (京都大学理学研究科・ 助教)	太陽物理学との連携による超高層 大気変動現象の研究	林 寛生 磯部 洋明 浅井 歩 新堀 淳樹	京都大学宇宙総合学研 究ユニット
6	糠間 由幸 (国立米子工業高等専門 学校・助教)	マイクロ波エネルギー選択捕集能 をもつイオン液体の合成と木質バ イオリファイナリーへの展開	渡辺 隆司 吉岡 康一	国立米子工業高等専門 学校
7	肥塚 崇男 (京都大学生存圏研究所・ ミッション専攻研究員)	木質バイオマス利用の新展開 ー形質転換による木質バイオマス の効率的な改質と有用物質生産 ー	鈴木 史朗	
8	成行 泰裕 (高知工業高等専門学校・ 助教)	宇宙空間における人体・衛星保護 のための磁気シールド開発に関 する基礎研究	小嶋 浩嗣 臼井 英之 永野 優一	神戸大学システム情報学研 究科 高知工業高等専門学校電 気工学科
9	西岡 未知 (名古屋大学太陽地球環 境研究所・研究機関研究員)	プラズマバブルの出現特性の理 解に向けた全球的な地上 GPS 受 信機データベースの構築	橋口 浩之 大塚 雄一 斉藤 昭則	名古屋大学太陽地球環 境研究所 京都大学理学研究科
10	西宮 耕栄 (北海道立総合研究機構 森林研究本部・研究主任)	木質バイオマス燃焼灰からの新規 BDF 触媒の開発とその評価	畑 俊充	北海道立総合研究機構 森 林研究本部
11	能木 雅也 (大阪大学産業科学研 究所・助教)	銀ナノインクのバイオナノファイ バー基板への印刷特性評価	矢野 浩之 伊福 伸介 阿部賢太郎	鳥取大学工学研究科 京都大学次世代開拓研 究ユニット
12	三谷 友彦 (京都大学生存圏研 究所・助教)	宇宙太陽発電所の超大規模フェ ーズドアレーアンテナにお ける位相最適化問題の研究	田中 俊二 蛸原 義雄	京都大学工学研究科

13	山口 弘誠 (京大大学生存基盤科学研究ユニット・特定研究員)	水蒸気量の鉛直分布のデータ同化による降水予測精度へのインパクト評価	古本 淳一 中北 英一	京大大学生存基盤科学研究ユニット 京都大学防災研究所
14	山根 悠介 (常葉学園大学教育学部・講師)	東南アジア・南アジア域における大気環境診断パラメータを用いた大気環境変動の把握	塩谷 雅人 林 泰一 木口 雅司	京都大学防災研究所 東京大学生産技術研究所
15	山本 真之 (京大大学生存圏研究所・助教)	大気レーダー・気象レーダーによる降水粒子の粒径分布リターン手法の開発	妻鹿 友昭 足立アホロ 下舞 豊志 西 憲敬	気象研究所 島根大学総合理工学部 京都大学理学研究科
16	渡辺 文太 (京都大学化学研究所・助教)	高機能木質材料生産への応用を目指したケイ皮酸/モノリグノール経路阻害剤の開発	梅澤 俊明 平竹 潤	京都大学化学研究所

## 生存圏科学萌芽研究 成果の概要

### (1) 古くて新しい紙の超高強度化に関する研究

#### 1. 研究組織

代表者氏名：阿部賢太郎（京都大学次世代開拓研究ユニット）

共同研究者：矢野浩之（京大大学生存圏研究所）、梅村研二（京大大学生存圏研究所）

#### 2. 研究概要

本研究は植物繊維から単離したセルロースナノファイバーから、新しい紙の形態であるセルロースナノペーパーの開発を行った。ナノファイバーから作製する新しい紙の製造方法を検討するとともに、これまでの紙の改質に関する蓄積技術を活用することにより従来の紙の力学性能をはるかに上回る紙を製造した。

精製した針葉樹木粉をグラインダーで1回処理することにより幅 15nm、長さ 2-3 μm 以上のセルロースナノファイバーが得られる。ナノファイバー水懸濁液を抄紙後、120℃の熱圧乾燥により基本となるセルロースナノペーパーを作製した。本シートの密度は 1.5-1.6g/cm<sup>3</sup> とセルロースの密度とほぼ同等であることから内部の空隙率はほぼ零に等しく、極めて高い充填構造を有することが示唆される。本シートを引張試験に供したところ、従来の紙の力学性能を大きく上回り、ヤング率約 15GPa 程度および引張強度約 250MPa という高い性能を示した。

また、シートの力学性能は試料となる木粉の粒径により変化することが明らかとなった。小粒径から作製するナノファイバーのほうが解繊度が高く、シートのヤング率および強度が向上したと考えられる。さらに、ナノペーパー作製後に様々な処理を施すことによって、紙の力学性能を改質した。例えば、アルカリ処理による引張伸びの増大やクエン酸水溶液に浸漬した後高温で熱圧することによりヤング率確認された。

セルロースナノペーパーは軽量ながら高強度性を示し、非常に高比強度な材料であると言える。その値はマグネシウム合金に匹敵することから、セルロースナノペーパーは今後従来の紙の用途を超える幅広い用途展開が期待される。

## (2) 揮発性物質が媒介する植物間情報ネットワークのメカニズム

### 1. 研究組織

代表者氏名：有村源一郎（京都大学理学研究科）

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

### 2. 研究概要

植物由来の揮発性テルペンは、植物が害虫からの食害を受けた際に大気環境に放出し、周囲の植物は害虫に対する防御応答を向上させることができる。本研究では植物間の情報伝達の役割を担う揮発性テルペンの生合成遺伝子を恒常的に過剰発現させた組換えタバコを用いて、組換え植物が放出するテルペンが周囲の植物に与える影響について室内の風洞装置および自然環境に近い遺伝子組換え用ガラス温室内で解析した。

植物間の情報伝達の役割を担う揮発性テルペンの生合成遺伝子（リママメ由来のオシメン合成酵素）を恒常的に過剰発現させた組換えタバコを基軸にした植物間相互作用実験を実施した。風洞装置内で、組換え植物の風下にリママメおよびトウモロコシを設置し、害虫防除に関わる直接防御（害虫に対する直接抵抗性）と間接防御（害虫の天敵種の誘因）をタバコ野生株の風下に設置した同栽培種と比べた結果、いずれの場合も組換え植物の風下の栽培種の害虫に対する抵抗性が高まることがわかった。同様に、生存圏研究所内の遺伝子組換え植物用ガラス温室内で、組換えタバコの周辺にリママメを設置し、1週間生育させた結果、組換えタバコの近傍（30 cm）のリママメは、ハダニの捕食性天敵であるチリカブリダニの誘引効果が高まることを見出された。これらの結果から、揮発性テルペンを恒常的に放出する組換え植物の周囲に栽培種を設置することで栽培種を有機的に害虫から防除できる可能性が示唆された。

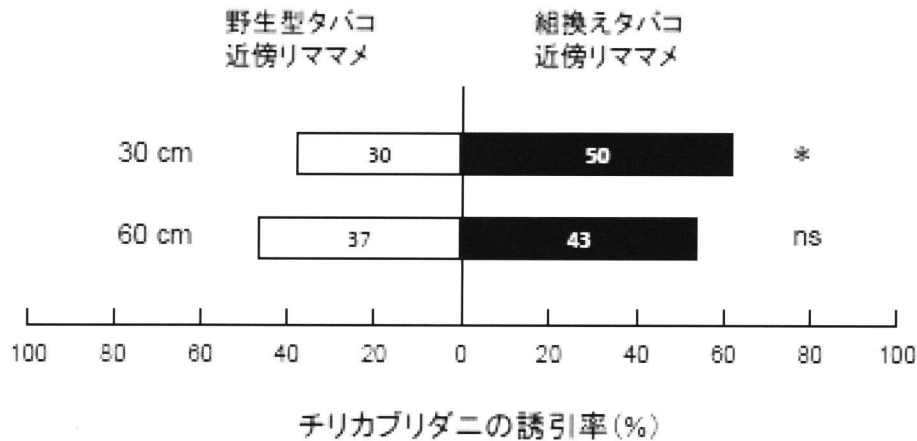


図1：チリカブリダニの誘引実験

ガラス温室内で組換えタバコおよび野生型タバコの近傍でリママメを1週間生育させた（距離：30 cm および 60 cm）。近傍リママメにハダニ処理を施し、ハダニの捕食性天敵であるチリカブリダニの誘引効果をY字管アッセイ装置を用いて解析した。\*:有意差あり；ns: 有意差なし。

## (3) 深宇宙探査機への宇宙天気アラートの研究

### 1. 研究組織

代表者氏名：浅井 歩（京都大学宇宙総合学研究ユニット）

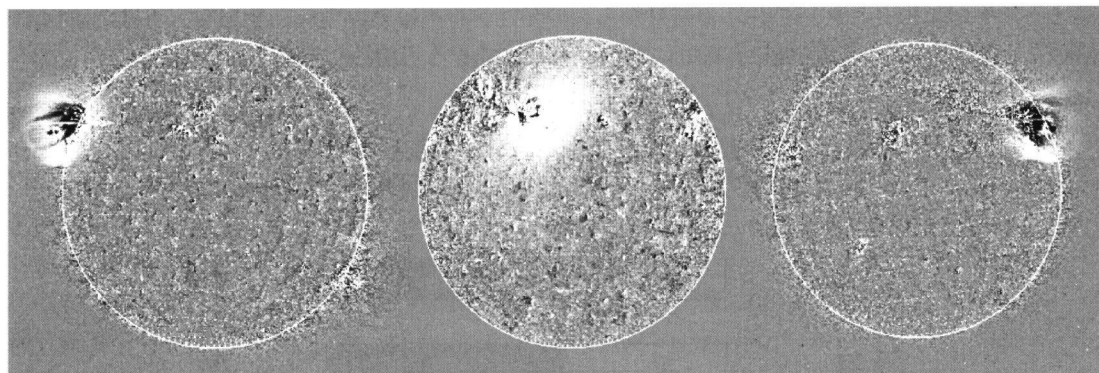
共同研究者：大村善治（京都大学生存圏研究所）、磯部洋明（京都大学宇宙総合学研究ユニット）、  
塩田大幸（理化学研究所）、石井貴子（京都大学理学研究科）、  
羽田裕子（京都大学理学研究科）

## 2. 研究概要

太陽フレアの発生機構及びその人類生存圏への影響を理解・予測するための「宇宙天気予報」研究は世界中で活発に行われている。ただしこれまでの宇宙天気研究は、地球周辺環境に対して主に行われ、金星探査機「あかつき」など地球周辺にない「深宇宙探査機」に対してはほとんど行われていない。また、そのような探査機への宇宙天気予報システムの構築に必要な情報の収集も不十分な状況である。私たちは、太陽を地球公転軌道上の2方向から観測している STEREO 衛星の特徴を生かし、深宇宙探査機が受ける電磁放射や加速粒子の定量的な評価、ひいては宇宙天気アラートの実現を目指している。本研究ではその基礎研究として、太陽活動に伴う様々な擾乱成分の中で衛星・探査機に深刻な影響を与えるものを、極端紫外線(EUV)太陽全面画像という限定されたデータのみからどこまで予測可能か検証した。

私たちは、過去のフレアに対して SOHO 衛星の EIT による EUV 放射量と GOES 衛星の X 線強度をフレアについて比較し、両者の間に正相関が見られることを確認した。このことから、EUV 放射からでも、ある程度フレアにおける X 線強度を推定することが可能であることを確かめた。次に、活動領域全体の EUV 放射量の変動についても調べ、フレアを活発に引き起こす活動領域の成長を推定できる可能性を示した。

今後は、引き続き SOHO 衛星や地球近傍の観測データを解析することで、フレアや SEP の発生予報に有効なパラメータを太陽物理学の見地からより一層明らかにする。また、今ある深宇宙探査機に対し、地球から見えない側で発生する太陽活動の影響をモニターすることで、太陽起因による探査機の不具合を突き止め、どの程度の擾乱であったかの推定も試みる。



図：2010年2月7日に発生したフレアを、地球側(中央：SOHO衛星で撮影)と前面(左：STEREO-A機)/後面(STEREO-B機)のそれぞれから撮影したものの。

## (4) 海洋生物由来の微細繊維「マリンナノファイバー」を配合した機能性繊維材料の開発

### 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：矢野浩之(京都大学生存圏研究所)、南三郎(鳥取大学農学研究科)、  
アントニオ・ノリオ・ナカガイト(鳥取大学工学研究科)、梶田秀樹(オーミケンシ(株))

### 2. 研究概要

本研究ではカニ殻より単離したキチンナノファイバーを配合した天然繊維を作成した。また、天然繊維への配合を容易にするために、キチンナノファイバーの表面改質を行い、一方でキチンナノファイバーの生体機能も見出した。キチンナノファイバーの潜在性を十分に引き出した、物性と機能に優れる高付加価値な繊維材料を開発し、世に送り出していく。

### 3. 研究の成果

- ・キチンナノファイバーを配合したレーヨンの作成

溶剤に溶解した天然繊維にキチンナノファイバーを混合した後、ノズルより再生浴の水溶液に噴出して紡糸し、キチンナノファイバー配合天然繊維の製造に成功した(図1)。



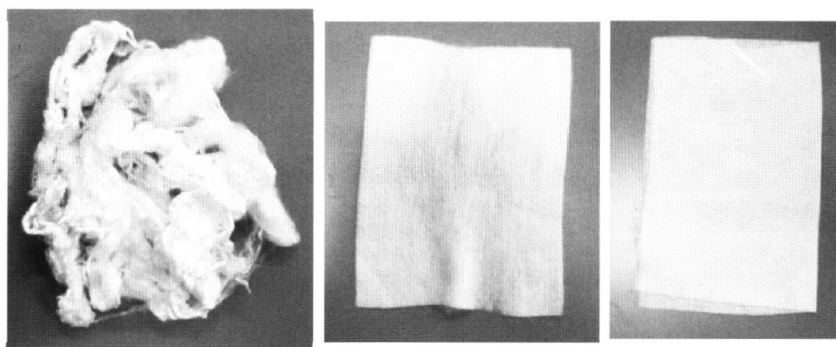


図1. マリンナノファイバーを配合天然繊維. (左) ワタ、(中) 不織布 (ニードルパンチ)、(右) 不織布 (スパンレース).

- ・キチンナノファイバーの化学処理

キチンナノファイバーは酸性の水溶液に対して分散性が高いが、天然繊維の溶剤はアルカリ性である。よってビスコースに対して均質に分散しにくいことが分かった。この問題の解決のため、ポリアクリル酸をキチンナノファイバーの表面にグラフトしたところ、アルカリ水溶液中で安定に分散することが見出された。

- ・生体機能評価

キチンナノファイバーの生体への効果・効用を評価した。ヘアレスマウスの皮膚にキチン、キトサンナノファイバーを塗布した後、皮膚の切片を採取して皮下の組織の経時変化を顕微鏡により観察したところ、真皮の厚みおよび皮下のコラーゲンの密度が増大することが見出された。

## (5) 太陽物理学との連携による超高層大気変動現象の研究

### 1. 研究組織

代表者氏名： 上野 悟 (京都大学理学研究科)

共同研究者： 林 寛生 (京都大学生存圏研究所)、磯部洋明 (京都大学宇宙総合学研究ユニット)、浅井 歩 (京都大学宇宙総合学研究ユニット)、新堀淳樹 (京都大学生存圏研究所)

### 2. 研究概要

超高層大気における諸現象は、下層大気からのエネルギーや運動量の流入、電離圏・プラズマ圏での電磁エネルギー輸送・化学反応、磁気圏-電離圏結合等によって引き起こされているが、この研究では、それらの中でも太陽からの紫外線照射による電離層の反応・エネルギー輸送と言う点に着目し、太陽紫外線放射量の変動に対する地磁気日変動  $S_q$  の振幅の変動現象に焦点を当てた研究を行なった。この  $S_q$  振幅変動を今回超高層大気変動現象の典型例として選択した理由は、最近、 $S_q$  振幅の時系列データから太陽電波放射量 F10.7 により推定される太陽活動 (紫外線放射量) の 11 年周期変動成分を差し引いた結果、第 22 太陽活動周期の終りまでは  $S_q$  振幅は約 30 年間ずっと増加傾向にあり、これは CO2 増加による地球温暖化&熱圏寒冷化による影響ではないかと指摘する報告が発表されたからである。この現象とその解釈が果たして真実であるのか、あるいは別の地球大気固有の原因があるのか、はたまた太陽活動周期成分を見積もる段階でのデータ解析手法の問題に依る見せかけだけのものなのか、それをはっきりさせることを当研究グループの今年度の第一の課題として、IUGONET メタデータデータベースを利用して収集した長期的・広範な地磁気データや各種人工衛星による太陽の紫外線 2 次元画像データ、京大・理・附属天文台保有の可視光域の太陽彩層 2 次元画像データなどの解析を通して、 $S_q$  振幅変動の振舞いの全貌の把握と超高層大気に直接影響を与える紫外線放射量の特徴の把握を試みた。その結果、上記 30 年間に渡る  $S_q$  振幅増加傾向は、地球全球的に見た場合、さらにより長期的に見た場合、非一般的なものであり、地球全体の CO2 増加による影響として説明することは困難であるとの結論に達しつつある。では、果たして  $S_q$  振幅の長期変動が CO2

ではなく、太陽紫外線起源なのか、地球大気起源なのか、については、現在もなお明確な結論を得るため解析を続行中ではあるが、少なくとも暫定的な結論として、これまでの過去の様々な研究で用いられてきた太陽紫外線量の指標として用いられることが多かった F10.7 放射量や黒点相対数では大きな変化が認められないような太陽活動の停滞期においても、紫外線放射量自体はより大きく変動している、ということが原因の一つではないかということが分かってきた。

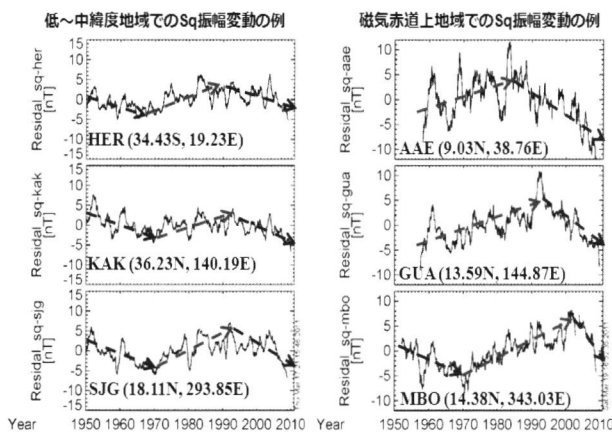


図 1：グローバル・長期的に見た地磁気 Sq 振幅の変動の様子。継続的な Sq 振幅増加現象は、長期的な増減変動の極一時期を見ているに過ぎない。

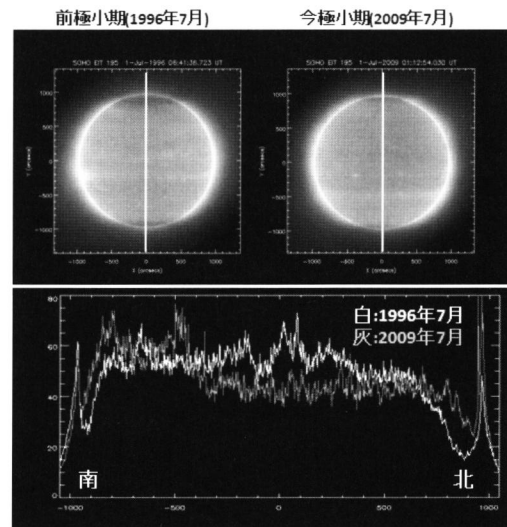


図 2：異なる 2 つの太陽活動極小期における太陽面上紫外線輝度分布 (1 か月平均)。F10.7 放射量や黒点相対数では数%の違いしか確認できないが、紫外線放射量は十数%もの違いが認められる。

(6) マイクロ波エネルギー選択捕集能をもつイオン液体の合成と木質バイオリファイナリーへの展開

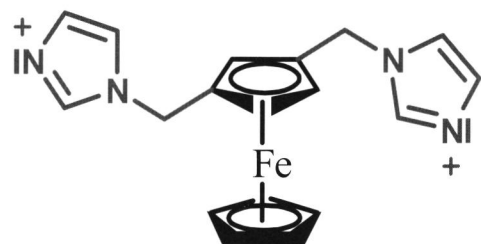
1. 研究組織

代表者氏名： 榎間由幸 (国立米子工業高等専門学校)

共同研究者： 渡辺隆司 (京大大学生存圏研究所)、吉岡康一 (京大大学生存圏研究所)

2. 研究概要

石油や石炭の代替のエネルギー資源として、再生可能であり、唯一の炭素資源とした木質バイオマスが脚光を浴びている。植物細胞壁は多糖類のセルロース・ヘミセルロースと芳香族性の高分子であるリグニンが含まれている。これらの成分を最大限に利用するためには、環境負荷が小さく効率的なリグニンの分離が必要である。分解反応によるリグニン除去では、アルカリ条件下や酸性条件下で高温・高圧条件が必要であり、環境調和型社会に適さない。これらの問題点を改善するため、リグニンの可溶性およびリグニン分解に適用可能な環境調和型新規溶剤の開発が必須である。そこで、近年、環境調和型溶媒として利用されているイオン液体 (以下 IL: ionic liquid) に注目し、マイクロ波エネルギー選択捕集能をもつ金属含有の新規 IL の合成と、木質バイオリファイナリーへの展開を目指した。フェロセンチルトリメチルアンモニウムヨードを出発物質とし、2 段階収率 65% で、鉄原子含有の新規 IL (a) を得た。これ



新規 IL (a) の化学構造

を含む系で、種々のバイオマスに対して、マイクロ波照射をおこなった。得られた残渣の酵素糖化をおこなったところ、マイクロ波と金属含有 IL との相乗作用による顕著な差は見られなかったが、今後は、単離リグニンや木材を試料として、マイクロ波照射反応による有意性を見出し、リグニン分解系および酵素糖化前処理のための金属含有 IL を発展させたい。

## (7) 木質バイオマス利用の新展開

### —形質転換による木質バイオマスの効率的な改質と有用物質生産—

#### 1. 研究組織

代表者氏名：肥塚崇男（京都大学生存圏研究所）

共同研究者：鈴木史朗（京都大学生存圏研究所）

#### 2. 研究概要

近年、新たな化学資源の1つとして木質バイオマスの多糖成分から酵素糖化を経由してバイオ燃料（エタノール）を得る取り組みが脚光を浴びている。しかしながら、その過程では多糖を厚く被覆しているリグニンが、糖化酵素のアクセシビリティを低下させているため、高い糖化効率を達成するのは比較的困難である。しかし、リグニンをある程度低減させた木質バイオマスを生産出来れば、比較的容易に糖化効率を向上させることが出来るのではないかと考えられる。

そこで、本研究では、2種類のフェニルプロペン合成酵素遺伝子（*Coniferylalcohol acetyltransferase*, CFAT と *Eugenol synthase*, EGS）をモデル樹木であるポプラで過剰発現させることによって、リグニン合成の直前の前駆体であるコニフェリルアルコールからフェニルプロペンへと至る代謝経路を新規に導入し、リグニンへの代謝フローを生理活性物質であるオイゲノールへの代謝フローへリダイレクトさせた形質転換樹木の作成を目的とした。このようにして得られた形質転換樹木はリグニン含量が低下していることが予想され、比較的容易に糖化効率を向上させることが出来るのではないかと考えられる。さらに、抗菌作用など多彩な生理活性を持つオイゲノールが産生されることが期待され、樹木自体の耐病性増強にも役立つのではないかと期待される。

## (8) 宇宙空間における人体・衛星保護のための磁気シールド開発に関する基礎研究

#### 1. 研究組織

代表者氏名：成行泰裕（高知工業高等専門学校）

共同研究者：小嶋浩嗣（京都大学生存圏研究所）、白井英之（神戸大学システム情報学研究所）、永野優一（高知工業高等専門学校）

#### 2. 研究概要

太陽風は高エネルギーの電子や陽子で構成されたプラズマに満たされている。これらのプラズマの中でも高エネルギーの粒子は宇宙線と呼ばれ、そのエネルギーは最高で  $10^8$  eV にも達することが知られている。地球に住む我々は、地球の固有磁場と大気によって、有害な宇宙線から守られてきた。しかし 20 世紀中盤以降、人類は大気圏外・地球磁気圏外へと活動の場を広げ、それに伴い宇宙線の脅威に直接さらされるようになった。近年、衛星を宇宙線の影響から守るために磁場を使用して防ぐ実験やシミュレーション研究が行われているが、実験に使用されるモデルやパラメータは現実的な値ではなく、高エネルギー宇宙線に対する議論はほとんど行われていない。そこで本研究では、有人飛行に向けた磁気シールドの開発を目的として、数値計算を用いた相対論的な宇宙線に対する磁気シールドの解析を行った。数値解析の結果、シールド内に侵入する粒子数の最大値は粒子のエネルギーの増加により減少する一方で、侵入粒子数が最大となるときの磁気モーメントの値はエネルギーの増加に伴い増加することが分かった。本研究で用いた双極子磁場は、直径 4[m] の超伝導コイルに最大 127.16[A] の電流が流れた場合に作られる磁場に対応

しているが、この値は2020年の実行が計画されている磁気セイルの実証衛星の提案(内径直径3.35[m], 起磁力 $10^6$ [A])と比較して十分現実的な値であると言える。

## (9) プラズマバブルの出現特性の理解に向けた全球的な地上GPS受信機データベースの構築

### 1. 研究組織

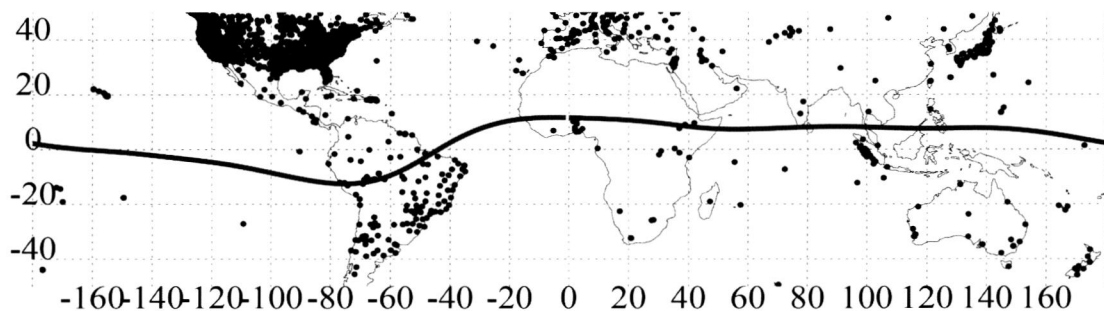
代表者氏名：西岡未知（名古屋大学太陽地球環境研究所）

共同研究者：橋口浩之（京都大学生存圏研究所）、大塚雄一（名古屋大学太陽地球環境研究所）、  
齊藤昭則（京都大学理学研究科）

### 2. 研究概要

プラズマバブルの出現率の春/秋非対称性や地域性を詳細に調べるため、赤道域における地上GPS受信機データを収集し、全電子数絶対値や電離圏擾乱指数などをデータベース化した。その結果、International GNSS Service 等によって提供され全球的に分布する地上GPS受信機約3,000点のデータを収集することができ、赤道域では300点以上の観測点でのデータをデータベース化することができた。

地球の上空60kmから1,000kmには、太陽放射によって生成されたプラズマで構成される電離圏と呼ばれる領域が広がっており、プラズマ不安定性を原因とする多種多様な電離圏プラズマ擾乱が頻発する。赤道域に特有のプラズマ擾乱であるプラズマバブルは、激しい電離圏シンチレーションを発生させ、衛星電波障害や通信障害を引き起こす。プラズマバブルの出現には電離圏中性風や電離圏電場、電子密度、電気伝導度、地球磁場などの電磁気学的要素が複雑に関わっているため、その出現特性は複雑であり、未だ理解されていない点が多い。近年、全球的に展開されている地上GPS受信機網を用いプラズマバブルをモニタリングすることが可能となった。本研究では、プラズマバブルの出現率の春/秋非対称性や出現特性の地域性の理解を目的とし、全球的な地上GPS受信機網データベースの構築を行った。



本研究でデータベース化を進めた地上GPS受信機の分布図。  
青丸が地上GPS受信機の位置、赤線は磁気赤道を示す。

その結果、International GNSS Service や UNAVCO 等の全球的な地上GPS受信機ネットワークに加え、南アメリカ地域のLow-latitude Ionospheric Network (LISN)やインドネシアのSumatran GPS Array (SuGAR)等のネットワークデータを収集することで、全球で2,991点、緯度30度以下の赤道域で333点の受信機データをデータベース化することができた。

## (10) 木質バイオマス燃焼灰からの新規BDF触媒の開発とその評価

### 1. 研究組織

代表者氏名：西宮耕栄（北海道立総合研究機構森林研究本部）

共同研究者：畑 俊充（京都大学生存圏研究所）

### 2. 研究概要

木質ペレット燃料の利用拡大のため、燃料に使用した後に発生する燃焼灰の高度な利用法として、バイオディーゼル燃料（BDF）製造用固体触媒への応用可能性を検討した。まず、成型にバインダーレスで成型可能な通電焼結法を適用し、その成型性を評価した。通電焼結はエス・エス・アロイ（株）製プラズマン2を用い、成型寸法は、直径 10mm、厚さ 2mm を目標とした。燃焼灰単体では、焼結温度 500℃、焼結時間 5 分で成型可能であったが、脆く割れやすく、成型性は劣るものであった。燃焼灰とトドマツ木炭を 3:1 で混合したものを焼結温度 500℃焼結時間 15 分の条件で成型した場合の成型性が良好であった。また、木炭の量を増やしても成型は可能であるが、徐々に脆くなる傾向が認められた。

焼灰単体の成型物の X 線光電子分光法（XPS）による分析結果から評価した結果、炭素、酸素の他に、カリウム、ナトリウム、カルシウムのピークが確認された（図 1）。元素分析の結果、特にカリウムを多く含有していることが確認された。これらアルカリ成分が残存していることから、木質バイオマス燃焼灰の BDF 製造用固体触媒への応用可能性を見いだした。

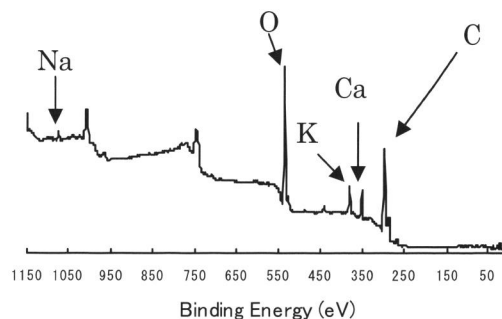


図 1 燃焼灰単体の成型物 XP ワイドスペクトル

## (11) 銀ナノインクのバイオナノファイバー基板への印刷特性評価

### 1. 研究組織

代表者氏名：能木雅也（大阪大学産業科学研究所）

共同研究者：矢野浩之（京大大学生存圏研究所）、伊福伸介（鳥取大学工学研究科）、阿部賢太郎（京都大学次世代開拓研究ユニット）

### 2. 研究概要

インクジェット印刷は、スクリーン印刷のような版（マスク）が不要であり、被印刷体と非接触印刷が可能、曲面への印刷体も可能といった特徴をもつ。一方で、その印刷メカニズムから適用可能なインク粘度は低いものに限られる。そのように低粘度の金属ナノ粒子インクを使って、インクジェット印刷で幅 100μm 以下の微細な金属配線を作製すると、コーヒーリング効果によって金属配線の断面形状は凹み、得られた金属配線は大きな電気抵抗を示すことが、我々の研究成果によって明らかになった。しかし、そのような低粘度金属ナノインクをバイオナノファイバー基板へインクジェット印刷しても、得られた配線は矩形断面を保っており、その電気抵抗は小さかった。この研究成果は、バイオナノファイバーシートの子デバイス用基板への応用に向け、非常に重要な成果である。

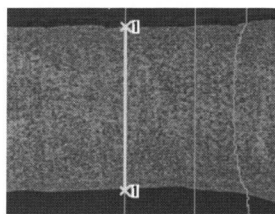
インクジェットプリンタ

Dimatix  
muuri



銀ナノ粒子インク

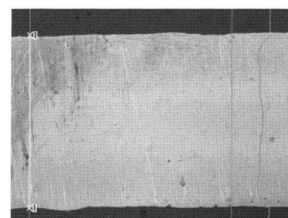
CABOT  
Printed Electronic Materials



紙基板

幅：75μm

体積抵抗率：2.8 μΩcm



ポリイミド基板

幅：75μm

体積抵抗率：20.0 μΩcm

図 1：左：インクジェットプリンタと銀ナノ粒子インク、中央：紙基板上に印刷した低電気抵抗な銀配線、右：プラスチック基板上に印刷した銀配線

## (12) 宇宙太陽発電所の超大規模フェーズドアレイアンテナにおける位相最適化問題の研究

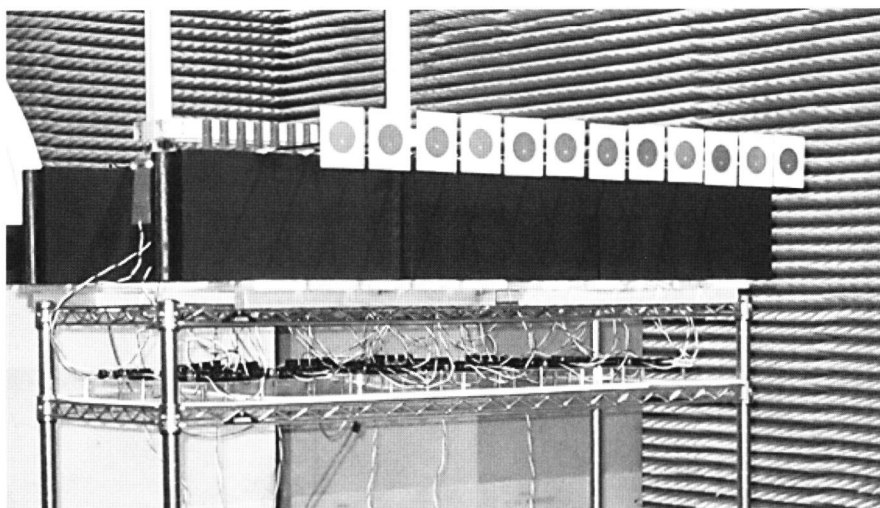
### 1. 研究組織

代表者氏名：三谷友彦（京大大学生存圏研究所）

共同研究者：田中俊二（京都大学工学研究科）、蛭原義雄（京都大学工学研究科）

### 2. 研究概要

宇宙太陽光発電においてはアンテナ素子を平面上に多数配置したフェーズドアレイアンテナにより無線電力伝送を行うことが最有力視されている。フェーズドアレイアンテナでは、各アンテナ素子に移相器を挿入し、励振位相を能動的に制御することでビームパターン（各アンテナ素子から放射される電界の合成により決まる）を変化させることができる。ただし宇宙太陽光発電では、移相器を挿入することによる電力損失が発生する。その電力損失は移相の段数により決まるため、励振位相をきめ細かく変化させるとそれだけ電力損失も大きくなってしまふ。そこで本研究では、電力損失を考慮したフェーズドアレイアンテナにおけるマイクロ波無線電力伝送の送電電力最大化を目的とする。研究目的を達成するために、フェーズドアレイアンテナで発生する電力損失をデジタル移相器で発生する挿入損失として定義し、デジタル移相器損失を考慮したフェーズドアレイアンテナの送電電力最大化問題を組合せ最適化問題として定式化した。この組合せ最適化問題を短時間で解くためのアルゴリズムを開発し、2次元等間隔フェーズドアレイアンテナにおいて開発アルゴリズムを適用することによって得られるビームパターンを計算機実験により求めた。さらに、デジタル移相器での電力損失が発生する1次元12素子等間隔フェーズドアレイアンテナを実際に製作し、開発したアルゴリズムの有効性を示す実証実験を行った。計算機実験の結果、今回開発したアルゴリズムを用いずに等振幅フェーズドアレイアンテナと仮定して位相決定した場合には、送電電力が平均で89.5%程度、最悪47.9%に低下することが判明した。また、実証実験結果より、従来の等振幅フェーズドアレイアンテナと仮定して位相決定した場合よりも開発アルゴリズムにより求まる位相値を適用した場合の方が、主ビーム方向の送電電力が改善される場合があることが明らかとなった。以上より、本研究で対象とした送電電力最大化問題を解決するアルゴリズムを開発し、アルゴリズムの有効性を計算機実験と測定実験の両面から実証した。



実証実験を行った1次元12素子フェーズドアレイアンテナの写真

## (13) 水蒸気量の鉛直分布のデータ同化による降水予測精度へのインパクト評価

### 1. 研究組織

代表者氏名：山口弘誠（京大大学生存基盤科学研究ユニット）

共同研究者：古本淳一（京大大学生存圏研究所）、中北英一（京都大学防災研究所）



## 2. 研究概要

都市部で豪雨災害が頻発しており、防災の観点から、数時間先～半日先における降水量を高精度に予測することが重要である。気象予報モデルを用いた降水予測において、観測値をモデルに取り込み（データ同化）、モデル初期値をより現実らしく与えることが有効であり、水蒸気量をモデル初期値に正確に与えることで降水予測精度が格段に向上することが明らかになってきた。さて、最先端の研究レベルにおける水蒸気量の観測手法として、GPS 遅延量観測と鉛直方向の音波観測を組み合わせることで水蒸気の鉛直分布を推定することができる。そこで、水蒸気量の鉛直分布をモデルへデータ同化する手法を開発することで、従来までの鉛直積算量をデータ同化する場合と比較してどれほど降水予測へ効果があるのか明らかにする。本研究では、Observing System Simulation Experiment という観測値を模擬的に作成する理想実験を行い、水蒸気の鉛直分布の同化の効果を調べた。モデルには CReSS、同化手法には LETKF を用いる。2 時間先の降水予測結果を図 1 に示す。沖縄本島北東部の対流性の降水システムに関して、予測精度が大きく向上した。今後の目標として、水蒸気量の鉛直分布だけではなく、日本において国土交通省が現業用として平成 22 年度から都市部に配備している X バンド偏波ドップラーレーダー網で得られる観測値を加えて、複数の観測情報のデータ同化による相乗効果が得られるかどうかを明らかにしていく予定である。

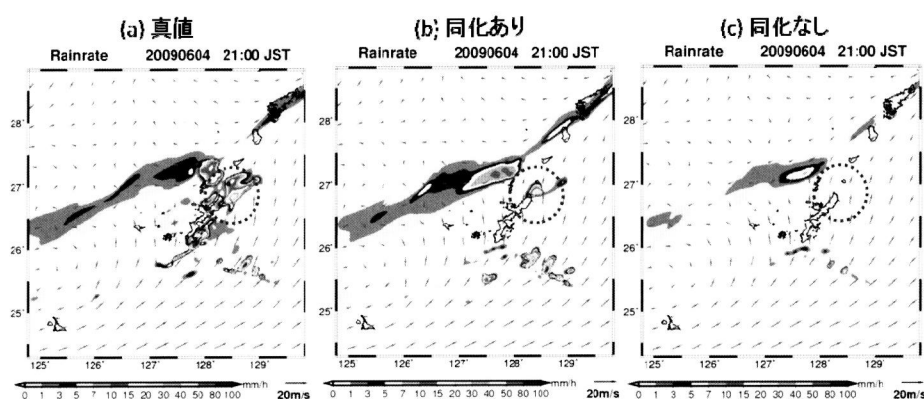


図 1 : 2 時間先降水予測の結果. (a) 真値, (b) 同化あり, (c) 同化なし

## (14) 東南アジア・南アジア域における大気環境診断パラメータを用いた大気環境変動の把握

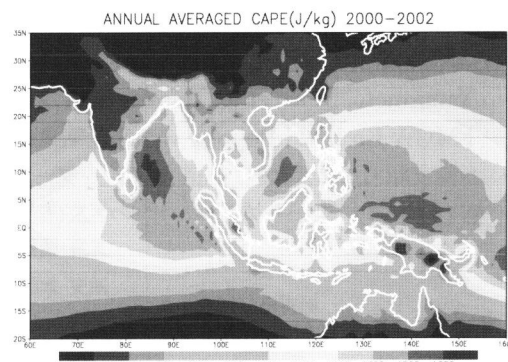
### 1. 研究組織

代表者氏名：山根悠介（常葉学園大学教育学部）

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

### 2. 研究概要

本研究は東南アジア・南アジア域において降水をはじめとする多彩な大気現象をもたらす大気環境変動を、大気環境診断パラメータを用いて把握しようというものである。当該地域における大気環境診断パラメータのデータベースを構築し、これを活用してこの地域における大気環境の時空間変動、特に対流活動と関わりの深い大気の潜在不安定度の時空間変動について調べた。大気環境診断パラメータは大気の安定度や水蒸気量など大気の状態を表す指標である。本研究では NCEP の FNL データセットを用いて当該地域における 2000 年～2010 年までのデータセットを構築した。構築された



図：年平均の対流有効位置エネルギー（Convective Available Potential Energy, CAPE）の分布

データセットを用いて潜在不安定の指標である対流有効位置エネルギー (Convective Available Potential Energy, CAPE) の年平均値の分布について調べた結果 (下図)、幾つかの海上域 (例えばベンガル湾の南西部など) において CAPE が顕著に高い領域が見られた。また陸上域ではバングラデシュやスマトラ島の一部で CAPE が比較的高い領域が見られた。このような CAPE の分布から対流活動の発生環境を定量的に把握することが可能となる。今後は、我々が現在雨量観測を展開しているインド亜大陸北東域及びインドネシアスマトラ島における降水及び対流活動の変動 (季節変動、季節内変動、日変動) と大気環境の変動の関連性について明らかにすべく、雨量計データと本研究で構築した大気環境診断パラメータのデータベースを活用した研究を進めていきたい。

## (15) 大気レーダー・気象レーダーによる降水粒子の粒径分布リトリーバル手法の開発

### 1. 研究組織

代表者氏名：山本真之 (京大大学生存圏研究所)

共同研究者：妻鹿友昭 (京大大学生存圏研究所)、足立アホロ (気象研究所)、

下舞豊志 (島根大学総合理工学部)、西 憲敬 (京都大学理学研究科)

### 2. 研究概要

50MHz 帯大気レーダーは風速3成分 (鉛直流・東西風・南北風) が精度良く計測できる。気象レーダーは、粒径の小さい降水粒子の検出感度に優れる。そのため、50MHz 帯大気レーダーと気象レーダーを併用することで、推定精度に優れる降水粒子粒径分布 (DSD) のリトリーバルが可能となる。本研究では、DSD の精度良いリトリーバルに不可欠である、気象レーダー観測におけるキャリブレーション手法開発などに取り組んだ。2009年実施の REQUIPP 観測キャンペーンにおいて運用された X バンドドップラー気象レーダー (XDR) ・Ka バンドドップラー気象レーダー等の観測データを用いた。図は、地表設置の雨量計とマイクロレインレーダー (MRR) を併用することで得られた、XDR で測定されたレーダー反射因子 ( $Z_e$ ) の評価結果である。雨量計で精度が確認された MRR と、工場での計測値から見積もられた XDR の  $Z_e$  の差異は 0.75dB であり、この値 (0.75dB) を用いて XDR の  $Z_e$  を較正できる。そのほか、大気レーダーの鉛直流を用いた降水粒子落下速度の観測精度改善を示すことにも成功している。

研究成果発表：

- Yamamoto, M.K., et al., Doppler velocity measurement of portable X-band weather radar equipped with magnetron transmitter and IF digital receiver, IEICE Trans. B., in press.
- Yamamoto, M.K., et al., Assessment of radar reflectivity and Doppler velocity measurement by FMCW Ka-band Doppler weather radar, J. Atmos. Electr., in revision.
- 妻鹿友昭・山本真之他, 赤道大気レーダーと偏光ライダーによる融解層およびその周辺の詳細構造観測, 第4回赤道大気レーダーシンポジウム (第157回生存圏シンポジウム) プロシーディング, pp. 35-40, 2010.

## (16) 高機能木質材料生産への応用を目指したケイ皮酸/モノリグノール経路阻害剤の開発

### 1. 研究組織

代表者氏名：渡辺文太 (京都大学化学研究所)

共同研究者：梅澤俊明 (京大大学生存圏研究所)、平竹 潤 (京都大学化学研究所)

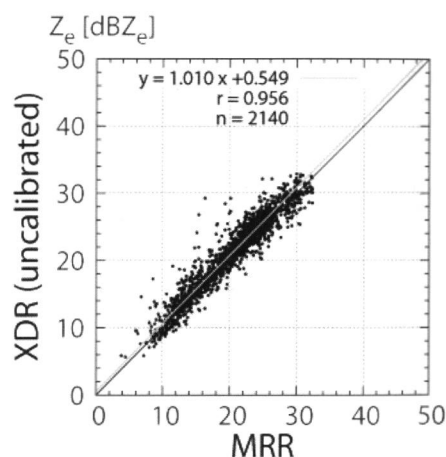


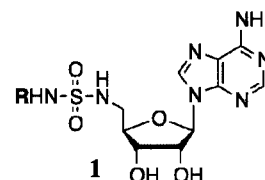
図:MRR で測定された  $Z_e$  (横軸) と XDR で測定された  $Z_e$  (縦軸) の散布図。



## 2. 研究概要

ケイ皮酸／モノリグノール経路によって生合成されるフェニルプロパノイドは、植物体の環境適応性に加え、色や味、香りなどと密接に関わっているため、その生合成を精密に調節することで、人類にとって付加価値の高い植物資源を獲得できると考えられる。しかし、本経路は多数の酵素が関与する複雑なものであり、遺伝子改変による制御は困難な場合がある。そこで本研究では、ケイ皮酸／モノリグノール経路の化学的な調節剤の創製を目指し、鍵酵素 4CL に着目して、4CL に対する選択的阻害剤を設計・合成し、それらの酵素阻害活性および生物活性を評価した。

4CL の触媒機構に基づいてデザインされたスルファミド系化合物 **1** は 4CL を強く阻害した。特に、4CL の良好な基質となるカルボン酸の部分構造を有する阻害剤ほど、阻害活性は高かった (表 1)。このことから、阻害剤は酵素反応中間体アナログとしてはたらき、また、4CL は本来の反応中間体と同様に阻害剤のベンゼン環上の置換基を強く認識することが明らかとなった。さらに、阻害剤 **1a** あるいは **1b** を添加した培地でシロイヌナズナを生育させたところ、根に含まれるクマリン化合物 (フェニルプロパノイドの一種) の内生量が有意に減少した。クマリン化合物は 4CL の酵素反応生成物である 4-クマール酸 CoA やフェルラ酸 CoA より生合成されることから、阻害剤が植物体に取り込まれ、*in vivo* においても 4CL を阻害していることが示唆された。



<b>1</b>	R	IC <sub>50</sub> (μM)	substrate specificity (%)
<b>a</b>	4-coumaroyl	0.28 ± 0.02	100
<b>b</b>	feruloyl	1.98 ± 0.05	24
<b>c</b>	cinnamoyl	13.1 ± 0.4	4
<b>d</b>	octanoyl	141 ± 2.1	–
<b>e</b>	H	NI <sup>a)</sup>	–

a) No inhibition at 1 mM.

表 1 : 中間体アナログの 4CL 阻害活性

## 2.4 平成 22 年度 生存圏ミッション研究プロジェクト一覧

	氏名 (五十音順)	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)	化学状態から見た蛍光X線分析法による植物における環境の影響評価	矢崎 一史 福島 整	京都大学化学研究所 物質材料研究機構	1
2	入江 俊一 (滋賀県立大学環境科学部・准教授)	白色腐朽菌リグニン分解機構マスターレギュレーターの検索	本田 与一	滋賀県立大学環境科学部	1,2,4
3	上田 義勝 (京大大学生存圏研究所・助教)	燃料電池利用に向けた有機-無機ハイブリッド膜のメソ構造制御と電気化学特性の評価	横尾 俊信 徳田 陽明	京都大学化学研究所	3
4	梅澤 俊明 (京大大学生存圏研究所・教授)	熱帯産業造林樹種の分子育種基盤構築	矢崎 一史 服部 武文 鈴木 史朗 Md.Mahabubur Rahman 柴田 大輔 三位 正洋	かずさDNA研究所 千葉大学園芸学部	1,2,4

5	片岡 靖夫 (中部大学工学部 建築学科・教授)	自然素材活用型住宅における 耐力要素の動的構造特性の検 証実験	小松 幸平 森 拓郎 北守 顕久 脇田 健裕 宋 成彬 鄭 基浩	中部大学工学部 早稲田大学理工学部 静岡大学教育学部	4
6	片平 正人 (京都大学エネルギー理工学 研究所・教授)	超高感度二次元 NMR によるバ イオマス全成分解析法の開発	渡辺 隆司 小瀧 努 西村 裕志 吉岡 康一	京都大学エネルギー理工学 研究所	1,2,3
7	川井 秀一 (京都大学生存圏研究所・ 教授)	熱帯植林地のバイオマス生長量 の評価に関する調査研究	R. Widyorini EB.Hardiyanto B. Subiyanto A. Firmanti 大村 善治 甲山 治 渡邊 一生 定道 有頂	Gadjah Mada Univ., Indonesia LIPI, Indonesia Res.Inst.for Human Settlements, Indonesia 京都大学東南アジア研究所	インターミ ッション
8	河合 真吾 (静岡大学農学部・教授)	窒素固定能に優れたアクチノリ ザル樹木の抽出成分ミリカノー ルの生合成と共生菌フランキア との化学生物学的検討	梅澤 俊明 服部 武文 鈴木 史朗 市澤 博生	静岡大学農学部	1
9	熊本 篤志 (東北大学理学研究科・ 准教授)	宇宙空間におけるプラズマ密度 計測のための高周波数分解能 受信機の開発	小嶋 浩嗣 笠羽 康正	東北大学理学研究科	3
10	小嶋 浩嗣 (京都大学生存圏研究所・ 准教授)	科学衛星における電磁適合性 (EMC: ElectroMagnetic Compatibility)に関する研究	早川 基 高島 健 松岡 彩子 齋藤 義文 平原 聖文 笠羽 康正 八木谷 聡 中澤 暁 上田 義勝	宇宙航空研究開発機構 東京大学理学研究科 金沢大学理工研究域	3
11	塩原 匡貴 (国立極地研究所・ 准教授)	多波長ライダー計測による対流 圏エアロゾル・雲の物理特性の 研究	津田 敏隆 中村 卓司 矢吹 正教	国立極地研究所	1
12	柴田 裕実 (京都大学工学研究科・ 准教授)	超高速に加速したマイクロ粒子 と固体との衝突実験	山川 宏 大橋 英雄 佐々木 晶 岩井 岳夫 平井 隆之 中村 真季 池田 卓矢	東京海洋大学海洋科学部 国立天文台 東京大学工学系研究科 総合研究大学院大学 東京大学新領域創成科学研 究科 京都大学工学研究科	3

13	下舞 豊志 (島根大学総合理工学部・ 助教)	多波長リモートセンシングによる 汽水域懸濁物質起源推定方法 の開発	古本 淳一 古津 年章 三瓶 良和 瀬戸 浩二	島根大学総合理工学部 島根大学汽水域研究センター	1
14	園部 太郎 (京都大学エネルギー科学 研究科・特定助教)	マイクロ波励起超活性固体境界 層反応によるバイオリファイナリ ーケミカルプラットフォームの構 築	渡辺 隆司 篠原 真毅 三谷 友彦 畑 俊充 杉山 淳司 大橋 康典	京都大学エネルギー科学 研究科	2.4
15	仲村 匡司 (京都大学農学研究科・ 講師)	スギ材の空気浄化機能の解明と ヒトの心身への影響に関する研 究	川井 秀一 梅村 研二 東 賢一 辻野 喜夫 上堀美知子 藤田佐枝子 山本 堯子	京都大学農学研究科 近畿大学医学部 大阪府環境農林水産総合研 究所 (有)ホームアイ (有)オフィスプランニング	4
16	西 憲敬 (京都大学理学研究科・ 助教)	熱帯上部対流圏循環の解明	塩谷 雅人 鈴木 順子 濱田 篤	京都大学理学研究科 海洋研究開発機構 総合地球環境学研究所	1
17	畑 俊充 (京大大学生存圏研究所・ 講師)	原子状酸素照射による木質炭素 化物の構造変化の解明	梶本 武志 田川 雅人 小嶋 浩嗣	和歌山県工業技術センター 神戸大学大学院工学研究科	3.4
18	本間 千晶 (北海道立総合研究機構・ 主査)	直パルス通電加熱による木質バ イオマスの選択液化	渡辺 隆司 畑 俊充	北海道立総合研究機構	2.4
19	山本 真行 (高知工科大学工学部・ 准教授)	屋間の熱圏中性大気風速計測 のためのロケット放りチウム 観測用光学機器の開発と観測	山本 衛 渡部 重十 阿部 琢美 羽生 宏人	高知工科大学工学部 北海道大学理学研究院 宇宙航空研究開発機構	1.3
20	渡邊 崇人 (京大大学生存圏研究所・ 助教)	担子菌 <i>Trametes versicolor</i> RC3 株の発酵阻害物質分解性 ラッカーゼ遺伝子の単離・同定と 異種発現解析	Chartchai Khanongnuch Wootichai Nachaiwieng	Chiang Mai Univ	2

## 生存圏ミッション研究 成果の概要

### (1) 化学状態から見た蛍光X線分析法による植物における環境の影響評価

#### 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：矢崎一史（京大大学生存圏研究所）、杉山暁史（京大大学生存圏研究所）、

高梨功次郎（京都大学生存圏研究所）、福島 整（物質材料研究機構）、吉門進三（同志社大  
学理工学部）、坂東 篤（株式会社堀場製作所）、大野ひとみ（株式会社堀場製作所）

## 2. 研究概要

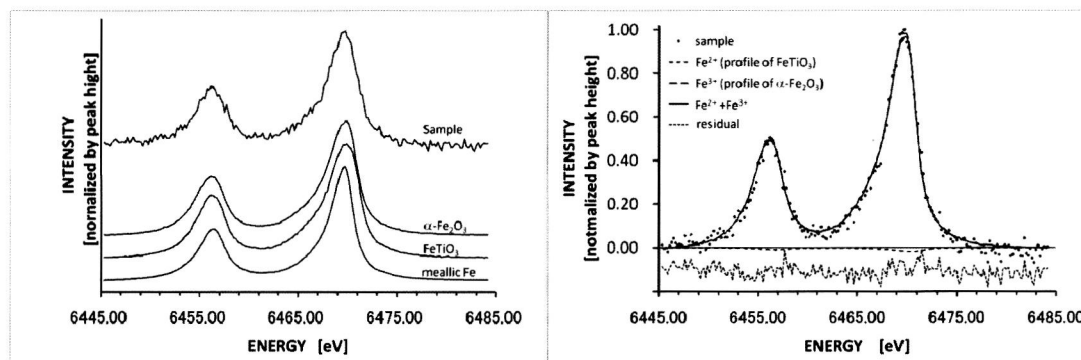
生存圏を取り巻く大気的主要成分は窒素であり、窒素は生物の体の主要構成元素である。大気から生態系に取り込まれた窒素は生態系を循環してまた大気に戻る。その循環の主な駆動力の一つが、マメ科植物と根粒菌に代表される共生窒素固定である。マメ科植物の根に土壤中の根粒菌が感染することにより形成する根粒は共生窒素固定のために特化した器官であり、大気中の窒素がアンモニアに還元され、生態系の多くの生命を支えている。しかしそこに関わる無機元素の役割や、土壤中の無機汚染物質の動態は殆ど分かっていない。それ故、微量元素が得意な X 線元素分析及び X 線状態分析の手法を、植物或いは土壤中物質の挙動を調べる実用分析技術を確立することは重要である。

## 3. 研究の目的

高分解能 2 結晶 X 線分光装置による状態分析法により、マメ科植物の根粒における窒素固定に関わる Fe を中心とした無機元素精密分光測定を行って、その化学状態をなるべく *in vivo* に近い状態で解析することを試みる。

## 4. 研究成果及び展望

根粒の Fe  $K\alpha_{1,2}$  スペクトルを酸化鉄標準物質のそれとを一緒に左図に示す。標準物質のスペクトルのプロファイルに基づいて、根粒の Fe  $K\alpha$  スペクトルを解析した結果を右図に示す。2 価と 3 価の Fe 酸化物標準物質のスペクトル位置とプロファイル両方を仮定し、非線形最小自乗法による解析の結果、根粒のスペクトルは選択的に 3 価のスペクトルだけからなることが判明した。しかしながら今後の測定結果からの展望として、試料調整の検討があげられる。今回の試料は一定量の根粒をそのまま測定しているため比較的本来の状態を保った測定になっている。試料は本来生体であるのでサンプリングしてから測定までの時間の影響、すなわち生体内の様々な反応による状態変化の可能性を検討する必要がある。



左図：根粒と標準物質の Fe  $K\alpha_{1,2}$  スペクトル

右図：標準物質を基にした根粒の解析結果

## (2) 白色腐朽菌リグニン分解機構マスターレギュレーターの検索

### 1. 研究組織

代表者氏名：入江俊一（滋賀県立大学環境科学部）

共同研究者：本田与一（京都大学生存圏研究所）

### 2. 研究概要

リグニン分解酵素はリグニン分解の初期において重要な役割を果たすと考えられている。白色腐朽菌 *Phanerochaete chrysosporium* におけるリグニン分解酵素生産は、カルモデュリン (CaM) シグナルにより調節されていることが判明している。*P. chrysosporium* のリグニン分解酵素、および CaM 発現はサイクリック AMP (cAMP) 阻害剤アトロピンにより抑制されるが、アトロピンが細胞内 cAMP 濃度を減少させる作用機序は未解明のため、cAMP シグナルが CaM シグナル、またはリグニン分解酵素発現と関連する直接的な証拠は存

在しない。本研究において、*P. chrysosporium*培養物にcAMPとホスホジエステラーゼ阻害剤としてIBMXを添加したところ、有意にリグニンペルオキシダーゼ (LiP) 活性およびマンガンペルオキシダーゼ (MnP) 活性が増加した。これにより、cAMPシグナルがLiPおよびMnP活性に関与する直接的な証拠が初めて得られた。cAMP、IBMXに加えてCaM阻害剤としてW-7を添加したところ、酵素活性は消失した。また、添加したW-7は細胞内cAMP濃度に変化を生じさせなかった。以上のことは、LiPおよびMnP発現において、CaMシグナルがcAMPシグナルの下流に位置することを示唆している。一方、ファージディスプレイ法によりLiPおよびMnP生産時に発現しているCaM相互作用タンパクの検索を試みたところ、多数の推定的CaM結合性タンパクが得られた。今後は、これらの情報を元にリグニン分解機構発現の詳細について更に解析を進めていきたい。

### (3) 燃料電池利用に向けた有機-無機ハイブリッド膜のメソ構造制御と電気化学特性の評価

#### 1. 研究組織

代表者氏名：上田義勝 (京大生存圏研究所)

共同研究者：横尾俊信 (京大化学研究所)、徳田陽明 (京大化学研究所)

#### 2. 研究概要

将来の生存圏における低炭素化社会に向けたクリーンエネルギー源の一つとして燃料電池は非常に注目されており、特に中温作動型の燃料電池はポータブル用途での実用化を見据えた研究が広く行われている。燃料電池を構成するPt触媒の被毒を防止するためには、150°C程度での中温での動作が適切とされているが、その温度域での使用に耐えうる電解質膜材料が無いため、現状では80°C程度での動作が上限とされている。また、電解質膜は動作温度の上昇により発電効率が向上することが知られており (NAFION比125%の報告例あり)、多くの研究開発が試みられているが、今なお十分なパフォーマンスを有する電解質膜は得られていない。

本研究では、中低温域で作動する燃料電池用電解質膜の合成を目的とし、リン酸ベースの電解質膜の合成を行った (Fig. 1)。P-OH基を有する vinylphosphonic acid (VPA) は、ビニル基を有するため分子鎖に固定が可能な亜リン酸であり、広く伝導体として研究されている [Tokuda et. al, J. Mater. Res. 2011]。しかし、VPAの欠点として、①ポリマー化による伝導度の低下、②耐水性の低さ (発電時に水が発生するため、劣化の原因となる) が知られている。本研究では、チタン化合物の紫外吸収による光重合阻害を利用し、表面層と内部のVPAの重合率を変化させ、表面層に耐水性を賦与し、かつ内部で高いプロトン伝導性を示す電解質膜の作製を試みた (Fig. 2, 3)。

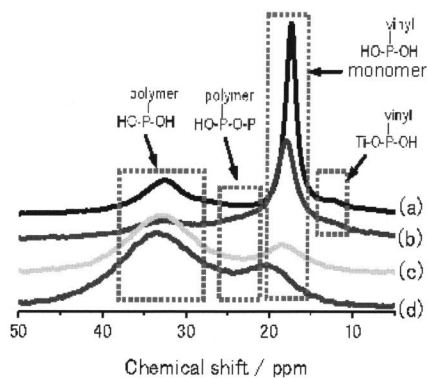


Fig. 2  $^{31}\text{P}$  MAS NMR spectra of (a) VET, (b) VET-ht, (c) VE and (d) PVPA

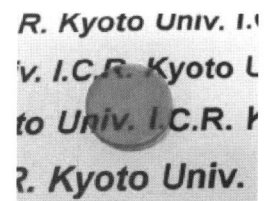


Fig. 1 Photograph of sample VET

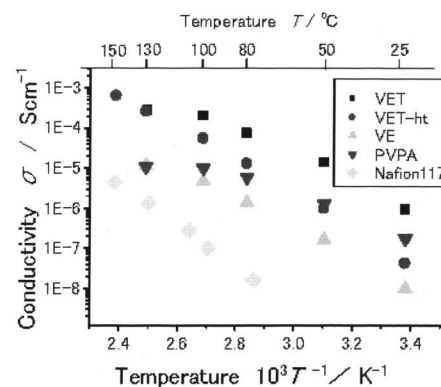


Fig. 3 Temperature dependence of proton conductivities measured without humidification

#### (4) 熱帯産業造林樹種の分子育種基盤構築

##### 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）、服部武文（京都大学生存圏研究所）、  
鈴木史朗（京都大学生存圏研究所）、Md. Mahabubur Rahman（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（千葉大学園芸学部）

##### 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下での高成長性の付与等が強く求められている。

熱帯早生樹に限らず、実用植物の分子育種には、標的植物種のゲノム情報あるいは発現遺伝子の網羅的情報の取得、及び育種目標の原因遺伝子の取得が必須である。さらに、遺伝子を標的植物に導入すると共に形質転換植物体を再生させる技術の確立が必須である。そこで、本研究ではアカシアの形質転換系の確立に向けた研究を行った。すなわち、代表的熱帯アカシアであるアカシアマンギウムとアカシアクラシカルパの大量増殖法の開発、アカシアクラシカルパの体細胞胚発生系の確立、及びGUSレポーター遺伝子とアグロバクテリウムを用いたアカシアクラシカルパの形質転換に成功した。

また日本のパルプ生産を支えるユーカリも早生樹として商業栽培されているが、この樹木は有用物質として精油系を生産する特性をもつ。そこでパルプ以外の利用展開を視野に入れ、モノテルペンの代謝工学を行った。シソ由来のリモネン合成酵素遺伝子 *PFLS-1* を使い、その蛋白質レベルでの細胞内局在を、細胞質、あるいはプラスチドに改変した発現コンストラクトを作製し、形質転換が比較的容易なユーカリである、*Eucalyptus camaldulensis* に導入した。結果として、ユーカリの葉におけるモノテルペン生産を野生型より大きく上昇させることに成功した。興味深いことに、もっとも生産性の高かったクローンはリモネン合成酵素を細胞質に局在させたクローンであり、その生産量は対照の約5倍であった。これは生合成酵素を本来のコンパートメントに局在させない場合に、むしろ最終産物の蓄積が高いことを意味しており、更なる解析が待たれる。

#### (5) 自然素材活用型住宅における耐力要素の動的構造特性の検証実験

##### 1. 研究組織

代表者氏名：片岡靖夫（中部大学工学部）

共同研究者：小松幸平（京都大学生存圏研究所）、森 拓郎（京都大学生存圏研究所）、  
北守顕久（京都大学生存圏研究所）、脇田健裕（中部大学工学部）、  
鄭 基浩（静岡大学教育学部）、宋 成彬（早稲田大学創造理工学部）

##### 2. 研究概要

自然素材活用型住宅建物を構築する構造要素はすべて本研究グループが新しく研究開発したものであり、それら構造要素は理論的及び実験的に構造性能評価を行ってきた。本研究の初年度は、実験住宅の強制加振実験を行って振動特性を明らかにして報告した。研究の2年目は、建物全体の弾塑性時刻歴応答解析を可能にするために必要な、土壁ユニット内臓の在来軸組み（図1）の動的振動特性を解析学的に明らかにすること、そしてその解析手法が妥当であることを実験的に検証することを目的にした。

##### 3. 研究方法と研究成果

自然素材活用型木造住宅建設プロジェクトで提案したプレファブ土壁を研究対象とし、プレファブ土壁の軸組内部での配置場所を変えた6種類のパターン（図1）と動的挙動を求めるための力学モデルに基づくシミュレーション計算を行い、その解析法の妥当性を振動実験によって検証する。

単位プレファブ土壁のせん断応力-せん断歪みの関係は、市販のFEMプログラムで使用可能なように、P（軸

力)  $-\delta$  (軸伸縮) が等価なブレース置換モデルを作成して用いた。土壁試験体について、桁-柱端部の接合は長ぼぞ込み栓打ち、方立ての各接合部は貫接合と見なし、非線形回転バネ常数を求めてFEM (SNAP-Ver. 5) での時刻歴応答解析に使用した。

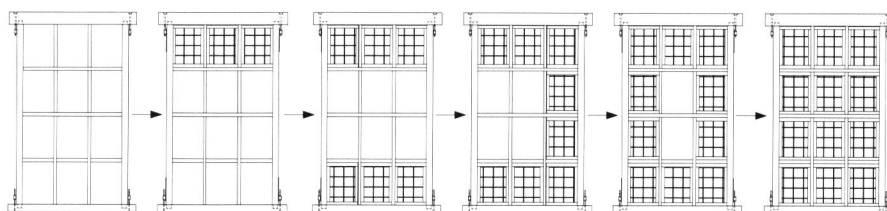


図1 土壁ユニット内蔵軸組パターン

図2は、土壁ユニットの実験結果と解析結果を同時に示したものであり、両者は極めて良く一致していることを示している。図3は、このことを動的な振動実験で確認するためのシステム図である。

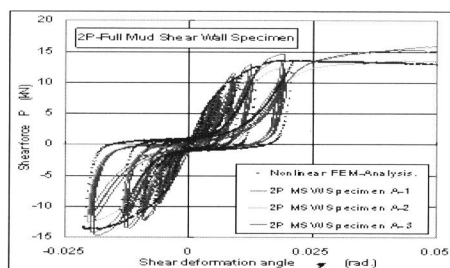


図2 実験結果と解析結果の整合

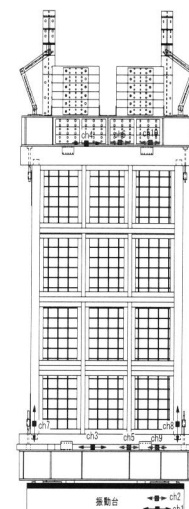


図3 振動実験構成図

#### 4. 今後の研究課題と期待される成果

今後、図1の各パターンの振動実験結果と解析結果の比較検討を行うことによって、建物全体の信頼性の高い時刻歴応答解析結果が得られるとの確信が得られた。このことは、極稀に発生する各種巨大地震に対する建物の弾塑性振動特性を解析的に求めることができることを意味している。

### (6) 超高感度二次元 NMR によるバイオマス全成分解析法の開発

#### 1. 研究組織

代表者氏名：片平正人 (京都大学エネルギー理工学研究所)

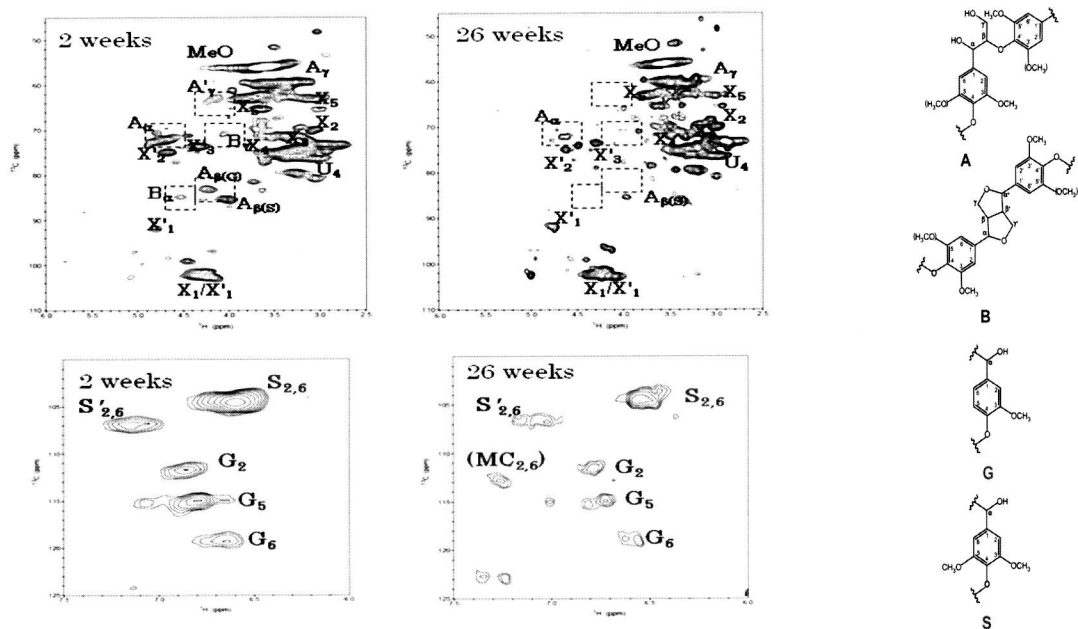
共同研究者：渡辺隆司 (京都大学生存圏研究所)、小瀧 努 (京都大学エネルギー理工学研究所)、

西村裕志 (京都大学生存圏研究所)、吉岡康一 (京都大学生存圏研究所)

#### 2. 研究概要

白色腐朽菌は、木質バイオマス中の難分解性成分であるリグニンを選択的に分解するという特徴を有しており、木質バイオマスの有効活用を図る上で有益な菌である。リグニン選択的な分解には代謝物であるセルポリック酸が鍵となる事が渡辺等によって見出された。しかしリグニンの分解過程に関する分子・原子レベルの情報は乏しい。そこで今回超高感度クライオプローブを装着したNMR装置を用い、二次元NMR法を適用する事で、リグニンの分解過程に分子・原子レベルで迫る事を目指した。リグニンの分解過程を理解する事は、高付加価値化合物の原料としてリグニンを活用する道を開く事に繋がる。また難分解性のリグニンを除去する事で、セルロースの活用がさらに促進される事も期待できる。

腐朽の進行に伴い、リグニン由来のNMRシグナルが選択的に消失してゆく事が観察され、白色腐朽菌がリグニンを選択的に分解する事が確認された。またリグニンの分解においては、フェノールの2量体構造がまず壊れ、その後にフェノール環が破壊される事が、各々に特徴的なNMRシグナルの強度の時間変化から分かった。さらにフェノール環の破壊は、概ねシリングルの方がグアイアシルに優先して生じる事も、NMRシグナルの強度の時間変化から分かった。リグニン選択的な分解のキープレーヤーがセルポリック酸である事が渡辺等によって見出されているが、腐朽の進行に伴ってセルポリック酸のNMRシグナルが生じてくる事も、確認できた。



図：白色腐朽菌による木質バイオマスの腐朽過程の超高感度二次元NMR法による丸ごと（全成分）解析。（左）2週間及び26週間腐朽後の $^1\text{H}$ - $^{13}\text{C}$  HSQC スペクトル。（右）リグニンのサブ構造。

## (7) 熱帯植林地のバイオマス生長量の評価に関する調査研究

### 1. 研究組織

代表者氏名：川井秀一（京都大学生存圏研究所）

共同研究者：R. Widyorini (Gadjah Mada Univ. Indonesia)、EB. Hardiyanto (Gadjah Mada Univ. Indonesia)、B. Subiyanto (LIPI, Indonesia)、A. Firmanti (Res. Inst. for Human Settlements, Indonesia)、大村善治(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）、渡邊一生（京都大学東南アジア研究所）

### 2. 研究概要

MHP 社のユニット5における地表ランダムサンプル区域の樹木生長量のデータについて時間スケールを拡大(2000-2008)して、地上データの充実とバイオマス成長量の高精度解析をおこない、これを衛星データと関連づける衛星リモートセンシング手法の開発を試みた。さらに、これまでのスマトラ丘陵林におけるアカシア植林地の調査研究に加え、マレーシアボルネオ島アカシア林地 (KHP 社)、ならびにスマトラ島中部の Riau Biosphere を新たに研究対象に加えた。前者については、用材を目的とした植林であり、長期にわたるバイオマス成長量の経年変化を樹種、気象の影響等について検討を開始している。また後者については泥炭地における種々の植生、たとえば農業開発区のアブラヤシ、ゴム林、植林区のアカシア林、2次(原生)林等のバイオマス現存量の調査を実施した。

結果の一例として、マレーシア KHP 社におけるデータを以下に示す。バイオマス評価の基礎データとして植林を実施する前の草地、劣化アカシア2次林のバイオマスの地上賦存量を求め、それぞれ3.9および86.9ton/haを得た。2,3年生アカシヤマンギウムおよびハイブリッドのバイオマス総量を調べ、各部位の比率(図1)が既存データを大きな差異がないことを見いだした。植林後4年を経過したアカシヤハイブリッド及びマンギウムの年平均生長量(MAI)はそれぞれ19.4および15.4 $\text{m}^3/\text{ha}/\text{y}$ であり、前者のそれが大きい。(図2)



今後、引き続き異なる地域、気象条件のもとでの樹木生長量に関する地表観測データを蓄積拡充し、バイオマス生長量の高精度解析を図ると共に、それぞれのデータを相互に関連づける解析を進める。さらに、大気水蒸気量・雲被覆の影響を受けにくいマイクロ波リモートセンシング技術を応用して衛星データに関連づける手法開発に取り組む。

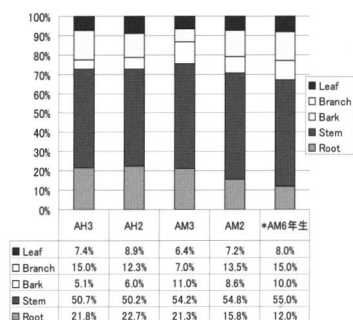


図1：樹木部別バイオマス量

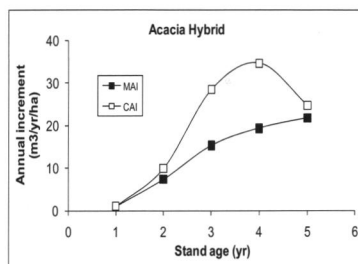


図2-1 ハイブリッド

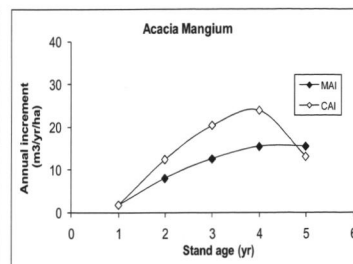


図2-2 マンギウム

図2：アカシア林の年平均生長量(MAI)

## (8) 窒素固定能に優れたアクチノリザル樹木の抽出成分ミリカノールの生合成と共生菌フランキアとの化学生物学的検討

### 1. 研究組織

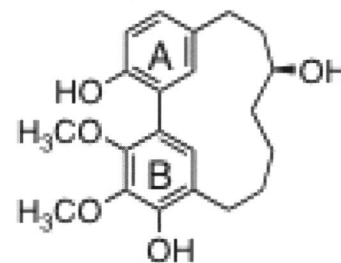
代表者氏名：河合真吾（静岡大学農学部）

共同研究者：梅澤俊明（京大大学生存圏研究所）、服部武文（京大大学生存圏研究所）、  
鈴木史朗（京大大学生存圏研究所）、市澤博生（静岡大学農学部）

### 2. 研究概要

ヤマモモ属・ハンノキ属・グミ属などの樹木はアクチノリザル樹木と呼ばれ、土壌放線菌であるフランキアとの共生によって、窒素の供給を受ける。しかしながら、これら非マメ科根粒樹木とフランキアとの共生メカニズムについての研究はほとんどない。一方、本樹木群は、 $C_6-C_7-C_6$ 骨格を有するジアリールヘプタノイド類を特異的に産生しており、これらジアリールヘプタノイドが、フランキアとの共生関係における情報伝達に関わる可能性が期待される。

本研究では、アクチノリザル樹木であるヤマモモ (*Myrica rubra*) ジアリールヘプタノイドであるミリカノール (右図) に注目し、その生合成経路を検討している。実験は、ヤマモモ若枝に各種桂皮酸誘導体6種の $^{13}C$ 標識前駆体を競争的に投与し、生成するミリカノールを $^{13}C$ -NMR解析した。その結果、A環部分の前駆体として、1-(4-ヒドロキシフェニル)プロピオン酸が利用されるのに対し、B環部分の前駆体として芳香環の水酸化およびメチル化が進んだ前駆体である1-(4-ヒドロキシ-3-メトキシフェニル)プロピオン酸が、優先的にミリカノール分子に取り込まれる傾向が見られ、双方の芳香環を区別して生合成が進行することが推定された。そこで、詳細な生合成機構を明らかにするため、ヤマモモ内樹皮 Total RNA より cDNA を調製し、既知の植物 III 型ポリケチド合成酵素 (PKS) 遺伝子の配列を鋳型にして、ヤマモモ III 型 PKS 遺伝子の一部配列を取得した。



## (9) 宇宙空間におけるプラズマ密度計測のための高周波数分解能受信機の開発

### 1. 研究組織

代表者氏名：熊本篤志（東北大学理学研究科）

共同研究者：小嶋浩嗣（京大大学生存圏研究所）、笠羽康正（東北大学理学研究科）

## 2. 研究概要

人類の生存圏となりつつある地球周辺の宇宙空間（ジオスペース）において、プラズマ密度計測に用いるための高周波数分解能プラズマ波動受信機を実現するため、その核となるデジタルデータ処理部の基礎開発を行った。

## 3. 研究の背景と目的

地球周辺の宇宙空間（ジオスペース）には、気象観測・放送通信・測位のための人工衛星など我々の生活をささえるインフラストラクチャ群が展開されており、人類の生存圏の一部となっている。宇宙空間は電離気体（プラズマ）によって満たされ、磁気嵐に代表される様々な電磁気現象が生起する。プラズマの基本パラメータであるプラズマ密度を計測する手段の1つにプラズマ波動観測がある。地球電離圏上層から磁気圏にかけて観測を行う場合、観測周波数はおよそ 10MHz までをカバーする必要があるが、この全てを高分解能（ $<1\text{kHz}$ ）でカバーしようとする、過大なデータ量が問題となってくる。そこで本研究では、限られたデータレートの範囲内で、広帯域をカバーしつつ、目的のプラズマ波動が出現する周波数帯を高周波数分解能で観測する機能を備えた新たな高周波数分解能受信機を実現するため、核となるデジタルデータ処理部の基礎開発を実施した。

## 4. 研究の結果

高周波数分解能受信機全体のブロック図を図 1 に示す。本研究では受信機の核となる FPGA のファームウェアの開発を実施した。選択帯域を高分解能計測する Ch-B の出力例を図 2 に示す。入力データのスペクトル（赤）に対応した出力（緑）が得られていることがわかる。本研究では FPGA のターゲットデバイスは Altera 製 Cyclone III としたが、将来、

宇宙機搭載が可能な ACTEL 製 FPGA への置き換えが必要になることを想定して、内蔵乗算機は用いず、広帯域をカバーする Ch-A、選択帯域を高分解能計測する Ch-B は逐次処理としてリソースを共用するようなファームウェアを開発することで、必要となるロジックセル数の見積もりを行うことができた。

## 5. 関連する学会発表

Kumamoto, A., T. Ono, Y. Kasaba, K. Higuchi, T. Kobayashi, T. Suzuki, M. Wakabayashi, M., and J. Uemoto, Development of radar sounder and impedance probe for observations in the future planetary missions, 2010 Asia-Pacific Radio Science Conference, Toyama, September 22-26, 2010.

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

### 1. 研究組織

代表者氏名：小嶋浩嗣（京大大学生存圏研究所）

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

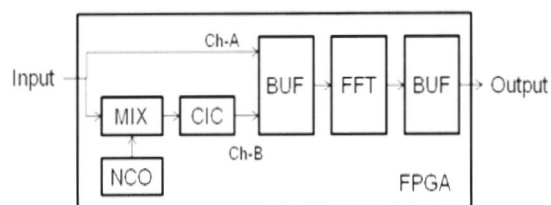


図 1：高周波数分解能受信機ブロック図

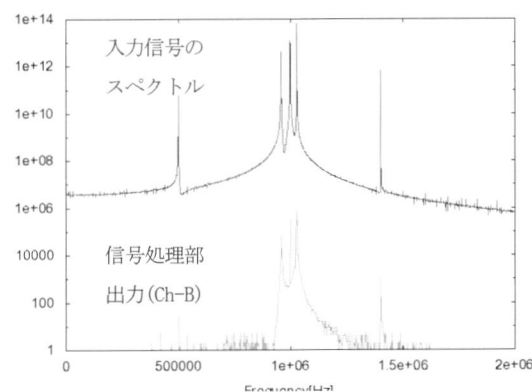


図 2：Ch-B 出力

## 2. 研究概要

科学衛星において「ノイズ計測を行い、軽減させる」ための EMC 技術は他の地上機器に対してのそれと大きく異なっており、科学衛星に的を絞った技術の確立が重要である。科学衛星におけるノイズ測定手法や対処方法を確立し、統一したコンセプトのもので EMC に取り組めるよう、本研究では、実際の搭載機器の試験を繰り返し、改良を加えていく。また同時に、EMC 用の小型高感度電磁界センサーの開発も行い、EMC 計測の現場で効果を発揮できるようにする。

本年度は EMC に関する測定を 12 の搭載装置について行った。特に、バス機器に対する EMC が多く行われ、近年、太陽電池の動作点を負荷変動に合わせて適正化する仕組みが取り入れられている部分について、実は、EMC 的には大きなノイズに関する問題点を含んでいることがわかった。それは効率のため非絶縁型のコンバーターを離礁することに原因があり、そのため一次側のノイズもかなり二次側に回り込んでいくことが理由であった。このような configuration を容認した上で、ノイズを軽減するための試験を繰り返し 1 点接地の場所の検討や Common mode noise の軽減などに関する対処方に関する知見の蓄積を行った。また、アナログ ASIC によって小型化をはかったセンサーノードを実際の EMC で用いて、ノイズの空間分布を測定するなど、実際の計測に利用できることを示すことができた。

### (11) 多波長ライダー計測による対流圏エアロゾル・雲の物理特性の研究

#### 1. 研究組織

代表者氏名：塩原匡貴（国立極地研究所）

共同研究者：津田敏隆（京大大学生存圏研究所）、中村卓司（国立極地研究所）、  
矢吹正教（京大大学生存圏研究所）

#### 2. 研究概要

本研究では、対流圏エアロゾル・雲の物理特性導出の適切な計測手法の確立を目指して、信楽 MU 観測所にて多波長偏光ライダーを構築するとともに実証試験観測を実施した。試験計測を行うサイトには、人為・自然起源粒子の両方の寄与が望める地理的条件を有し、ライダーとの比較計測が可能な気象要素の計測装置が揃う京大生存研の信楽 MU 観測所を選んだ。ライダーは、Nd:YAG レーザ波長 355、532、1064 nm の弾性散乱、波長 532 nm の偏光解消度、波長 387、607 nm の窒素ラマン散乱光を、口径 30 cm および 25 cm の 2 つの望遠鏡を用いて受光するシステムとなっている。このシステムの特徴は、低高度からの観測が可能であり、大気境界層内の大気物質の計測可能なこと、多波長偏光計測から粒子の大きさと形状の情報が抽出可能なことが挙げられる。

多波長ライダーおよび地上 in-situ 計測との同期計測を断続的に実施し、夜間から早朝にかけての混合層内における高湿度条件下でのエアロゾル粒子の成長過程や、黄砂や巻雲の特徴的な物理特性の変動を捉えることができた。今後の課題としては、極域をはじめとする特異な観測サイトにおいても、本システムが長期間、安定して稼働可能かどうかの検証や、膨大なデータを効率良く解析するためのツールの開発が挙げられる。

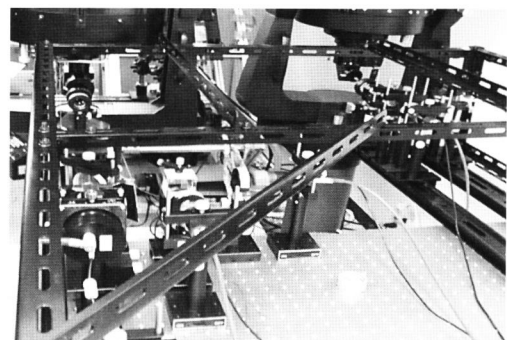
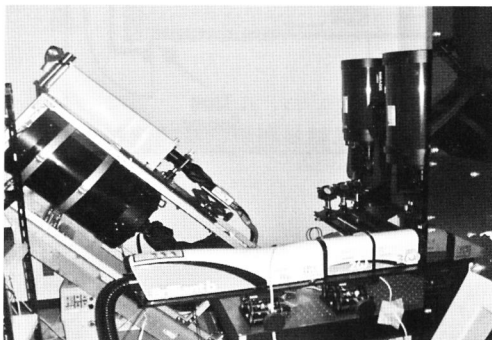


図 本研究で設置した多波長ライダー射出装置（左）と受光装置（右）

## (12) 超高速に加速したマイクロ粒子と固体との衝突実験

### 1. 研究組織

代表者氏名：柴田裕実（京都大学工学研究科）

共同研究者：山川 宏（京大生存圏研究所）、大橋英雄（京海洋大学海洋科学部）、

佐々木 晶（国立天文台）、岩井岳夫（東京大学工学系研究科）、

平井隆之（総合研究大学院大学）、中村真季（東京大学新領域創成科学研究科）、

池田卓矢（京都大学工学研究科）

### 2. 研究概要

惑星間や星間における超高速微粒子（ダスト）と固体との衝突によって起こる現象を実験室で模擬する実験を行う。直径数 10 nm から数 10  $\mu$ m の微粒子を MV 級高電圧静電加速器で毎秒数 km から数 10 km の超高速に加速し、金属、高分子、セラミックスなどの物質に衝突させ、電荷測定、二次イオン質量分析、発光測定などにより衝突機構を解明することを目的とする。

速さ km/s 領域のミクロンサイズの粒子が加速されると、その運動エネルギーは数 100 GeV～数 TeV となる。それが固体に衝突するとその全エネルギーがフェムト秒からピコ秒の極めて短い時間に開放され、衝突付近はプラズマや衝撃波が生成される。そこでは局所的に高温（数万 $^{\circ}$ C）、高压（100 万気圧）状態になり、クレーターが形成され、物質の改変や相変化が起こると考えられる。そのような超高速マイクロ粒子衝突実験を、研究代表者が開発した東京大学（東海村キャンパス）の 3.75MV バンデグラーフ加速器、京都大学の 100kV 加速器、及びドイツ・ハイデルベルクのマックス・プランク核物理学研究所の 2MV バンデグラーフ加速器を用いて行う。

実験では図 1 のように、加速された微粒子の電荷量をビームライン上に設置された 3 個のビームモニターで測り、その飛行時間から速度の弁別を行い、入射微粒子のパラメータを決定する。その後、微粒子が標的チャンバー内に設置された固体標的に衝突すると、標的に電荷を生じ、電子、イオン、光（X 線、UV から赤外）等を放出するので、それらを電荷測定器、飛行時間型質量分析器、光マルチチャンネル分光器等を用いて測定する。これらの測定から微粒子衝突の際のエネルギーの蓄積及び散逸過程について考察し、適切な衝突モデルの構築を試みる。

なお、東大にある日本唯一の超高速ダスト加速器はイオンの加速も行っており年 2 回 1 ヶ月ずつしか運用しない（本実験日数としては年 2、3 日）ので、微粒子専用加速器を所持するマックスプランク研究所でも実験を行う。京大の 100kV 加速器では数 km/s 以下のダストの衝突実験を行う。

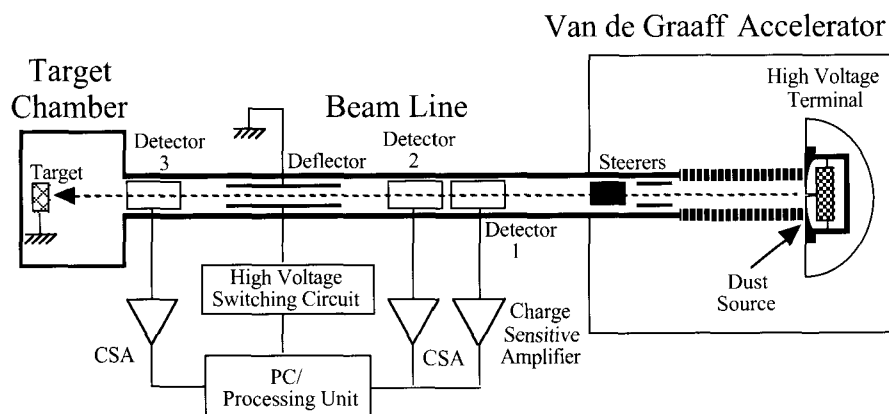


図 1：超高速マイクロ粒子衝突実験の概要。ビームラインの測定系はダストの電荷、速度、質量を計測する。

### (13) 多波長リモートセンシングによる汽水域懸濁物質起源推定方法の開発

#### 1. 研究組織

代表者氏名：下舞豊志（島根大学総合理工学部）

共同研究者：古本淳一（京都大学生存圏研究所）、古津年章（島根大学総合理工学部）、  
三瓶良和（島根大学総合理工学部）、瀬戸浩二（島根大学汽水域研究センター）

#### 2. 研究概要

汽水域の環境を広範囲にモニターするためには、リモートセンシングが有効だと考えられるが、リモートセンシングによる水中懸濁物質(SS)の起源推定方法はまだ開発されておらず、昨年度から島根大学において予備的検討が始まった段階である。本研究では、多バンドを用いた人工衛星による観測を念頭において、分光放射計によって測定された水の反射率と直接採取した懸濁物質から、その起源と割合を推定するための方法の開発を目標とする。懸濁物質の主な起源はプランクトン、河川からの流入、湖底堆積物の巻き上げである。乾燥した懸濁物質中の有機炭素濃度と全有機炭素(以下 TOC)濃度、全有機炭素と全窒素の比を C/N 比という。各起源における SS 中の有機炭素(TOC)の濃度、有機炭素と窒素の比率(C/N 比)、無機 SS の濃度は異なっている。分光放射計によって得られた水の分光反射率から、これらの値を重回帰分析によって推定した。図 1 に TOC 濃度、C/N 比、無機 SS 比率の関係を示す。結果を総合すると、「河川からの流入が主体」とそれ以外の懸濁物質の判別は、精度よく行えると考えられる。また、「プランクトンが主体」とそれ以外の懸濁物質の判別は、誤差が大きいがある程度は可能であると考えられる。結果から、人工衛星による懸濁物質起源推定の可能性が示唆されたが、まだ観測データが少なく、手法確立のためには今後さらに観測データの蓄積と事例解析の積み重ねが必要である。

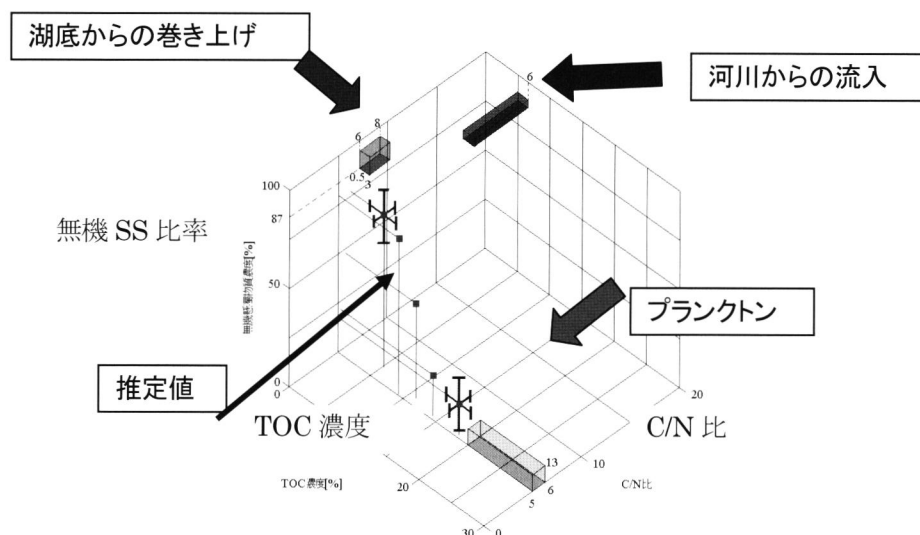


図 1. 水面の反射率から推定した TOC 濃度、C/N 比、無機 SS 比率の関係。

### (14) マイクロ波励起超活性固体境界層反応によるバイオリファイナリーケミカルプラットフォームの構築

#### 1. 研究組織

代表者氏名：園部太郎（京都大学エネルギー科学研究科）

共同研究者：渡辺隆司（京都大学生存圏研究所）、篠原真毅（京都大学生存圏研究所）、  
三谷友彦（京都大学生存圏研究所）、畑 俊充（京都大学生存圏研究所）、  
杉山淳司（京都大学生存圏研究所）、大橋康典（京都大学生存圏研究所）

## 2. 研究概要

バイオマスは再生可能な唯一の有機物資源であるため、石油化学産業に代わる新しい低炭素負荷化学産業プロセスを構築する土台となる使命をもつ。本研究では、炭素負荷の小さい持続的な次世代化学産業の構築を目指して、食糧と直接競合しない木質バイオマスをマイクロ波励起超活性固体境界層反応場により有用基本化学品を製造するプロセスを生み出すことを目的とする。そこで、マイクロ波効果を最大限出すために、マイクロ波励起による超活性固体境界層反応を用いた木質バイオマスの急速熱分解反応の開発、反応特性解明、生成物質の分析、装置の設計・開発を、専門の異なる研究者が連携して行った。その結果、マイクロ波出力 100W、1 分間で木粉(200mg)から液化収率約 50%を達成できる省エネルギー転換プロセスの開発に成功した。

本研究は、生存圏学際萌芽研究センターの共同研究拠点活動の一つである生存圏フラッグシップ共同研究の一環として位置づけられる。これまで、マイクロ波熱分解による外部資金は受けておらず、本申請の研究成果をバネに外部資金申請につなげ、バイオエタノールに続く共同研究プロジェクトにつなげたい。

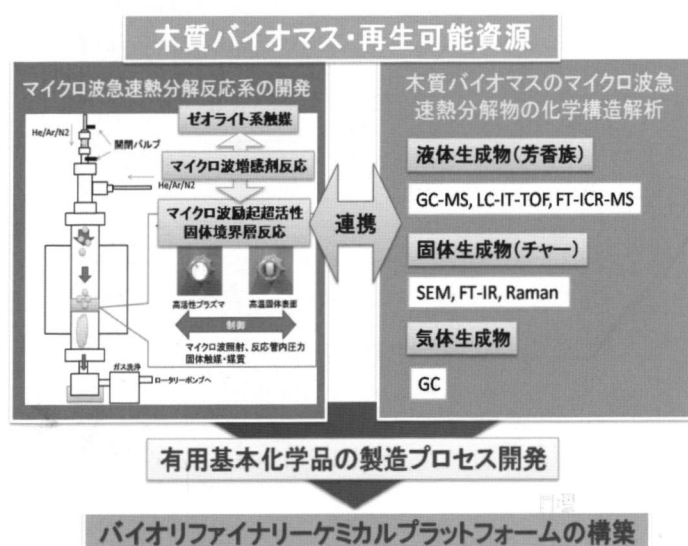


図1：バイオリファイナリーケミカルプラットフォーム構築

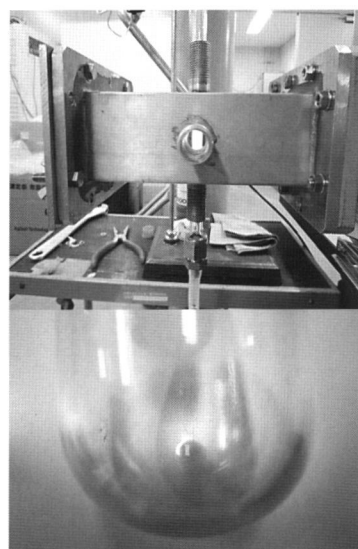


図2：(上) マイクロ波熱分解リアクター  
(下) マイクロ波熱分解油

## (15) スギ材の空気浄化機能の解明とヒトの心身への影響に関する研究

### 1. 研究組織

代表者氏名：仲村匡司（京都大学農学研究科）

共同研究者：川井秀一（京大大学生存圏研究所）、梅村研二（京大大学生存圏研究所）、東 賢一（近畿大学医学部）、萬羽郁子（近畿大学医学部）、辻野喜夫（大阪府環境農林水産総合研究所）、上堀美知子（大阪府環境農林水産総合研究所）、藤田佐枝子（（有）ホームアイ）、山本堯子（（有）オフィスプランニング）

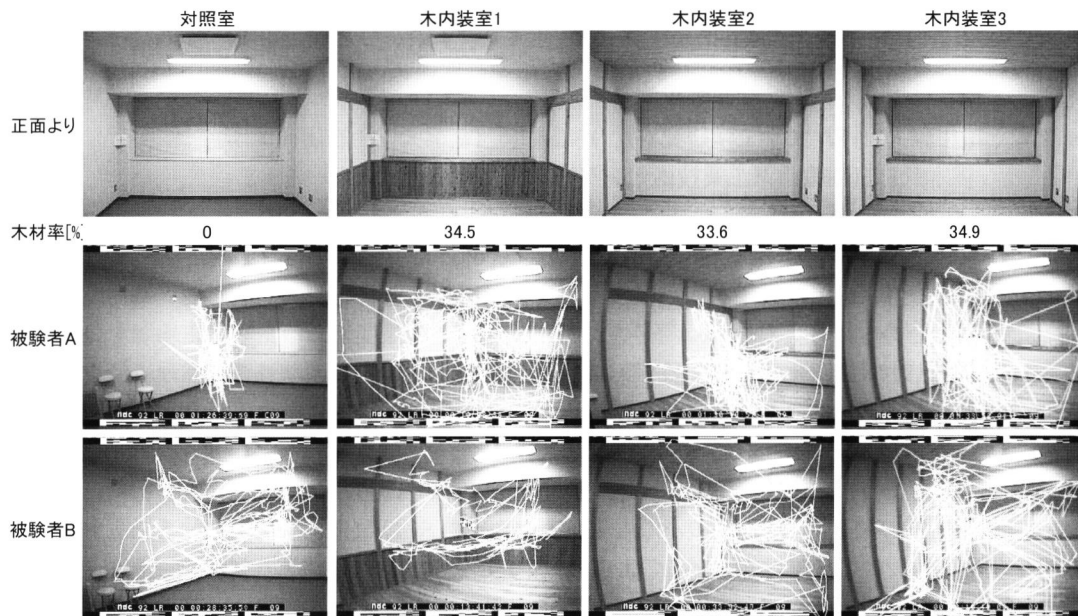
### 2. 研究概要

本研究の目的は、スギ材の空気浄化機能を解明するとともに、スギ材が存在する実大居住空間がヒトの心身に及ぼす影響を究明することにある。今回はスギ材の構成成分および含水率がNO<sub>2</sub>吸着に及ぼす影響について検討するとともに、実大木質内装実験のパイロット・スタディとして、内装にあらわしになったスギ材が被験者の視覚心理や認知反応に及ぼす影響、および、スギ材内装への短時間の暴露が被験者の気分やストレスレベルに及ぼす影響などを調べた。スギ材へのNO<sub>2</sub>吸着はスギの構成成分への吸着だけでなく、成



分と  $\text{NO}_2$  が反応することによって、あるいは、構成成分が水分と  $\text{NO}_2$  の反応の触媒となることによって起こること、含水率によって木材が反応物および触媒として働く割合が異なることなどが示唆された。吉野スギを用いて構成された実大木質内装（下図）における被験者実験

では、被験者は木内装室の木の香りをはっきりと感じ取り、しかも「快」と評価した。さらに、そのにおいの質を「落ち着きやすい」「親しみやすい」「生き生きとした」と判断した。そのような部屋を観察する被験者の視線は、木内装室 1 および 2 では、壁面に現れた軸材に沿って移動しやすかったが、木内装室 3 では柱から柱へと視線がホッピングするケースが多かった。部屋の見た目の印象評価では、木内装室 1 および 2 は同程度に強く「快適」と評価されたが、木内装室 3 の快適感は弱く、4 室の中で最も「気が散る」と評価された。



吉野スギを用いた実大木質内装室とこれを観察する被験者の視線移動の例

## (16) 熱帯上部対流圏循環の解明

### 1. 研究組織

代表者氏名：西 憲敬（京都大学理学研究科）

共同研究者：塩谷雅人（京都大学生存圏研究所）、鈴木順子（（独）海洋研究開発機構）、  
濱田 篤（東京大学大気海洋研究所）

### 2. 研究概要

熱帯上部対流圏（高度 9–18km）における大規模循環・波動の性質を調べる。さらに、循環形成や波動励起に関係の深い巻雲・乱層雲などの雲活動に関する解析を行った。

#### a. 赤道ケルビン波を中心とする循環場や波動の解析

上部対流圏にみられる赤道ケルビン波の速度について解析を行った。振幅増大時に経度的に局在化した局面でみられる速度 (15m/s) と、グローバルなスペクトルで最大のエネルギーをもつ速度 (25m/s) の違いを認識することが重要であることを指摘した。それぞれの速度をもつ波の活動強度の経度・季節依存性を調べ、それらが相当に違う分布を示すことが明らかになった。また、ENSO にともなう太平洋域の上部対流圏における風系の変化によって、この領域を通過する赤道ケルビン波の数に明瞭な増減がみられることがわかった。

#### b. MTSAT 赤外データを用いた雲頂高度データセットの開発

上部対流圏の雲活動を知るための雲頂高度データを拡充した。衛星天頂角の補正スキームを確立し、より広域での利用が可能になった。その結果、赤道大気レーダー付近でも使用可能なテーブルが作成できた。

#### c. 乱層雲および巻雲の消長に関する解析

上部対流圏の雲活動における興味深い現象として、ITCZ域で東西3000kmに伸びた雲域の同時南北分割(2007年4月)を解析した。主にマイクロ波を用いたGSMaPによる降雨分布データとの比較により、分割進行時には潜熱解放が続いており、それに伴う上昇流上端の発散風が南北分裂を促進している可能性を示唆した。また、雲頂高度データを用いることによって、分割進行時の雲頂変化を正確に記述することができた。

### (17) 原子状酸素照射による木質炭素化物の構造変化の解明

#### 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

低地球軌道（地上約200-700km）を航行する宇宙機の外表面は、放射線や原子状酸素、紫外線に曝露される。そのため宇宙機の外表面には原子状酸素によって劣化しにくい材料を使用する必要がある。一般に有機物を高温で処理して得られる炭素材料は耐熱性があり、軽くて高強度であるため宇宙機での外表面に使用が試みられている。木質炭素化物は電気及び熱の伝導性があり、燃料用途以外に様々な機能を付与することが可能である。本研究では原子状酸素に抵抗性のある木質炭素材料を開発するため、木質炭素化物にSiを含有させた焼結体試料を作成し、宇宙環境下のシミュレート実験を行った。作成した試料表面に原子状酸素を照射し、照射前後の木質炭素化物表面性状を小角X線、TEM-EELSなどにより分析した。

TEM-EELSによる分析の結果、試料内において木質炭素化物中のSiは酸化物になっていることが明らかとなった。原子状酸素照射時に炭素はCOもしくはCO<sub>2</sub>となって気化することにより材料の浸食が進行し同時にSiも酸化される。浸食の程度は材料中でのSiの配合比やカーボンの化学結合の状態に依存していることが明らかとなった。また、原子状酸素照射によりSiが酸化物を形成するとともに酸化物以外のSiとの反応物生成物による浸食防止の可能性が推測された。木質炭素化物とSiの焼結体による原子状酸素に対する抵抗性発現のメカニズムを構造の面から検討した結果、Si複合木質炭素化物が宇宙機の外表面に使用できることが示唆された。

### (18) 直パルス通電加熱による木質バイオマスの選択液化

#### 1. 研究組織

代表者氏名：本間千晶（北海道立総合研究機構）

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

#### 2. 研究概要

本研究では外部直流に24,000Hzの周波数パルスが付与された直パルス通電加熱（通電焼結）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活用することを目的として、直パルス通電加熱の条件が生成物、液化物組成に及ぼす影響、熱分解残渣性状の分析、機能化の検討を行った。

加熱条件および触媒の添加が熱分解反応に及ぼす影響を把握するため、木質材料の熱分解液化の挙動および生成物の組成を検討した。また、加熱条件が熱分解残渣の組織構造、化学組成、性質に及ぼす影響を把握するため、熱分解残渣の性状および機能に関する検討を行った。さらに、熱分解機構の解明に向けた基礎データを得るため、熱分解液化物のGC-MS分析を行った。

その結果、熱分解により生成する残渣量、液化物量の分析により、液化物収率が500℃で最大となることなど加熱条件及び触媒の有無と熱分解生成物組成との関係が示された。また、性状および機能に関する検



討として、FT-IR 分析、液相吸着試験、化学組成分析を行った結果、処理温度と熱分解残渣の化学構造、アンモニア吸着能等との関係が示された。TEM 分析では触媒の有無が熱分解残渣の微細構造に及ぼす影響が示された。熱分解液化物の GC-MS 分析等の結果、液化物構成成分と処理温度との関係、触媒添加の影響が一部明らかとなった。

## (19) 昼間の熱圏中性大気風速計測のためのロケット放出リチウム観測用光学機器の開発と観測

### 1. 研究組織

代表者氏名：山本真行（高知工科大学工学部）

共同研究者：山本 衛（京大生存圏研究所）、渡部重十（北海道大学理学研究院）、  
阿部琢美（宇宙航空研究開発機構）、羽生宏人（宇宙航空研究開発機構）、  
石田遼太（高知工科大学工学部）、村上睦彦（高知工科大学工学研究科）

### 2. 研究概要

熱圏大気は中性大気と電離大気（プラズマ）に分かれるが、中性大気が主成分であるにもかかわらず、その計測の困難性から熱圏の十分な理解が得られていないのが現状である。超高層大気も生命活動に必須の大気圏と捉えれば、熱圏観測法の確立は、惑星大気全体の循環を踏まえた長期気候変動等を勘案した地球生存圏の理解の上で非常に重要な基礎データを生む。代表者らは、JAXA 宇宙科学研究所の観測ロケット搭載のリチウム放出装置 (LES) から熱圏大気中にリチウム原子を放出し、同原子の波長 670.8 nm の太陽共鳴散乱光を用い熱圏中性大気風を観測することを目的として基礎研究を進めてきた。

我々は 2007 年 9 月に LES を用いた実験に成功し、夕方の熱圏大気 400 km までの風速計測の手法を確立した。観測には帯域 20 nm のバンドパスフィルタを用いた。2011 年 6 月には米国と共同して米国東海岸ワロップスにおいて昼間条件下の高度 120 km までの下部熱圏の風速計測を、また同年夏以降には鹿児島県内之浦において明け方条件下での高度 400 km までの熱圏大気風の計測実験を実施予定である。

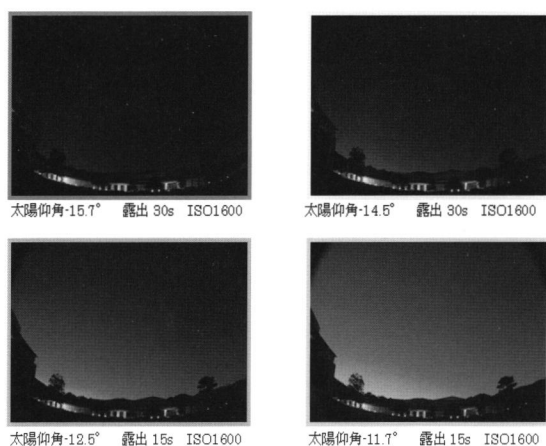


図1 リチウムイメージャーによる背景光計測結果画像

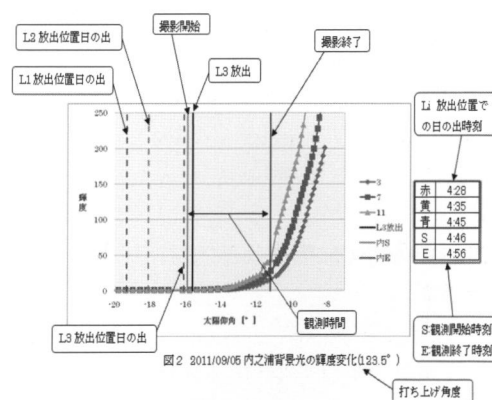


図2 2011/09/05 内之浦背景光の輝度変化(123.5°)

本研究では、明け方および昼間条件下の実験を想定し、実験条件として重要な背景光の定量的計測と装置の検討ならびに装置開発を実施した。明け方条件の背景光計測、ならびにその延長として昼間条件に至る条件下での背景光の計測は、大学院生の村上、学部学生の石田を中心に、2010 年 9 月および 11 月に 3 回実施した。リチウムイメージャーは夕方・明け方用の帯域 12 nm のバンドパスフィルタを用いて計測し、内之浦での実験に対しては、ロケット打ち上げ方位角を 123.5 度、地上光学観測地点としては、足摺岬、内之浦、奄美大島の 3 地点の選定が妥当という結論を導いた（石田，2011）（図 1，図 2）。

昼間観測用リチウムイメージャーとしては、研究チームならびに米国側実験担当者の Miguel F. Larsen 教授と相談の上、視野角 40 度、F/6 のテレセントリック光学系に帯域 2 nm バンドパスフィルタを用いる解を得て、フォトコーティング社に依頼し本ミッション研究費を活用し製作した。装置完成が年度末となったため、4月に、山本真行、村上を中心として、同装置を用いた試験観測を実施し、6月の観測本番を成功に導く。さらに夏以降に予定される内之浦での明け方～昼間条件に至る観測でも、既存の 20 nm, 12 nm フィルタに加えて、本研究で製作した帯域 2 nm の昼間用イメージャーを用いることで、近い将来の計画として我々のチームが提案している昼間の熱圏上部における観測を実施する際の基礎データを得て、定量的な検討を行い、同実験を軌道に乗せたいと考えている。

参考文献：石田遼太，ロケット放出 Li 観測の為に S/N 測定と WIND-2 打ち上げ条件の設定，高知工科大学卒業研究報告，2011.

## (20) 担子菌 *Trametes versicolor* RC3 株の発酵阻害物質分解性ラッカーゼ遺伝子の単離・同定と異種発現解析

### 1. 研究組織

代表者氏名：渡邊崇人（京都大学生存圏研究所）

共同研究者：Chartchai Khanongnuch（Chiang Mai Univ.）、Woottichai Nachaiwieng（Chiang Mai Univ.）

### 2. 研究概要

木質バイオマスからエタノールを生産する際、リグニン由来の分解物（フルフラール、バニリン等）が酵母のエタノール発酵を阻害することがあり、その影響を最小限に抑えることが必要となる。研究代表者の所属する研究室では、タイで単離され、42℃でも生育可能な担子菌 *Trametes versicolor* RC3 株のラッカーゼ（リグニン分解酵素の一種）画分が木質バイオマス前処理後の発酵プロセスの阻害物質を分解することを明らかにしている。今回は、RC3 株のラッカーゼの高生産条件の検討と諸性質の解析を行い、また、その遺伝子の単離・同定と異種発現を試みた。

本ラッカーゼは、米ぬか培地や銅存在下で活性が高く、アセトンやエタノール等の有機溶媒による沈殿濃縮でも活性は保持されていた。また、ドデシル硫酸ナトリウムポリアクリルアミドゲル電気泳動（SDS-PAGE）後のゲル上でも活性染色が可能であった。さらに、経時的に抽出した RC3 株の菌体外酵素を等電点電気泳動（IEF）及び SDS-PAGE に供し、活性染色した結果、本菌のラッカーゼには複数のアイソザイムが存在することが明らかとなった。一方、PCR をベースにした方法でラッカーゼ遺伝子の cDNA を取得することに成功した。これを発現ベクターに連結後、メタノール資化性酵母 *Pichia pastoris* へ形質転換したところ、メタノール資化性とラッカーゼ遺伝子を有する形質転換体を多数取得した。

## 2.5 生存圏フラッグシップ共同研究

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



### (1) 熱帯産業林の持続的生産利用に関する多角総合的共同研究

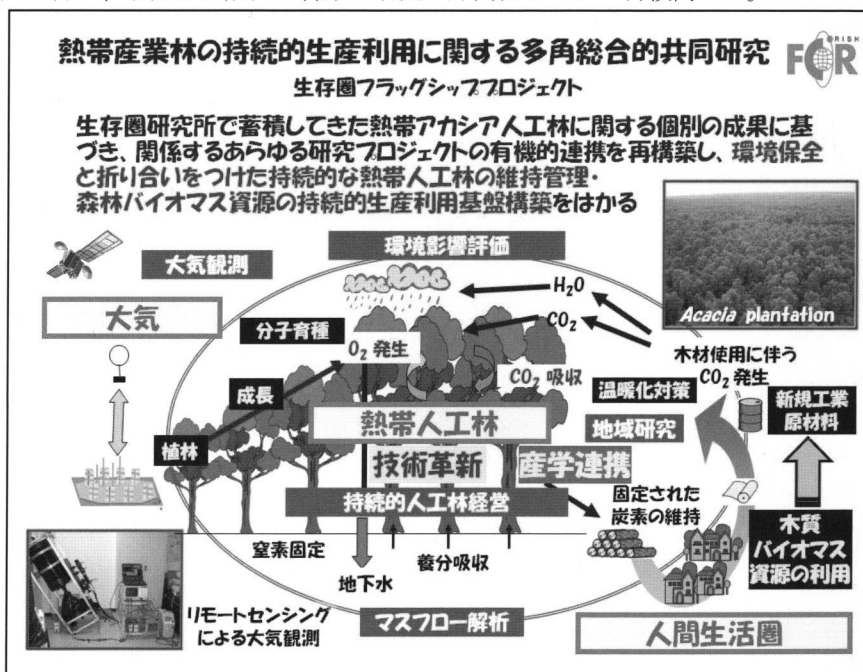
研究代表者：梅澤俊明

化石資源の大量使用に基づく急激な地球環境の悪化や化石資源の枯渇予想により、エネルギー・食糧・工業原材料の供給を、環境保全及び経済成長との折り合いのもとに達成する方策の確立が今後の人類の生

存に必須となっている。そして、この方策の確立こそ、生存圏科学に与えられた使命と言える。

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。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、熱帯地域における樹木生長量は、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森林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、その発足と共に、国内外の研究機関と連携して、アカシアマンガウムやアカシアハイブリッド植林地において、大気圏・森林圏・人間生活圏の物質循環の精測を行い、それに基づき、地域の環境を損ねることなく木材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統合的・融合的研究を推進してきた。

本共同研究では、熱帯アカシア資源の持続的生産利用基盤の確立を最終目的として、従来生存圏研究所で蓄積してきた熱帯アカシア人工林に関する個別の成果に基づき、関係するあらゆる研究プロジェクトの有機的連携を再構築するための総合研究を実施した。まず、平成22年5月25日にキックオフミーティングとして「第1回生存圏フラッグシップシンポジウム（第150回生存圏シンポジウム）環境を考慮したバイオマス資源の確保戦略」を開催した。さらに、本研究では、従来の関連研究を継続すると共に、熱帯人工林の持続性、熱帯早生樹の特性、熱帯早生樹の利用、熱帯早生樹のバイオテクノロジー、の4項目に関する調査研究を行い、研究の必然性と将来の研究の方向性について再検討した。



### 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に関する調査報告書

研究代表者：梅澤俊明（生存圏研究所 森林代謝機能化学分野）

報告者：梅澤俊明

調査日：平成23年2月7日～3月31日

（調査結果）

本調査研究の目的は、従来生存圏研究所で進めてきたアカシアを始めとする熱帯早生樹の人工林の持続的維持と利用の現状について俯瞰的に把握し、得られた情報を合理的に解析することにより、今後の関連研究の方向性の再構築を行うことである。

熱帯地域における持続的な大規模産業造林は、持続的、循環的な木質バイオマス資源の生産基盤として、

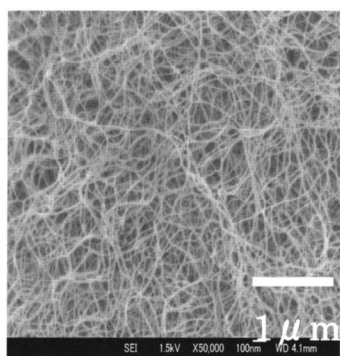
我が国の資源確保や地元住民の経済活動・福祉に大きく貢献している。その一方で、遺伝的多様性に乏しい限られた系統の連続的かつ土地集約的な植林に伴う「生産の問題」、土壌栄養分の短期収奪に関する「持続性の問題」、地域住民の生活保証や経済振興といった「社会問題」、木質資源の効率的な材料変換やエネルギー変換に関わる「利用の問題」など生存圏全体に関わる様々な課題が存在している。これらの課題の解決には、従来の技術では不十分であり、関連学術基盤の深化に基づく圧倒的な技術革新が必須である。これらの課題解決に向けて、生存圏研究所では、その発足とともに、国内外の研究機関と連携して、インドネシア南スマトラ州、リアウ州、マレーシアサバ州などの事業植林地をフィールドとして、大気圏・森林圏・人間生活圏の物質循環の精測を行い、それに基づき、地域の環境を損ねることなく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総合的研究を行ってきた。その結果、アカシア人工林の育成と利用に関して、多くの個別プロジェクトが進行し、それぞれ成果を上げてきた。しかしこれらの個々のプロジェクトの発足以来既に6年が経過したことから、フラッグシッププロジェクトの一環として研究の方向性について検証することとした。

具体的には、熱帯人工林の持続性、熱帯早生樹の特性、熱帯早生樹の利用、熱帯早生樹のバイオテクノロジー、の4項目について、それぞれに4～6個程度の小項目を設定し、熱帯早生樹（特にアカシアを対象とし、ユーカリも含める）の持続的生産利用の現状把握と将来展望について合理的の評価を行っている。調査結果は、生存圏シンポジウムに於いて報告し、今後の方向性について討議すると共に、結果の取りまとめを生存圏研究に報告する。

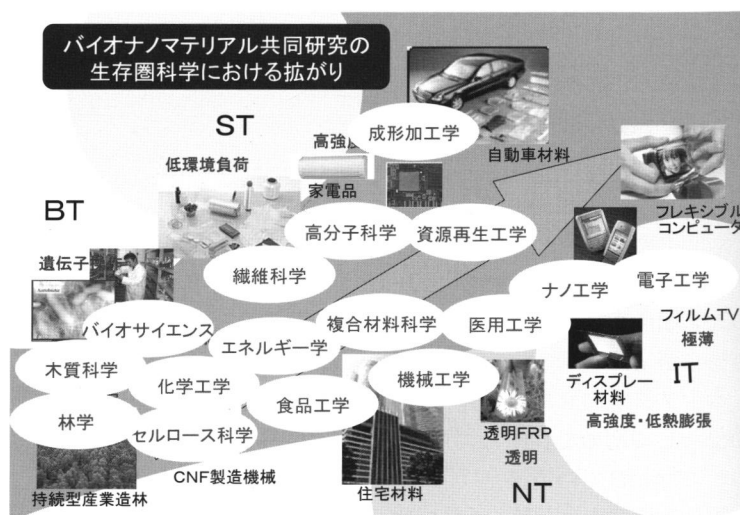
## (2) バイオナノマテリアル共同研究

研究代表者：矢野浩之

植物細胞の基本骨格物質であるセルロースナノファイバーは、鋼鉄の1/5の軽さで、その5倍以上の強度(2-3GPa)、ガラスの1/5以下(0.1ppm/K)の線熱膨張係数を有するスーパーナノ繊維である。木材等、植物資源の50%以上を占めるほぼ無尽蔵の持続型資源でありながら、ナノファイバーレベルまでの解繊コスト、ナノファイバー故の取り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いない。しかし、低炭素社会の早期実現に向けて、20世紀を支えた「炭酸ガス排出型マテリアル」から、「炭酸ガス吸収固定型マテリアル」へのパラダイム転換が叫ばれる中、新規の低環境負荷ナノ材料として、世界中で、近年、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。



図：セルロースナノファイバー(上)とそれを基盤としたバイオナノマテリアル研究の拡がり(右)。



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。生存圏科学の拡がりを活用して、生物資源材料を扱う研究者、そのナノエレメントの化学変性や再構築を行う研究者、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、といったこれまでつながりの薄かった分野の研究者が垂直連携して、持続型生存圏の構築に資する先進的生物材料の開発、実用化を目指している。

## セルロースナノファイバーの製造方法に関する調査報告書

研究代表者： 阿部賢太郎（京都大学次世代開拓研究ユニット）

報告者： 阿部賢太郎

調査日：平成23年2月1日～2月28日

(調査結果)

### 1) はじめに

近年、様々なナノ材料が生み出される中で、植物由来のマイクロフィブリルが持つ優れた性質と形状に注目が集まり、新しいナノファイバー材料として利用するための研究が数多く行われている。以下に、植物から単離されるナノファイバー状のセルロース (=セルロースナノファイバー) の製造方法についていくつかの研究例を交えて紹介する。

本稿に表記するナノファイバーは全て直径がナノメートルサイズ（主に 100nm 以下）の長繊維を意味する。また論文によっては cellulose nanofibril や nanofibrillated cellulose などと呼ばれることもあるが、ここでは全てセルロースナノファイバーもしくは単にナノファイバーとした。

### 2) セルロースナノファイバーの製造

#### 2.1. 原料について

セルロースマイクロフィブリルは植物細胞壁の主要な構成要素であるため、あらゆる植物がナノファイバー原料になりえる。他にも微生物が生産するバクテリアセルロースやホヤ類の被囊も原料として用いられる。ここではナノファイバーの原料に最も広く用いられている植物資源について簡単にまとめる。木材は植物原料の中でも最も豊富に存在する資源であり、一般に紙パルプとして身近にあるため、ナノファイバー製造においても多く用いられる。次いで広く用いられている原料は農業副産物である。つまり農作物の非食用部や、農作物から食品を製造する際に生じる副産物のことである。地域に適した数多くの農作物があることから、世界中で幅広い植物原料が用いられている。いくつか列挙すると、ポテト・シュガービートパルプ（デンプンおよび砂糖の搾りかす）、稲・麦わら、バガス、大豆の豆皮や豆殻およびバナナの花軸や偽茎<sup>7)</sup>等からナノファイバーが単離されている。他にも緑藻類のシオグサもナノファイバー原料の候補になりえる。

#### 2.2. 単離法について

マイクロフィブリルはヘミセルロースやリグニンなど他の細胞壁成分と共に複雑な多層構造をもつ細胞壁を形成している。それゆえナノファイバーを単離するためには、まず精製処理を行い、その後何らかの解繊処理を施す必要がある。セルロースの精製法はすでに広く知られているため、ここでは解繊処理についてまとめる。

解繊処理には大きく分けて化学的解繊と機械的解繊の2種類がある。

化学的処理として挙げられるのは主に酸加水分解と TEMPO 酸化である。硫酸等を使ってセルロースの非結晶領域を加水分解することによって得られるセルロースは、高い結晶性を示し幅は 10-20nm となるが、長さが 200nm 程度と一般的なナノファイバーに比べて短い。そのため、ウィスカー（ナノウィスカー）やナノクリスタルとも呼ばれる。1995 年に Favier らがホヤから調製したセルロースウィスカーを補強繊維として初めて利用しゴムの物性を飛躍的に向上させて以来、ウィスカーの製造および利用は今日でも広く行われている。

機械的解繊とは、様々な機械を用いて細胞壁をほぐしてナノファイバーを単離する手法である。色々な

装置の中で最も広く用いられている装置は高圧ホモジナイザーである。高圧ホモジナイザーとは、試料懸濁液を細いノズルから高圧下で押し出し、その際に生ずる高い剪断力によって試料を粉砕する装置である。繰り返して処理することで木材パルプの外側からリボン状の薄片が剥がれ、さらにその薄片がナノファイバーへと徐々にほぐれる。しかし、解繊が不十分で単独のナノファイバーにまでほぐれていない場合、マイクロフィブリル化セルロースとも呼ばれる。Microfluidizer™ と呼ばれる装置もここに含まれ、同様に広く用いられている。また、これら機械的解繊を効果的に行う前処理として酵素処理を行う例もある。

その他の機械的解繊として、セルロース試料の水懸濁液を高速で衝突させることでナノファイバーを得る対向衝突（ウォータージェット）法や、超音波処理法がある。

最後に紹介する装置がグラインダーである。グラインダーとは、高速で回転する2枚の砥石の微小な隙間に試料懸濁液を通過させることによって試料を磨砕する装置である。

機械的解繊は基本的に10-30回程度の繰り返し処理を必要とする。しかし、それに伴い得られる。

ナノファイバーのセルロース結晶性や分子量が徐々に低下するという報告もあり、機械的解繊はできる限り簡便に行うことが望まれる。特に市販の乾燥パルプを原料に用いた場合、ナノファイバーの単離は困難となる。これは、精製処理によりむき出しになったセルロースが乾燥下で水素結合し強力に凝集するためである。そこで乾燥凝集を避けるために、木粉を精製処理した後に未乾燥状態のままグラインダー処理によって解繊を行ったところ、わずか1回の解繊処理によって幅約15nmの均質なナノファイバーを単離することが可能となった（図1）。これは細胞壁中に本来存在しているマイクロフィブリル束ではないかと考えられる。この結果から、出発原料は乾燥していても良いが、精製後の試料は乾燥させないほうが良いと言える。乾燥パルプは確かに便利な原料ではあるが、そもそもナノファイバーを単離する行程で乾燥処理は必要ない。今後セルロースナノファイバーを広く利用するためには解繊処理だけでなく、その前の精製処理についても深く検討する必要がある。

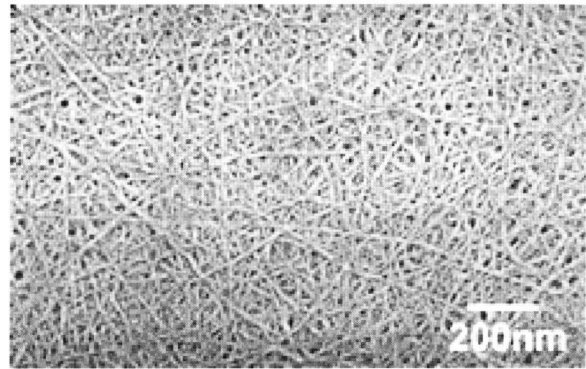


図1 木材から単離した幅15nmのセルロースナノファイバー

### 3) おわりに

現在では多様な植物原料から様々な手法によってセルロースナノファイバーを単離できるようになっており、単離技術のみについて最近の報告例は少ない。単離することが最終目的ではないため、今後はこのナノファイバーを幅広い分野でいかに有効に使いこなすかが課題となる。現在は補強繊維としての利用が主であるが、今後ゲルや不織布シート等様々な形でナノファイバーの利用がさらに展開されることを期待する。

### Bio-nanofibers and their nanocomposites for structural applications– current state and beyond に関する調査報告書

研究代表者： Antonio Norio Nakagaito（徳島大学大学院ソシオテクノサイエンス研究部）

報告者： Antonio Norio Nakagaito

調査日：平成23年2月1日～2月28日

(調査結果)

Cellulose is a polysaccharide forming the framework of green plant cell walls and it is the most abundant form of biomass on Earth. Cellulose is always present in fibrillar form, nanofibers comprised of straight molecular chain polymers arranged parallel to their axes with hydroxyl groups connected laterally by hydrogen bonds. This unique



configuration grants remarkable mechanical properties to these nanofibers, which are comparable to those of aramid fibers. Cellulose nanofibers compete well with synthetic fibers as they are relatively less costly, renewable, recyclable, and possess high strength per weight. Chitin is another abundant polysaccharide and is found in the hard material forming the exoskeleton of marine crustaceans, insects and in the cell walls of many filamentous fungi. The molecular structure of chitin is identical to that of cellulose with the exception of a hydroxyl group replaced by an acetamido group. The only way to exploit these bio-nanofibers in useful load bearing materials is to extract them from the original tissues to use as reinforcement in nanocomposites.

Research on cellulose nanofibers and whiskers has been initiated by researchers at CERMAV-CNRS in France. In 1995, Favier *et al.* [1, 2] reported the production of polymer films reinforced with whiskers extracted from sea animals, tunicates. An aqueous suspension of latex obtained by copolymerization of styrene and butyl acrylate was mixed with an aqueous suspension of tunicin whiskers and film casted at room temperature. This method allowed well dispersed whiskers throughout the composite. Films up to 6 wt% of cellulose exhibited an increase in shear modulus in the rubbery state of more than two orders of magnitude. Moreover, whereas the modulus of the matrix decreased with temperature, the modulus of the composites remained constant up to the temperature where cellulose starts to decompose. The unusually large reinforcing effect was explained by the phenomenon of percolation, a mutual interaction of nano-elements forming a rigid network of hydrogen bond-connected reinforcing phase.

In following works [3, 4], Dufresne and coworkers reinforced plasticized potato starch with potato parenchymal nanofibers to improve the modulus above  $T_g$  and water sensitivity, two typical drawbacks of starch. Above  $T_g$  a modulus increase of about 2 orders of magnitude was reported even at a filler content of 5 wt%. But when Angles and Dufresne [5, 6] produced composites filling plasticized starch with tunicin whiskers, the storage modulus of a 25 wt% whisker at 365K (above  $T_g$ ) was just about 20 times higher than that of the matrix, contrasting with the much higher reinforcing effect of plasticized starch filled with cellulose nanofibers [3]. They concluded that the disparity was due to differences in flexibility, of stiff and straight whiskers contrasted to flexible, hairy nanofibers. They suggested that in composites with whiskers, the reinforcing effect is based on the formation of hydrogen-bound network while for composites with nanofibers the reinforcement is accomplished by the same rigid network but also by an additional entangling effect. The entangling effect of microfibrils was confirmed in a later study by Samir *et al.* [7]. Cellulose whiskers are stronger than cellulose nanofibers if considered in terms of mechanical properties of the individual elements, since whiskers consist of monocrystals whereas nanofibers are comprised of crystalline cellulose with weaker amorphous domains along their axis. However, if the collective behavior of these elements inside a composite is taken into account, nanofibers deliver more effective reinforcement than whiskers owing to the percolation through hydrogen bonds supplemented by mutual entanglements.

A conclusive evidence of the cellulose nanofibers reinforcing potential was shown by Yano and Nakahara [8] when they described the production of molded materials based on microfibrillated cellulose (MFC), a commercially available cellulose nanofiber morphology obtained from kraft pulp. Materials fabricated without any adhesive achieved a bending strength of 250 MPa. With the addition of only 2 wt% oxidized starch, the yield strain doubled and the bending strength increased to 310 MPa. This unusually high strength was attributed to the interactive secondary forces developed between the nanometer scale web-like network of cellulose fibrils. Considering the good compatibility between cellulose and phenolic resin, sheets obtained by filtration of MFC slurries were impregnated with a thermoset resin phenol formaldehyde (PF), stacked in layers and compression molded under pressures as high as 100 MPa [9]. The mechanical properties obtained were significantly enhanced, the Young's modulus achieved 19 GPa and the bending strength attained was about 370 MPa, figures comparable to those of commercial magnesium alloy. When compared to composites based on non-fibrillated pulp fibers fabricated following the same compression molding of PF impregnated sheets, MFC nanocomposites had slightly higher Young's modulus, but exhibited about 1.5 times higher bending strength. Having similar modulus, the higher strength was a direct consequence of a higher strain at fracture of MFC-based composites.



In order to determine how the degree of fibrillation of kraft pulp reinforcements affects the final composite's strength, samples were produced using wood pulp with different levels of refining and homogenizing treatments [10]. MFC is obtained by repeated mechanical action of a high-pressure homogenizer on wood pulp previously treated by a disk refiner. The number of passes through the homogenizer as well as the number of passes through the refiner determines the degree of fibrillation, resulting in different cellulose morphologies. PF was used again as the binder and the method to produce the composites followed the procedure adopted previously. There was no change in strength for composites prepared using pulp fibers treated by refiner up to 16 passes, however, a stepwise increase occurred when the treatment attained 30 passes through the refiner. The strength suddenly increased from about 200 MPa to 300 MPa. Scanning electron microscopy observations revealed that fibrillation of the fibers surface solely did not increase fiber interactions. Only the complete fibrillation of the bulk of the fibers resulted in an increment of mechanical properties, and additional fibrillation by homogenization treatment led to a linear increase of strength. Nanofibrillation eliminates defects or weaker parts of the original fibers that would act as the starting point of cracks. Besides, the work of fracture is enhanced due to the highly extended surface area of networked nanofibers which generates an increased bond density that slows down crack propagation. This study demonstrated the need of nanofibrillation to attain enhanced strength, which is not possible to achieve with micro-scale fibers.

Currently, the major obstacle to a widespread adoption of cellulose nanofiber-based composites is the high energy input needed for the nanofibrillation process. The cost of nanofiber extraction is still high and the yields are low. The production of commercially available microfibrillated cellulose, for instance, requires an energy consumption of 30,000 kWh/tonne. However, recent developments in pre-treatments like enzymatic, anionization, and cationization with posterior fibrillation through a microfluidizer, accomplished at Innventia in Sweden, brought the energy input down to 500-2,000 kWh/tonne [11]. While cellulose is quite difficult to nanofibrillate, chitin seems to be less demanding. Ifuku et al. [12, 13] have demonstrated that by cationization of chitin prior to grinding treatment, it is possible to nanofibrillate even previously dried purified chitin. Drying produces strong interactions among nanofibers by hydrogen bonds, making it harder to separate them. Other possibilities are related to the source of cellulose, parenchyma cells from fruits and roots can be fibrillated more easily than wood fibers. These raw materials can be obtained as agricultural by-products after the extraction of juice or starch. These examples are sure indications that progresses in nanofibrillation techniques will soon overcome the cost barrier to produce inexpensive nanofibers as production scales up. Considering that the research interest in cellulose nanofiber applications started to grow about five years ago and we have seen such a progress, it is not inconceivable to bet that commoditization of nanofibers will be possible within another five years.

Another major issue concerning the production of nanocomposites is the burden in dispersing hydrophilic nanofibers in hydrophobic polymer matrixes. Up to now most of the high strength nanocomposites were fabricated by impregnating paper-like sheets of nanofibers with polymeric resin, especially thermosets. However, successful reinforcement of thermoplastic polymers with nanofibers is still rare. Perhaps the method closest to an industrial process is that reported by Jonoobi et al. [14] who accomplished compounding through a twin-screw extruder. To attain good dispersion of nanofibers, a master batch was prepared by dissolving polylactic acid into an organic solvent to disperse nanofibers at high concentration. The mixture was diluted to final nanofiber contents during extrusion. This approach is similar to those proposed by Iwatake et al. and Suryanegara et al., but limited only to the initial step. The subsequent extrusion step is the same adopted by plastics manufacturers. Ideally the solvent use should be eliminated to make the process completely environmentally friendly. In other studies, Tingaut et al. [15] have successfully dispersed acetylated cellulose nanofibers in chloroform upon drying, whereas Eyholzer et al. [16] prepared carboxymethylated cellulose nanofibers that could be redispersed in water after freeze-drying. These accomplishments show the potential to chemically hydrophobize nanofibers in order to avoid agglomerations in polar and nonpolar media. Even though nanocomposites cannot yet be produced exclusively by extrusion compounding, an adequate chemical modification of cellulose nanofibers seems to be the key to attain good dispersion in thermoplastic matrixes.

More research will concentrate on the compounding of nanofibers with thermoplastics in the next years so as to bring these materials closer to industrial production. Once it happens, a potential application would be in automotive body panels (e.g., the Smart Fortwo), where weight reduction is essential to improve mileage in both combustion engine cars and electric vehicles. Cellulose nanofibers would provide stiffness, impact strength and very low thermal expansion for reduced gap tolerances in such applications.

As high performance composites have been produced using bio-nanofibers, the research will naturally extend to the reinforcement of biopolymers to clear up some of the shortcomings that keep these sustainable plastics still out of the market. The development of high performance and completely bio-based composite materials will be the most promising area of research in the forthcoming years.

## References

- [1] V. Favier, H. Chanzy, J. Y. Cavaille, *Macromolecules*, **28**, 6365 (1995)
- [2] V. Favier, G. R. Canova, J. Y. Cavaille, H. Chanzy, A. Dufresne, C. Gauthier, *Polym. Adv. Technol.*, **6**, 351 (1995)
- [3] A. Dufresne, M. R. Vignon, *Macromolecules*, **31**, 2693 (1998)
- [4] A. Dufresne, D. Dupeyre, M. R. Vignon, *J. Appl. Polym. Sci.*, **76**, 2080 (2000)
- [5] M. N. Angles, A. Dufresne, *Macromolecules*, **33**, 8344 (2000)
- [6] M. N. Angles, A. Dufresne, *Macromolecules*, **34**, 2921 (2001)
- [7] M. A. S. A. Samir, F. Alloin, M. Paillet, A. Dufresne, *Macromolecules*, **37**, 4313 (2004)
- [8] H. Yano, S. Nakahara, *J. Mater. Sci.*, **39**, 1635 (2004)
- [9] A. N. Nakagaito, H. Yano, *Appl. Phys. A-Mater.*, **80**, 155 (2005)
- [10] A. N. Nakagaito, H. Yano, *Appl. Phys. A-Mater.*, **78**, 547 (2004)
- [11] <http://www.sustaincomp.eu/upload/16149/Mikael%20Ankerfors%20and%20Tom%20Lindstr%C3%B6m,%20Inventia.pdf>
- [12] S. Ifuku, M. Nogi, K. Abe, M. Yoshioka, M. Morimoto, H. Saimoto, H. Yano, *Biomacromolecules*, **10**, 1584 (2009)
- [13] S. Ifuku, M. Nogi, M. Yoshioka, M. Morimoto, H. Yano, H. Saimoto, *Carbohydr. Polym.*, **81**, 134 (2010)
- [14] M. Jonoobi, J. Harun, A. P. Mathew, K. Oksman, *Compos. Sci. Technol.*, **70**, 1742 (2010)
- [15] P. Tingaut, T. Zimmermann, F. Lopez-Suevos, *Biomacromolecules*, **11**, 454 (2010)
- [16] C. Eyholzer, N. Bordeanu, F. Lopez-Suevos, D. Rentsch, T. Zimmermann, K. Oksman, *Cellulose*, **17**, 19 (2010)

## プリンテッド・エレクトロニクスにおけるセルロースナノファイバー研究開発に関する調査報告書

研究代表者： 能木雅也（大阪大学産業科学研究所）

報告者： 能木雅也

調査日：平成23年2月1日～2月28日

(調査結果)

### 1) はじめに

プリンテッド・エレクトロニクス (PE) とは、新聞や雑誌を刷るように、印刷により大量に高速に電子部品や機器を製造する新技術である。PE の対象となる製品群は極めて幅広く、今後 20 年間で 40 兆円の新たな規模に成長すると期待されている。そこで、インクとなる有機・無機・金属のナノ材料、高詳細に制御された印刷技術など極めて広範囲な技術基盤形成が望まれ、その技術開発を世界中で競い合っている。

現在、PE 用基板として、薄板ガラス、ポリイミド、PET などが候補であるが、いずれも性能や価格にそれぞれ長所・短所がある。そのため、セルロース基板 (紙) も PE 用基板の一つとして考えられ、幾つかの研究報告がある。そこで、PE を中心にデバイス開発分野での、紙からセルロースナノファイバーまで

セルロース材料の開発事例を紹介する。

## 2) 既存技術で作製した「紙基板デバイス」

本節では、フォトリソグラフィ、エッチング、真空蒸着など従来のデバイス作製技術を利用して、セルロース基板上にデバイス作製を試みた研究事例を紹介する。

Korea Electron. Technol. Inst. の Han グループは、インクジェットプリント用紙へ有機 TFT 回路の作製した<sup>1)</sup>。Georgia Institute of Technology の Tentzeris グループは、耐水ポリマーをコートした紙の上に銅箔を貼り付け、RFID タグ (Radio Frequency Identification タグ、電波による個体識別用タグ) を作製した<sup>2)</sup>。ポルトガルの Fortunato は、セルロースシートを誘電体基板とした FET (field-effect transistor) を作製した<sup>3)</sup>。東京大学 染谷グループは、ポリイミドを塗布したマイクロフィブリル化セルロース基板上で、メカニカルスイッチデバイスを作製した<sup>4)</sup>。ハーバード大の Whitesides グループは、ゼロックインクジェットプリント用紙へ導電性ワイヤ (ヒーター) を蒸着し、その裏側へ熱変色インクを塗布し、サーモクロミックディスプレイを開発した<sup>5)</sup>。

## 3) 印刷技術で作製した「紙基板デバイス」

本節では、印刷技術を利用して、セルロース基板上にデバイス作製を試みた研究事例を紹介する。

スウェーデン Linköping 大の Berggren グループは、Cellulose-based fine paper 上へ導電性高分子 (PEDOT:PSS) を印刷し、2002 年にアクティブマトリクスディスプレイ<sup>6)</sup>、2005 年にロジックサーキット<sup>7)</sup>を作製し、2007 年にはボタン入力装置とバッテリーを普通紙の上に印刷したデバイスを紹介した<sup>8)</sup>。ルーマニアの Dragoman グループは、normal paper へカーボンナノチューブインクをレーザープリンターで RFID アンテナを作製した<sup>9)</sup>。オーストラリアの Clark グループは、亜鉛・カーボン・ポリマーコンポジット (陰極) と PEDOT (陽極) を紙 (glossy photo paper と copy paper) に印刷 (スクリーン印刷・インクジェット印刷) したフレキシブルなリチウムイオンバッテリーを作製した<sup>10)</sup>。スタンフォード大の Liangbing Hu らは、カーボンナノチューブ (CNT) とセルロースを利用したフレキシブルなバッテリーの開発を精力的に行っており、CNT や銀ナノロッドを普通紙や Xerox 紙へ塗布した導電性スーパーキャパシタ<sup>11)</sup>、CNT をコットンシートで漉き上げた導電性スーパーキャパシタ<sup>12)</sup>、CNT シートを Xerox 紙へ貼り付けたリチウムイオンバッテリー<sup>13)</sup>を開発している。

セルロース基板上にデバイスを作製するためには、セルロース基板への金属ナノインクの印刷・加熱し、基板上へ金属配線を作製する必要がある。ドイツ KIT の Feldmann グループは、室温で還元可能な銅化合物ナノ粒子インク (水素化ホウ素ナトリウム水溶液使用) を開発し、紙基板上へ銅配線の作製に成功した<sup>14)</sup>。フィンランド VTT の Allen グループは、市販インクジェットプリンタ用紙のシリカ系の無機材料受層層では、銀ナノ粒子インクの焼結が促進されることを報告した<sup>15)</sup>。

## 4) セルロースナノファイバーを用いたデバイス作製へ応用可能な基礎技術

最後に、セルロースナノファイバーを用いた研究事例をいくつか報告する。これらの論文ではデバイス作製を行っていないが、いずれもデバイス作製へ応用可能な基礎的な研究成果である。

導電性高分子ポリピロールの補強フィラーとして、マイクロフィブリル化セルロース<sup>16)</sup>、セルロースナノファイバー<sup>17)</sup>が使用されている。TEMPO 酸化処理したセルロースナノファイバーは、銀ナノ粒子<sup>18)</sup>や金ナノ粒子<sup>19)</sup>を担持させることが可能である。Niu らは、ゾルゲル法を利用して、セルロースナノファイバー上 (濾紙) へ CdSe (セレン化カドミウム) ナノ粒子を凝集させ、緑色の蛍光発色するシートを作製した<sup>20)</sup>。II-VI 族半導体の 1 つである CdSe は、太陽電池や光センサ (電気抵抗が光の強さによって変化するフォトレジスタ) などへ用いられる。Berglund らのグループは、磁性セルロースエアロゲルを開発した<sup>21)</sup>。磁性材料は、メモリが開発可能である。

## 5) まとめ

「セルロースまたは紙を用いたデバイス作製」は、非常に幅広く・活発に研究がなされている。しかし現在、デバイス技術は、重厚長大なデバイス作製技術からロールトゥーロールに代表されるようなプリンテッド・エレクトロニクスへの過渡期である。一方、セルロース分野においても、セルロース繊維からセルロースナノファイバーへとトレンドが変わりつつある。したがって、「セルロースナノファイバ

ーを用いたプリンテッド・エレクトロニクス」という観点での研究事例は、まだ、報告されていなかった。

- 1) Y. H. Kim *et al.* “Organic TFT Array on a Paper Substrate” *IEEE Electron Device Lett.* 25 (2004) 702-704.
- 2) Li Yang *et al.* “RFID Tag and RF Structures on a Paper Substrate using Inkjet-Printing Technology” *IEEE Trans. Microw. Theory Tech.* 55 (2007) 2894-2901
- 3) E. Fortunato *et al.* “High-Performance Flexible Hybrid Field-Effect Transistors Based on Cellulose Fiber Paper” *IEEE Electron Device Lett.* 29 (2008) 988-990
- 4) S Couderc *et al.* “A mechanical switch device made of a polyimide-coated microfibrillated cellulose sheet” *J. Micromech. Microeng.* 19 (2009) 055006
- 5) A. C. Siegel *et al.* “Thin, lightweight, foldable thermochromic displays on paper” *Lab on a Chip* 9 (2009) 2775-2781
- 6) P. Andersson *et al.* “Active matrix displays based on all-organic electrochemical smart pixels printed on paper” *Advanced Materials* 14 (2002) 1460-1464.
- 7) D. Nilsson *et al.* “Electrochemical logic circuits” *Advanced Materials* 17 (2005) 353-358.
- 8) Berggren *et al.* “Organic materials for printed electronics” *Nature Materials* 6 (2007) 3-5.
- 9) M. Dragoman *et al.* “Writing simple RF electronic devices on paper with carbon nanotube ink” *Nanotechnology* 20 (2009) 375203
- 10) M. Hilder *et al.* “Paper-based, printed zinc–air battery” *Journal of power Sources* 194 (2009) 1135-1141
- 11) Liangbing Hu *et al.* “Highly conductive paper for energy-storage devices” *PNAS* 106 (2009) 21490-21494
- 12) Liangbing Hu *et al.* “Stretchable, Porous, and Conductive Energy Textiles” *Nano Letters* 10 (2010) 708-714
- 13) Liangbing Hu *et al.* “Thin, Flexible Secondary Li-Ion Paper Batteries” *ACS Nano* 4 (2010) 5843-5848
- 14) S. Wolf *et al.* “Cu<sub>2</sub>X(OH)<sub>3</sub> (X=Cl-, NO<sub>3</sub>-): synthesis of nanoparticles and its application for room temperature deposition/printing of conductive copper thin-films” *J. Mater. Chem.* 20 (2010) 7694-7699
- 15) M. Allen *et al.* “Substrate-facilitated nanoparticle sintering and component interconnection procedure” *Nanotechnology* 21 (2010) 475204
- 16) C. Sasso *et al.* “Highly Conducting Polypyrrole/Cellulose Nanocomposite Films with Enhanced Mechanical Properties” *Macromolecular Materials and Engineering* 295 (2010) 934-941.
- 17) G. Nystrom *et al.* “A Nanocellulose Polypyrrole Composite Based on Microfibrillated Cellulose from Wood” *J. Phys. Chem. B* 114 (2010) 4178-4182.
- 18) S. Ifuku *et al.* “Synthesis of Silver Nanoparticles Templated by TEMPO-Mediated Oxidized Bacterial Cellulose Nanofibers” *Biomacromolecules* 10 (2009) 2714-2717.
- 19) H. Koga *et al.* “Topochemical synthesis and catalysis of metal nanoparticles exposed on crystalline cellulose nanofibers” *Chem. Commun.* 46 (2010) 8567-8569.
- 20) Tao Niu *et al.* “Luminescent cellulose sheet fabricated by facile self-assembly of cadmium selenide nanoparticles on cellulose nanofibres” *J. Mater. Chem.* 21 (2011) 651-656.
- 21) R. T. Olsson *et al.* “Making flexible magnetic aerogels and stiff magnetic nanopaper using cellulose nanofibrils as templates” *Nature Nanotechnology* 5 (2010) 584-588

#### キチンナノファイバーの製造方法およびその利用開発に関する調査報告書

研究代表者： 伊福伸介（鳥取大学工学研究科）

報告者： 伊福伸介

調査日：平成23年2月1日～2月28日

（調査結果）

1) はじめに

ナノテクノロジー分野の研究においてナノファイバーがその中核を担う材料として注目されている。ナノファイバーはそのサイズ効果により、マイクロサイズの繊維では発現し得なかった機能や特性が期待できるため、ナノファイバーの製造および利用開発が精力的に進められている。

近年では地球上で最も豊富に存在するバイオマスであるセルロースおよびキチンがナノファイバーの原料として注目されている。セルロースやキチンはナノサイズの繊維が集合し、緻密な階層構造を経て複雑な組織体へと展開していく。このことはマクロな構造を解きほぐすことにより、微細な繊維に分解できることを示唆している。本稿ではカニやエビの殻の緻密な造形に着目し、このコンセプトに基づいて作成された、キチン質のナノファイバーの単離技術およびその利用開発について紹介する。

## 2) カニ、エビ殻から単離されるキチンナノファイバー

キチンとは *N*-アセチルグルコサミンが直鎖状に連なった多糖類であり、セルロースと類似した化学構造を有する。キチンは地球上に広く存在し、例えばカニやエビの殻、昆虫類の外皮、あるいは、カビ、キノコ、藻類の細胞壁を形成する構造材料としての役割を果たす。年間合成量は地球上で最も豊富なバイオマスであるセルロースに匹敵する  $1 \times 10^{11}$  トンとも推定されている。カニやエビの殻にはおおよそ、20~30%程度のキチンが含まれており、その構造はナノファイバーが階層的に組織化された極めて緻密な高次構造で構成されている。よって、適切な処理によってカニやエビ殻を構成するキチンをナノレベルにまでダウンサイジングできる。

キチンナノファイバーの調製は次の操作により行う。カニ殻に含まれる炭酸カルシウム、タンパク質、脂質、色素を順次取り除きキチンを得る。精製したキチンに酢酸を添加した後、グラインダーを用いて繊維の微細化を行う。解繊したキチンは幅がわずか 10~20 nm と極めて細く、均質であり、非常にアスペクト比の高いナノファイバーである<sup>1)</sup>。キチンナノファイバーの調製において、酢酸の添加が重要な鍵となる。すなわち、キチンは *N*-アセチルグルコサミンが直鎖状に配列した化学構造をしているが、わずかにグルコサミン単位が含まれている。グルコサミンのアミノ基は酸性条件下でカチオン化され、繊維間で電荷による反発力を生じるため、解繊処理をする際に解繊効率が向上する<sup>2)</sup>。なお、解繊の効率化には酢酸以外の有機酸も利用可能である。

この「アミノ基のカチオン化に伴う反発力」を利用して、精製済みの市販されている乾燥キチンから手軽にキチンナノファイバーに変換することも可能である<sup>3)</sup>。一般にセルロースナノファイバーの調製においては、水素結合に伴うナノファイバー間の強固な凝集を避けるため、一連の製造工程を未乾燥で進めることが必須とされる。しかしながら、この制約は工程が煩雑になり、コスト高に繋がるため事業化において不利である。一方、キチンの場合は電荷による反発力を利用して市販の乾燥キチンから速やかにナノファイバーを製造可能である。また、この反発力を利用することによって、グラインダーよりも安価で負荷の小さい高速ブレンダーを用いてナノファイバーに解繊することも可能である。<sup>4)</sup>

なお、カニ以外の様々な生物の外皮、例えばブラックタイガー、甘エビ、クルマエビなど一般的に食されるエビの殻からも同様の形状のナノファイバーが単離できることが確かめられている<sup>5)</sup>。また、最近では菌類に分類される多彩なキノコの細胞壁からもキチンナノファイバーが得られることが見出され始めている。

## 3) キチンナノファイバーで補強した透明フレキシブルフィルムの開発

キチンナノファイバーは無数のキチン分子が並列に束になった伸びきり鎖結晶であるため、分子レベルでの構造的な欠陥が少なく、強度、弾性率、熱膨張、耐熱性などに優れている。よって、キチンナノファイバーの形状と優れた物性を効果的に活かすためには、補強用のナノフィラーとしての利用が有効である。そこで、キチンナノファイバーを補強繊維として用いたプラスチックフィルムの開発が進められている。キチンナノファイバー補強プラスチックはシート状に成形したナノファイバーにアクリル系のモノマーを含浸した後、重合し作成される。得られるキチンナノファイバー複合プラスチックフィルムは補強効果によりフレキシブルであり、また、繊維含有率が 50%以上であるにも関わらず非常に透明であった。これはナノファイバーのサイズ効果に他ならない。すなわち、補強繊維のサイズが可視光の波長（おおよそ 400~800 nm）よりも十分に小さいと、繊維とプラスチックの界面において光の散乱が生じ

にくくなる。キチンナノファイバーは繊維径が 10~20 nm であり、可視光の波長よりも十分に小さい。よって、屈折率を厳密に合わせなくても高い透明性を発現することができる。<sup>6)</sup> よって、キチンナノファイバーを透明複合化した場合、様々な屈折率を持つ樹脂を用いても高い透明性を保持することができる(図4)。この透明材料の重要な特徴として熱膨張が挙げられる。キチンナノファイバーは伸びきり鎖結晶の繊維であるため、低熱膨張である。補強用フィラーとして用いることにより、プラスチックに透明性とフレキシビリティを維持したまま低熱膨張性を付与することができる。本実験で使用したアクリル系樹脂の熱膨張率は 100 ppm/K 以上であったが、キチンナノファイバー不織布の熱膨張率はわずか 10 ppm/K 以下であるため、その繊維補強効果により、ナノファイバーが樹脂の熱膨張を抑え込み、十数 ppm/K まで低減させることが可能であった。本知見は汎用的なプラスチックの熱膨張を大幅に抑制することができるため、長年の課題を克服するための大きな足掛かりになると考えている。

#### 4) キチンナノファイバーの生体機能

キチンは生体への親和性が高く生体内で代謝され、創傷治癒、抗炎症作用など多彩な生体機能が報告されている。キチンナノファイバーは粘性の分散液として得られるため、生体への機能性の評価が容易であり、優れた効果が見出されている。例えば、キチンナノファイバーの分散液をヘアレスマウスの皮膚に塗布したところ、わずか 8 時間で上皮の厚みおよび膠原繊維(コラーゲン)の面積率が大幅に増大した。

#### 5) おわりに

近年、キチンはようやくバイオマスとしての重要性が認識される機運が高まっており、地球上で大量に利用可能な最後のバイオマスと言われている。しかしながらその量に見合った有効な利用法は未だ見出されていない。その大きな要因の一つとして、キチンが水に対して不溶であり、加工性に乏しいことが挙げられる。キチンナノファイバーはキチンがナノレベルで均質に分散しており、用途に応じて様々な形状に加工することができる。本成果によりカニやエビが紡ぎ出すキチンナノファイバーをありのままの形で、簡単かつ大量に単離できることになった。これもひとえに生物だからこそ作り得る緻密な造形の賜であろう。キチンナノファイバーは工業的なキチン製造法と大きな違いは無いため、事業化は比較的容易と考える。また、キチンは生体に対する様々な特性が多数報告されている。ナノファイバーの持つ莫大な表面積と優れた物性、分散性はキチンの潜在的な機能を効果的に引き出すことができると考えている。今後、ナノ新素材、繊維、製紙、化成品、医療、医薬、食品など、多方面の分野においてキチンナノファイバーの特徴を活かした有効な用途が続々と見出されると期待している。

#### 参考文献

- 1) S. Ifuku, M. Nogi, K. Abe, M. Yoshioka, M. Morimoto, H. Saiomoto, H. Yano, *Biomacromol.*, 10, 1584 (2009).
- 2) Y. Fan, T. Saito, A. Isogai, *Biomacromol.*, 9, 1919 (2008).
- 3) S. Ifuku, M. Nogi, K. M. Yoshioka, M. Morimoto, H. Yano, H. Saimoto, *Carbohydr. Polym.*, 81, 134 (2010).
- 4) M. I. Shams, S. Ifuku, M. Nogi, T. Oku, H. Yano, *Appl. Phys. A.*, 102, 325 (2011).
- 5) S. Ifuku, M. Nogi, K. Abe, M. Yoshioka, M. Morimoto, H. Saimoto, H. Yano, *Carbohydr. Polym.*, 84, 762 (2011).
- 6) M. Nogi, et al., *Appl. Phys. Lett.*, 87, 243110 (2005).

### (3) バイオマス・物質変換のためのマイクロ波高度利用共同研究

#### 研究代表者：篠原真毅

生存圏研究所では研究所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。その一つが本共同研究である。本共同研究の目的はマイクロ波プロセスを応用した木質バイオマスからのバイオエタノール、バイオケミカル生成の高効率化、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。本フラッグシップ共同研究は、生存圏研究所の特色を生かし、マイクロ波工学と化学研究者、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。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」に採択され、バイオエタノール量産化のための効率・コスト・環境影響の評価等を行い、バイオエタノールの量産に向けて研究を進展させている。また、これまでの研究実績が認められ、平成21年度には「先進素材開発解析システム(Analysis and Development System for Advanced Materials, ADAM)」研究設備が認められた(図1)。マイクロ波アプリケーション、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、質量分析器、有機用/無機用の2種類の電子顕微鏡等で構成された本システムを用いた研究は生存圏研究所のフラグシップ研究としての大きな特色であり、今後の全国共同利用化への展開と共同研究の発展が期待できる。



図1：先進素材開発解析システムの代表的な設備

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に関する調査報告書

研究代表者： 篠原真毅 (生存圏研究所 生存圏電波応用分野)

報告者： 篠原真毅

調査日：平成23年度

(調査結果)

本共同研究の目的はマイクロ波プロセスを応用した木質バイオマスからのバイオエタノール、バイオケミカル生成の高効率化、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。本共同研究は、生存圏研究所の特色を生かし、マイクロ波工学と化学研究者、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。

今年度は

- 1) 2011年1月28日(金) 東京工業大学 大岡山キャンパス  
第4回 日本電磁波エネルギー応用学会研究会・見学会
- 2) 2011年2月22日(火) 富士電波工機株式会社  
マイクロ波加熱装置工場見学・研究打ち合わせ



3) 2011年2月23,24日(水,木)核融合科学研究所

マイクロ波加熱応用に関するフィージビリティ実験および打ち合わせ (出張者: 三谷友彦)

を行った。その結果、1)ではマイクロ波製鉄に関する最新研究現状の知見を得、同時に東工大研究グループとの共同研究提案についても打ち合わせを行うことが出来た。2)では最新マイクロ波加熱装置に関する知見を得ることが出来、本フラグシップ共同研究への研究還元を行うことが出来る見込みである。また3)では核融合研との共同実験によりマイクロ波加熱に関する新発見の萌芽が得られた(特許出願見込みのため未公表)。今後本調査研究で得られた、または推進した協力関係を今後さらに発展させ、フラグシップ共同研究を推進していく予定である。

## 2.6 生存圏科学の新領域開拓研究

古来、生物の生存環境は太陽放射エネルギーを基に、自然界の絶妙なバランスのもとで形成された大気圏によって保護されてきた。しかし、人類の産業活動の増大により、我々が棲息する空間(圏)には大きな変化が生じてきており、ときとして人の健康や安心・安全な生活の維持に悪影響を及ぼしている。例えば、輸送手段の広域・高速化に伴い、ウィルス・菌類が広汎かつ迅速に蔓延している。さらに地球温暖化にともない、これらの地域分布も変化しつつある。一方、居住空間にも多種多様な人工物が組み込まれ、人はその抽出物が混ざった空気を呼吸している。一見透明な大気は、自然界からの太陽放射に加えて、人工的に発射される電磁波で満たされている。さらに、人工的に排出されるガス等により大気質(大気微量成分の組成)が急速に変化している。我々はこれらの状況を鑑み、「生存圏科学の新領域開拓」を目指して、健康で安心・安全な人類の生存環境を構築することを主題にした以下の共同研究を開始した。

1. バイオマス由来の生体防御物質
2. 木質住環境と健康
3. 電磁場の生体影響
4. 大気質と安心・安全

これらの4課題のうち、「バイオマス由来の生体防御物質」については、平成22年度より学内措置経費を利用して、本学ウイルス研究所、秋田県立大学などと竹酢液・木酢液の抗ウイルス活性に関する共同研究を開始した。また、他の3課題についても、特別経費を用いて平成23年度から共同研究を本格実施するが、それに先立ち、平成22年度に「バイオマス由来の生体防御物質」とともに、以下のように調査研究を実施した。

### (1) バイオマス系生理活性有機分子に関する調査研究

研究代表者: 渡辺隆司(生存圏研究所 バイオマス変換分野)

報告者: 西村裕志(生存圏学際萌芽研究センター)

調査日: 平成23年2月15日~3月19日

(調査結果)

本研究課題では、未利用バイオマスにおいて、生理活性物質をはじめとする高機能性有用成分としてのポテンシャルを探ることにより、バイオ燃料やバイオマテリアルのみならず、人々の健康の増進や安全な生活に貢献する新しい生存圏科学の創生を目指している。特に本年度は、木炭、竹炭生産の副産物である木酢液、竹酢液に着目し、この成分分析および抗ウイルス性を中心とした生理活性評価を行っている。本調査では、メルクマニュアル18版(日経BP社)により薬効成分に関する基礎知見を収集するとともに、ウィルス・細菌と感染症がわかる(吉開泰信編、羊土社)、抗ウイルス自然免疫応答(細胞工学、秀潤社)によ

り、ウイルスに関する基礎的な知見を得、植物抽出成分の特性とその利用(谷田貝光克著、八十一出版)、炭・木竹酢液の用語辞典(谷田貝光克著、フラグランスジャーナル社)により木竹酢液、および抽出成分の情報を調査した。その他、化合物分析法、ウイルス対策、既知の生理活性物質に関する情報について専門書籍により調査を実施した。

ウイルスは、核酸(DNA, RNA)と殻(カプシド)からなり、一部のウイルスはエンペロープをもつ。口蹄疫ウイルスの場合、最も小さいピコルナ科ウイルスであり直径 30 nm 程度、エンペロープは持たない。口蹄疫ウイルス(FMDV)には7つの型があるが、昨年来問題になっているのは0型であり、感染力が強く糞に付着したウイルスは夏で4週、冬で9週生存するといわれている。以上の点から、木竹酢液による消毒、予防効果の検証として、マウスを用いた動物試験の際にゲージ内敷物への木竹酢液噴霧による効果の検証が重要であると認識した。

木竹酢液については、原料、製法により含有成分が異なるが、日本炭窯木酢液協会(JEWA)、木竹酢液認証協議会によって品質管理、認証が行われている。国内生産量は木酢液 2323 kL, 竹酢液 357 kL(H21)であり、未利用バイオマスとしてのポテンシャルは高いと思われる。

木竹酢液中の抗ウイルス成分についての知見はほとんどないが、抗ウイルス性の木材抽出物としてシベリアモミ(*Abies sibirica*)由来の polyphenol をエアロゾルにして抗インフルエンザウイルス効果が報告されている。また、木竹酢液中の熱分解生成物であるシリンゴール(2,6-dimethoxy phenol)によるサルモネラ菌への抗菌作用が報告されている。このようにイソプレネン骨格やフェノール骨格をもつ化合物が生理活性候補化合物となる可能性が考えられる。また、木竹酢液中には多種の成分が含まれており、抗菌活性には複数の化合物による相乗効果が確認されている。以上の点から、抗ウイルス活性画分のスクリーニングにおいても、含有成分の分析とともに、複数成分の相乗効果を視野にいれて抗ウイルス活性評価を実施していく必要性が確認できた。

## (2) 木質住環境と安全/健康に関する調査研究

研究代表者：川井秀一（生存圏研究所 循環材料創生分野）

報告者：川井秀一

調査日：平成23年2月15日～3月19日

(調査結果)

生存環境においては工場の排煙や自動車の排気ガスから排出される窒酸化物質や硫黄酸化物質などさまざまな大気汚染物質が存在している。住環境に固有の汚染物質として、ホコリやダニのほか、揮発性有機化合物(Volatile Organic Compounds, VOC)が指摘される場合が多い。とくに後者は近年増加が著しい化学物質過敏症と関係したシックハウス症候群の原因として注目されている。

本研究課題では、各種の文献や書籍、講演会等の報告をもとに、木質居住空間におけるシックハウス症候群に関わる課題、健康住宅に関する調査を実施した。

住宅では床下から防腐防蟻剤、内装/家具下地材に使われるパーティクルボードや合板からホルムアルデヒド、また表面仕上げ塗装剤からトルエンやキシレン、カーペットからは防カビ剤、畳からは防ダニ剤など、さまざまなVOCが室内空気質を劣化させる要因となっている。厚生労働省では、ホルムアルデヒド、アセトアルデヒド、トルエン、キシレン、エチルベンゼンなど主たる13品目について濃度の指針値を定めているほか、TVOCとして総量規制がなされている。

TVOCには針葉樹材中に含まれる抽出成分としてよく知られている $\alpha$ ピネンなどのテルペン類も含まれており、森林浴など人の健康に資すると思われるVOCをも含むので、これらの関係について明快な論理を求

める声も強い。

上述のように伐採された木材が、その材形成の基である樹木と同様に、VOC を放出する反面、二酸化窒素 (NO<sub>2</sub>)、オゾン (O<sub>3</sub>) などの大気汚染物質やホルムアルデヒドなどの室内空気汚染物質を吸着除去し、室内環境の改善に役立つことはあまり知られていない。木造建造物の内部では二酸化窒素、オゾン等が外気よりも70～90%減少し、その現象が1,250年前の東大寺正倉院のヒノキ材校倉やスギ材唐櫃の内部でも観察されている。木造建造物内の環境は、文化財の保存だけではなく、人間の居住空間としても適切と考えられる。

筆者らの研究グループも、スギ材の二酸化窒素、オゾン、ホルムアルデヒドなどの空気質汚染物質の浄化機能について調べた結果、1) スギ心材に大気汚染物質を浄化する能力が高い、2) 木口面において効果大きい、3) 含水率の影響が顕著であることなどを見だし、スギ材の空気質浄化に関する諸条件とこの機能を活かした加工技術や内装建材への適用について検討している。

以上のように、木質居住空間と空気質、さらには人間の健康や安全との関係についてはまだ不明の点が多いが、今後木質科学、大気化学、環境医学・生理学・疫学にまたがる学際分野の発展が健康維持増進する住空間の創出に向けた貢献が期待される。

### (3) 電磁場の生体影響に関する調査研究

研究代表者：篠原真毅 (生存圏研究所 生存圏電波応用分野)

報告者：宮越順二 (生存圏研究所 生存圏電波応用分野)

調査場所・研究者：東北大学大学院医工学研究科・松木英俊教授

調査日：平成23年1月18日～19日

(調査結果)

新領域開拓研究における、本サブプロジェクトの主たる研究テーマは、現在ならびに近い将来に予想される、生活環境における電磁場の生体への影響を探り、評価するものである。すでに我々の生活環境では、医療、通信、送電、運輸などで多種多様な電磁場があふれている。世界保健機関 (WHO) も電磁場の専門プロジェクトを立ち上げ、健康への影響研究を各国に推奨している。

本サブプロジェクトでは、近い将来に実用化が迫っている、無線エネルギー伝送に着目し、その技術応用から発生する電磁場の生体影響を研究・評価することを計画している。

今回は、医工学分野における生体の電磁場応答研究調査として、東北大学大学院医工学研究科・松木英敏教授を訪ねた。この研究グループは、すでにワイヤレス給電技術の開発とその医療や交通への応用をいち早く進めている。非接触エネルギー伝送の利用として、家電ではテレビ、パソコン、デジタルカメラ、携帯電話など、医療では人工心臓、ペースメーカ、除細動器、人工内耳など、交通産業界では電気自動車、電気バス、LRTなどへの電力供給がすでに試験段階に入っている。非接触電力伝送方式としては、遠方でマイクロ波伝送方式、近傍界で電磁誘導方式、磁界共鳴方式などが有望視されている。近傍界の実用化に向けては、伝送距離、伝送電力量、装置重量など、解決しなければならない技術的問題がかなり残されている。さらに、その一方で、無線エネルギー伝送空間でのヒトへの健康影響、安全性については、ほとんど研究されていないのが現状である。法的な電磁場の基準としては、わが国を含めて、国際非電離放射線防護委員会 (ICNIRP) のガイドラインを参考にしている国々が多い。しかしながら、ICNIRPのガイドラインを遵守しつつ、上述のワイヤレス給電技術を実用化するには、現状、きわめて困難なことも事実である。

このような背景から、ワイヤレス給電の技術的改良を行い、実用化が可能な開発を進めることが重要である。さらに、このような技術開発と同時に、無線エネルギー伝送空間でのヒトへの安全性を評価することは不可欠で、ヒトの健康を守ることもきわめて重要な研究である。この研究調査結果として、電磁場の生体影響を主題とした本サブプロジェクトの目標を達成することが、近い将来の無線エネルギー伝送の実用化に向けて大きく貢献するものであることを強く認識した。

#### (4) 大気質と安全・安心に関する調査研究

研究代表者：高橋けんし（生存圏研究所・大気圏環境情報分野）

報告者：高橋けん

調査場所：生存圏研 MU 観測所（滋賀県甲賀市信楽町）

調査日：平成22年10月23日～11月6日および平成23年3月16日～20日

（調査結果）

大気環境中における微量物質（ガス、エアロゾル）の量や組成の時間的・空間的変動は、気候変動に代表される地球システムの環境改変と深く結びついていると考えられている。大気質変動における生物起源物質の役割を明らかにすることは、iLEAPS や IGBP 等の国際的なフレームワークにおける重要な key issue として認識されつつある。本新領域開拓研究では、フィールド観測や室内実験によって、大気圏・森林圏・人間生活圏に跨る微量物質の動態把握を目指している。

我々は、フィールド観測のサイト候補地として MU 観測所を選定し、現地調査と初期観測を実施した。同観測所は周辺の植生のほとんどがアカマツであり、標高は 410m である。植生起源物質の一次放出と、滋賀県や大阪方面から輸送される人為起源物質とが相互作用していると期待される興味深いサイトである。今回の調査の結果、対流圏下層のエアロゾル・雲計測が可能な 3 波長偏光ミュー・ラマンライダー、小型水蒸気ライダーの設置が完了しており、現在、観測を実施していることを確認した。また、上記の調査期間中に集中観測を試験的に実施し、興味深いデータを得ることに成功した。この集中観測期間中には、MU 観測所としては初めて、エアロゾル、オゾン、二酸化硫黄、窒素酸化物( $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$ )の化学成分を連続計測できる機器を持ち込んで同時運用した。地上観測機器は、同観測所の三階スペースに設置した。大気の連続サンプリングを行うために、PFA 樹脂チューブを用いたサンプリングポートを建物屋上に設置した。また、名古屋大学太陽地球環境研究所との協同により、エアロゾル消散係数を地上で連続計測できるレーザーキャピティレーティングダウン分光計測装置を併設し、光学特性に関する詳細なデータを取得した。これらの地上観測データと、ライダーや気象観測のデータとの比較検討を行った。

データ解析は現在も進行中であるが、初期解析結果として、自由対流圏から地上への気塊の流入が数時間程度の時間スケールで起こっている様子をライダーから捉えられたのと同時に、地上のオゾン混合比変動からもトレースすることに成功した。これは、地上で観測される微量物質の動態把握のためには、混合層の動的挙動の理解が不可欠であることを示す直接的事例である。従前より我が国で実施されている大気質の地上モニタリングは、面的な配置こそ幅広く展開されているが、地上付近の鉛直分布とその変化を探る研究は行われていない。本調査により、地上における大気質変動の理解のためには、鉛直・地上同期観測が非常に有用であることが強く示唆された。

#### 2.7 平成 22 年度 オープンセミナー

回	開催月日	演 者	題 目	参加者数
114	6 月	肥塚 崇男 (京大大学生存圏研究所・ ミッション専攻研究員)	植物が香りを作り出す仕組みと生存圏科学への応用	30
115		Md. Mahabubur Rahman (京大大学生存圏研究所・ ミッション専攻研究員)	分子育種による熱帯アカシアの材質改良	15
116	7 月	疋島 充 (京大大学生存圏研究所・ ミッション専攻研究員)	地球放射線帯におけるコーラス放射の生成と粒子ダイナミクスへの寄与	16

117	7月	21日	中谷 誠 (京大生生存圏研究所・ ミッション専攻研究員)	施工性と審美性に優れた木質ラーメン構造の開発	23
118		28日	王 悦 (京大生生存圏研究所・ ミッション専攻研究員)	木材における液体流動の経路を開こう ー壁孔の破壊を中心にー	27
119	9月	8日	三谷 友彦 (京大生生存圏研究所・ 助教)	宇宙太陽発電に関するよくある疑問と回答 ー焼き鳥にさせないためにー	23
120		15日	片平 正人 (京大エネルギー理工学 研究所・教授)	超高感度 NMR によるタンパク質と木質バイオマスの構造生 物学	27
121		22日	山根 悠介 (常葉学園大学教育学部・ 講師)	東南アジア・南アジア域における大気環境診断パラメータデ ータベースの構築	9
122		29日	本田 与一 (京大生生存圏研究所・ 准教授)	白色腐朽菌によるリグニン生分解系の分子メカニズム解明 における新規研究手法の開発	25
123	10月	13日	矢野 浩之 (京大生生存圏研究所・教授)	植物で自動車を創る ー生存圏フラッグシップ共同研究 “バイオナノマテリアル” の紹介ー	38
124		20日	西 憲敬 (京大物理学研究科・助教)	熱帯域上部対流圏循環の構造	18
125		27日	篠原 真毅 (京大生生存圏研究所・ 教授)	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	30
126	11月	17日	荻田 信二郎 (富山県立大学工学部 ・准教授)	植物細胞培養 ーその確立と応用ー	18
127		24日	岸本 久太郎 ( (独) 農業・食品産業技術 総合研究機構・究員)	植物はなぜ青臭い?	14
128	12月	8日	田淵 敦士 (京都府立大学生命環境科学 研究科・講師)	里山保全ツールとしての建築 ー笹葺民家の修理を通じて	20
129	1月	12日	西村 裕志 (京大生生存圏研究所・ ミッション専攻研究員)	木竹酢液の成分分析と生理活性評価 ー抗ウイルス活性を中心としてー	34
130		19日	池田 武文 (京都府立大学生命環境科学 研究科・教授)	樹木の樹勢判定 ー水分整理の視点からー	11
参加者数合計					378

## 2.8 「生存圏ミッションシンポジウム」の開催

(東北地方太平洋沖地震により6月に延期)

### 第175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

6月15日(水) (生存圏研究所 木質ホール3階)

13:00 挨拶 津田敏隆 (京都大学生存圏研究所 所長)

#### 【生存圏研究所ミッション活動紹介】

- 13:10 ミッション1：環境計測・地球再生  
「木材腐朽担子菌のシュウ酸輸送タンパク質」  
服部武文 (京都大学生存圏研究所)
- 13:22 「超高感度レーザー分光法を用いた大気圏―森林圏ガス交換フラックスの  
長期観測」  
高橋けんし (京都大学生存圏研究所)
- 13:34 ミッション2：太陽エネルギー変換・利用  
「直パルス通電加熱による急速熱分解法」  
畑 俊充 (京都大学生存圏研究所)
- 13:46 「シロアリのフンを利用した水素ガスの効率的生産」  
吉村 剛 (京都大学生存圏研究所)
- 13:58 ミッション3：宇宙環境・利用  
「超小型プラズマ波動観測装置」  
小嶋浩嗣 (京都大学生存圏研究所)
- 14:10 「地球内部磁気圏における電磁イオンサイクロトロントリガード放射」  
小路真史 (京都大学生存圏研究所)
- 14:22 ミッション4：循環型資源・材料開発  
「クエン酸を用いた新しい接着技術の開発」  
梅村研二 (京都大学生存圏研究所)
- 14:34 「生活圏を支える木質構造物における生物劣化の評価のための一考察」  
森 拓郎 (京都大学生存圏研究所)

#### 【平成22年度 ミッション専攻研究員 研究紹介】

- 15:00 「植物揮発性化合物を利用した環境変動予測と環境ストレス耐性植物の開発」  
肥塚崇男
- 15:15 「Improvement of Wood Characteristics of Tropical *Acacia* by Molecular  
Breeding」  
Md. Mahabubur Rahman
- 15:30 「磁気圏放射線帯でのトリガード放射生成に関する計算機シミュレーション」  
疋島 充
- 15:45 「壁孔壁充填様式の変動が木材浸透性の改善に与える影響」  
王 悦

16:00 「ラグスクリーボルトの傾斜埋め込み接合法の開発」  
中谷 誠

【生存圏科学の新領域開拓共同研究 紹介】

16:25 「概要紹介」  
渡辺隆司（京都大学生存圏研究所）  
16:30 「木酢液・竹酢液の成分分析と抗ウイルス活性評価」  
西村裕志

【生存圏フラッグシップ共同研究 紹介】

16:45 「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（京都大学生存圏研究所）  
17:00 「バイオナノマテリアル共同研究」  
矢野浩之（京都大学生存圏研究所）  
17:15 「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」  
篠原真毅（京都大学生存圏研究所）

17:50 ポスター発表・交流会（宇治おうばくプラザ2階 ハイブリッドスペース）  
萌芽研究 16件  
ミッション研究 20件  
ミッション専攻研究員 6件

6月16日(木)（生存圏研究所 木質ホール3階）

【開放型研究推進部共同利用専門委員会 活動紹介】

9:30 MU レーダー  
「活動報告」  
山本 衛（京都大学生存圏研究所）  
9:35 「対流圏の3次元超多チャンネルイメージング」  
西村耕司（情報システム研究機構・新領域融合研究センター）  
9:55 先端電波科学計算機実験装置(A-KDK)  
「活動報告」  
大村善治（京都大学生存圏研究所）  
10:00 マイクロ波エネルギー伝送実験装置(METLAB/SPSLAB)  
「活動報告」  
篠原真毅（京都大学生存圏研究所）  
10:05 「排熱機能付アンテナの熱特性評価」  
小澤雄一郎（(株) IHI エアロスペース）  
10:25 赤道大気レーダー(EAR)  
「活動報告」  
橋口浩之（京都大学生存圏研究所）  
10:30 木質材料実験棟  
「活動報告」  
森 拓郎（京都大学生存圏研究所）



- 10:35 「木口挿入型接合具を用いた木材接合法の設計法の検討」  
田中 圭 (大分大学工学部)
- 10:55 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」  
角田邦夫 (京都大学生存圏研究所)
- 11:00 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 (京都大学生存圏研究所)
- 11:05 「組換えダイズによる機能性ペプチド生産技術の開発」  
丸山伸之 (京都大学大学院農学研究科)
- 11:25 生存圏データベース  
「活動報告」  
塩谷雅人 (京都大学生存圏研究所)
- 11:30 「関西・北陸地域における木質文化財の樹種識別調査」  
田鶴寿弥子 (京都大学生存圏研究所)
- 11:50 先進素材開発解析システム  
「活動予定紹介」  
渡辺隆司 (京都大学生存圏研究所)

### 3. 共同研究集会

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

#### 本年度のシンポジウム実施状況

本年度は第149回から第170回、第173回の生存圏シンポジウムを開催（※東日本大震災の影響により4件開催延期、1開催中止）した。23件のうち、生存圏研究所の全国共同利用の展開と研究所ミッションの推進に関連した専門委員会主催のシンポジウムが7件である。残りの16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2件（第152、156回の2件、参加人数208人）を数える。参加人数は1379名であった。

#### 生存圏シンポジウム

回	開催日（開催場所）	シンポジウムタイトル
第149回	平成22年6月16-17日 (京都大学宇治おうばくプラザ/ セミナー室1)	CAWSES-II キックオフシンポジウム
第150回	平成22年5月25日 (生存研/木質ホール)	第1回生存圏フラッグシップシンポジウム 環境を考慮したバイオマス資源の確保戦略
第151回	平成22年6月1日 (生存研/セミナー室 HW525)	DASH/FBAS 全国共同利用成果報告会—第1回—

第152回	平成22年6月10-12日 (インドネシア・ジョグジャカルタ市/ガジャマダ大学)	生存圏科学スクール2010：持続的生存圏の構築に向けて Humanosphere Science School 2010 (HSS2010)： Towards Establishment of Sustainable Humanosphere
第153回	平成22年8月6日 (生存研/木質ホール)	宇宙生存環境学の開拓
第154回	平成22年8月16-17日 (情報・システム研究機構国立極地研究所/2F 大会議室)	メタ情報のデータベースを利用した分野横断型地球科学研究の進展
第155回	平成22年11月17日 (京都大学宇治おうばくプラザ/セミナー室1)	第7回伸木会シンポジウム 木質構造に関する最新研究成果発表・討論会
第156回	平成22年9月2-3日 (京都大学宇治おうばくプラザ/きはだホール、ハイブリッドスペース)	MU レーダー25周年記念国際シンポジウム International Symposium on the 25th Anniversary of the MU Radar
第157回	平成22年9月1-2日 (京都大学宇治おうばくプラザ/きはだホール)	第4回赤道大気レーダーシンポジウム
第158回	平成22年11月19日 (京都大学宇治おうばくプラザ/セミナー室4,5)	視覚と化学物質による植物の相互作用：発信と受容のメカニズム
第159回	平成22年12月11日 (京都大学宇治おうばくプラザ/きはだホール)	第3回生存圏フォーラム総会
第160回	平成22年12月20日 (京都大学宇治おうばくプラザ/セミナー室4,5)	第3回宇宙環境・利用シンポジウム 「太陽活動と地球・惑星大気」
第161回	平成23年2月4日 (京都大学宇治おうばくプラザ/セミナー室4,5)	熱帯大規模人工林における木材劣化生物の多様性評価と持続的管理の提案
第162回	平成23年2月5日 (京都大学宇治おうばくプラザ/きはだホール)	木の文化と科学 X
第163回	平成23年1月20日 (京都大学宇治キャンパス/総合実験棟 CB207)	第7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 -太陽光発電、マイクロ波応用、バイオマス変換のマルチリンクに向けて-
第164回	平成23年2月17日 (京都大学化学研究所/共同研究棟大セミナー室)	リグノセルロース超分子構造をどうやって見るか
第165回	平成23年2月20日 (京都大学防災研究所/大会議室 D1518)	第6回南アジアの自然環境と人間活動に関する研究集会 インド亜大陸北東部、アッサム、メガラヤ、バングラディシユの自然災害と人間活動
第166回	平成23年2月21日 (京都大学宇治キャンパス/共通会議室 CB207)	居住圏劣化生物飼育棟 (DOL)/生活・森林圏シュミ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

第 167 回	平成 23 年 3 月 7 日 (生存研/木質ホール)	第 10 回宇宙太陽発電と無線電力伝送に関する研究会
第 168 回	平成 23 年 3 月 7-8 日 (京都大学宇治おうばくプラザ/ セミナー室 1, 2, ハイブリッドス ペース)	平成 22 年度 RISH 電波科学計算機実験シンポジウム (KDK シンポジウム)
第 169 回	平成 23 年 3 月 9-10 日 (生存研/木質ホール)	SGEPSS 波動分科会 「宇宙プラズマと航空宇宙工学との接 点」
第 170 回	平成 23 年 3 月 10 日 (京都大学宇治おうばくプラザ/ きはだホール)	第 6 回バイオ材料プロジェクト「セルロースナノファイバ ー最前線」
第 173 回	平成 23 年 3 月 23 日 (生存研/木質ホール)	生存圏におけるきのこの多様な働き