

## 生存圏学際萌芽研究センター

### 1. 活動の概要

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

平成25年度は6名のミッション専攻研究員を公募によって採用し、萌芽ミッションの研究推進を図るべく、生存圏科学の新しい領域を切り開く研究に取り組んだ。

また、所内のスタッフだけではカバーできない領域を補うために、平成25年度は理学研究科、工学研究科、農学研究科を含む19部局、計58名に学内研究担当教員を委嘱した。

平成21年度からは、共同利用・共同研究拠点化に向けて、従来ミッション代表者が所内研究者に配分した研究費を、学外研究者を含む公募型研究「生存圏ミッション研究」に変更し、平成25年度は、24件を採択・実施した。また、従来学内に限定した「萌芽ミッションプロジェクト」を学外まで拡大し、40歳以下の若手研究者を対象とする公募プロジェクト「生存圏科学萌芽研究」に改革し、平成25年度は16件を採択・実施した。さらに、平成21年度に生存研に特徴的なプロジェクト型共同研究を支援するため、「生存圏フラッグシップ共同研究」を立ち上げ、公募により3件を採択した。従来、中核研究部を中心とした一部の共同研究プロジェクトは、所内研究費の配分が無いなどの理由により外部から認識されにくい場合があったが、研究所を代表するプロジェクト型共同研究としての地位を賦与することにより、共同研究拠点活動の一環としての可視化を図るものである。現在進めている「生存圏フラッグシップ共同研究」は、以下の3件である。

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

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

また、共同研究集会として生存圏シンポジウムや定例オープンセミナーを開催し、生存圏が包摂する4圏の相互理解と協力を促し、これに基づく生存圏にかかわる学際的な萌芽・融合研究について新たなミッション研究を創生・推進することに努めている。本年度は研究所主導のシンポジウムを3件企画するとともに、生存圏科学研究に関するテーマについて全国の研究者が集中的に討議する生存圏シンポジウムを26件、公募により採択し、参加者の総数は2519名を数えている。

オープンセミナーについては、所員やミッション専攻研究員だけでなく所外の様々な領域の研究者を囲み学生達とも一緒になって自由に意見交換を行い、より広い生存圏科学の展開に向けて相互の理解と研鑽を深めるとともに、新しい研究ミッションの開拓に取り組んだ。

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

## 2. センター構成員

### 運営会議委員

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

### センター会議構成員

- ・ センター長 矢野浩之（兼任）
- ・ 所内教員 （学際萌芽研究分野：篠原真毅・吉村 剛・橋口浩之・畑 俊充・鈴木史朗  
国際共同研究分野：山本 衛、全国共同研究分野：今井友也（いずれも兼任））
- ・ ミッション専攻研究員（鈴木 遥、中宮賢樹、松原恵理、堀川祥生、稲飯洋一、山村正臣）

- ・ 学内研究担当教員 (兼任)
- ・ 学外研究協力者

#### ミッション専攻研究員の公募

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

### 3. ミッション専攻研究員の研究概要

氏名 (共同研究者)、プロジェクト題目、研究内容

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

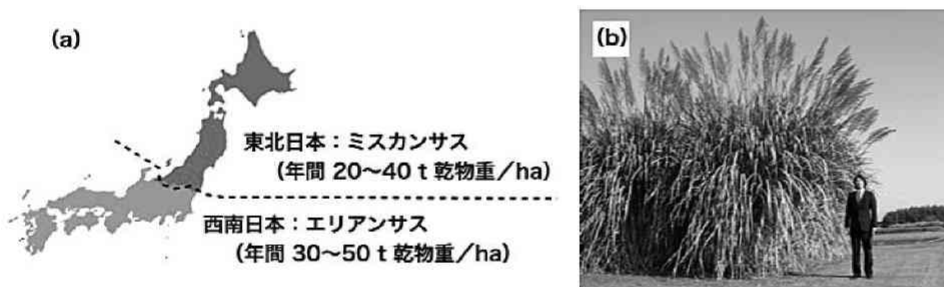


図 1 : 日本で栽培可能な代表的な大型イネ科植物  
 (a) 大型イネ科植物の栽培可能な地域と生産量、(b) エリアンサス (*Erianthus arundinaceus*) の写真

**4. 平成 25 年度 生存圏学際萌芽研究センター学内研究担当教員**

部局名	職名	氏名	研究課題
文学研究科・文学部	准教授	伊勢田 哲治	環境科学における科学知とローカル知の協同
理学研究科・理学部	教授	余田 成男	赤道域大気変動に関する数値実験的研究
	教授	柴田 一成	太陽活動現象
	教授	里村 雄彦	赤道域降水変動に関する観測的及び数値実験的研究
	教授	鍵山 恒臣	火山からの火山ガス放出の遠隔測定の研究
	教授	一本 潔	太陽活動と宇宙天気

理学研究科・理学部	教授	嶺重 慎	宇宙プラズマ現象
	教授	長田 哲也	宇宙空間ダストの赤外線観測
工学研究科・工学部	准教授	須崎 純一	マイクロ波リモートセンシングによる都市域モニタリング
農学研究科・農学部	教授	木村 恒久	セルロースの機能化に関する研究
	教授	阪井 康能	植物由来揮発性化合物を介した生物間相互作用の研究
	教授	谷 誠	森林利用の水資源に及ぼす影響
	教授	高部 圭司	木質バイオマスの基本構造と多面的利用に関する研究
	教授	藤井 義久	木材の生物劣化の非破壊診断技術開発
	教授	本田 与一	バイオマスの循環メカニズムの解明と利用
	教授	高野 俊幸	林産物由来の有用抽出成分の提案に関する研究
	教授	北島 薫	熱帯林動態の機能的形質を利用した解析
	講師	坂本 正弘	タケ資源の有効利用
	助教	小杉 緑子	森林・大気間における熱・水・CO <sub>2</sub> 交換過程
人間・環境学研究科・総合人間学部	教授	内本 喜晴	リチウムイオン二次電池および燃料電池材料の開発
	教授	市岡 孝朗	森林生態系における生物間相互作用に関する研究
エネルギー科学研究科	教授	坂 志朗	ヤシ科植物の総合的エネルギー利用の研究
	教授	佐川 尚	光合成型エネルギー変換
	准教授	河本 晴雄	ヤシ科植物の総合的エネルギー利用の研究
	助教	陳 友晴	鉱山開発による周辺生存圏の変化に関する研究
アジア・アフリカ地域研究研究科	教授	荒木 茂	熱帯強風化土壌における作物栽培の地域間比較
	教授	小杉 泰	イスラーム世界における生存基盤論
	教授	池野 旬	地域経済圏の形成に関する、アジア・アフリカの比較研究
情報学研究科	教授	佐藤 亨	大気レーダーイメージング技術の開発
	教授	守屋 和幸	繁殖雌牛を利用した小規模放牧管理技術
	准教授	小山 里奈	陸上生態系の物質循環における植物の役割の評価
	助教	三田村 啓理	バイオリギングによる水圏生物の生態解明
地球環境学堂	教授	柴田 昌三	竹資源の有効活用の促進
化学研究所	教授	中村 正治	化学資源活用型の有機合成化学の開拓
エネルギー理工学研究所	教授	長崎 百伸	先進核融合エネルギー生成
	教授	片平 正人	NMR 法を用いた木質バイオマスの活用の研究
防災研究所	教授	寶 馨	生存圏諸過程における防災技術政策に関する研究
	教授	千木良 雅弘	地圏・水圏インターフェースでの岩石風化現象の解明
	教授	中北 英一	大気レーダーの水文学への応用に関する研究
	教授	石川 裕彦	境界層レーダーによる境界層観測とその気象防災への応用

防災研究所	教授	釜井 俊孝	都市圏における地盤災害
	准教授	林 泰一	「伝染病に対する気象、気候要素インパクト」「スマトラ アカシア 林上の乱流輸送過程の研究」
	准教授	福岡 浩	森林圏における土砂災害・土砂環境の研究
	助教	王 功輝	森林圏における土砂災害・土砂環境の研究
ウイルス研究所	教授	藤田 尚志	木竹酢液の抗口蹄疫ウイルス活性の研究
東南アジア研究所	教授	松林 公蔵	医学からみた人間の生存圏
	教授	水野 廣祐	東南アジアにおける持続的経済社会とエントロピー
	教授	藤田 幸一	熱帯アジアの水資源利用・管理に関する研究
	教授	河野 泰之	東南アジアの生活・生業空間の動態
	准教授	甲山 治	泥炭湿地における大規模植林が周辺環境に与える影響評価
学術情報メディアセンター	教授	中島 浩	生存圏に関する計算実験への計算機科学的アプローチ
	准教授	岩下 武史	生存圏に関する計算実験への計算機科学的アプローチ
生態学研究センター	准教授	陀安 一郎	集水域の同位体生態学
地域研究統合情報センター	准教授	柳澤 雅之	生態環境資源の地域住民による利用と管理に関する研究
	助教	星川 圭介	人間の自然環境への適応形態と生存基盤の変化に関する研究
フィールド科学教育研究センター	教授	荒井 修亮	バイオロギングによる水圏生物の生態解明
	助教	坂野上 なお	木造住宅生産システムと木質材料の供給に関する研究
アフリカ地域研究資料センター	教授	重田 眞義	アフリカにおける在来有用植物資源の持続的利用

## 5. 平成 25 年度 生存圏科学萌芽研究プロジェクト一覧

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



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

## 生存圏科学萌芽研究 成果の概要

### (1) 木化は樹木を支えるか: 樹木細胞壁モデルの力学特性

#### 1. 研究組織

代表者氏名: 阿部賢太郎 (京都大学・生存圏研究所)

共同研究者: 西村裕志 (京都大学・生存圏研究所)

#### 2. 研究概要

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

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

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

#### 1. 研究組織

代表者氏名: 石倉由紀子 (北海道立総合研究機構森林研究本部林産試験場)

共同研究者: 阿部賢太郎 (京都大学・生存圏研究所)

#### 2. 研究概要

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

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

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

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

#### 1. 研究組織

代表者氏名：伊藤雅之（京都大学・東南アジア研究所）

共同研究者：西村裕志（京都大学・生存圏研究所）、

甲山 治（京都大学・東南アジア研究所）、

Kok-Boon Neoh（京都大学・東南アジア研究所）

#### 2. 研究概要

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

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

#### 1. 研究組織

代表者氏名：伊福伸介（鳥取大学・工学研究科）

共同研究者：阿部賢太郎（京都大学・生存圏研究所）、

矢野浩之（京都大学・生存圏研究所）、

井澤浩則（鳥取大学・工学研究科）

#### 2. 研究概要

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

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

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

### 1. 研究組織

代表者氏名：小川拓水（大阪府立大学・生命環境科学研究科）

共同研究者：梅澤俊明（京都大学・生存圏研究所）、

太田大策（大阪府立大学・生命環境科学研

究科）、岡澤敦司（大阪府立大学・生命環境科学研究科）

### 2. 研究概要

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

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

### 1. 研究組織

代表者氏名：尾崎光紀（金沢大学・理工研究域）

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

### 2. 研究概要

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

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

### 1. 研究組織

代表者氏名：肥塚崇男（京都大学・化学研究所）

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

### 2. 研究概要

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

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

### 1. 研究組織

代表者氏名：齋藤 享（電子航法研究所）

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

### 2. 研究概要

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

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

### 1. 研究組織

代表者氏名：榊原圭太（京都大学・化学研究所）

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

### 2. 研究概要

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

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

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

##### 1. 研究組織

代表者氏名： 鈴木 臣 (名古屋大学・太陽地球環境研究所)

共同研究者： 山本 衛 (京都大学・生存圏研究所)

##### 2. 研究概要

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

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

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

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

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

### 1. 研究組織

代表者氏名：高橋征司 (東北大学・工学研究科)

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

### 2. 研究概要

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

## (12) マイクロバブルを用いた酸化物ナノ粒子の合成

### 1. 研究組織

代表者氏名：徳田陽明 (京都大学・化学研究所)

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

### 2. 研究概要

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

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

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

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

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

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

#### 1. 研究組織

代表者氏名：古本淳一（京都大学・生存圏研究所）

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

#### 2. 研究概要

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

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

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



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

##### 1. 研究組織

代表者氏名：三宅洋平（神戸大学・システム情報学研究科）

共同研究者：大村善治（京都大学・生存圏研究所）、

小路真史（宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所）

##### 2. 研究概要

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

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

##### 1. 研究組織

代表者氏名：柳川綾（京都大学・生存圏研究所）

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

##### 2. 研究概要

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

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

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

### 1. 研究組織

代表者氏名：山本真之（京都大学・生存圏研究所）

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

### 2. 研究概要

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

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

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

6. 平成 25 年度 生存圏ミッション研究プロジェクト一覧

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

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

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

## 生存圏ミッション研究 成果の概要

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

#### 1. 研究組織

代表者氏名：伊藤嘉昭（京都大学・化学研究所）

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

#### 2. 研究概要

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

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

#### 1. 研究組織

代表者氏名：上野 悟（京都大学・理学研究所）

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

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

## 2. 研究概要

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

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

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

### (3) 熱帯バイオマス植物の持続的生産と利用の応用展開

#### 1. 研究組織

代表者氏名：梅澤俊明(京都大学・生存圏研究所)

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

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

#### 2. 研究概要

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

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

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

##### 1. 研究組織

代表者氏名：笠羽康正（東北大学・理学研究科）

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

##### 2. 研究概要

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

#### (5) スギ木ロスリット材の吸放湿機能の向上に関する技術開発

##### 1. 研究組織

代表者氏名：川井秀一（京都大学・総合生存学館）

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



## 2. 研究概要

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

### (6) 木質空間の意匠の質の違いがヒトの心身に与える作用の解明

#### 1. 研究組織

代表者氏名：木村彰孝（長崎大学・教育学部）

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

#### 2. 研究概要

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

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

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

#### 1. 研究組織

代表者氏名：久世宏明（千葉大学・環境リモートセンシング研究センター）

共同研究者：矢吹正教（京都大学・生存圏研究所）、眞子直弘（千葉大学・環境リモートセ

ンシング研究センター)、齊藤隼人(千葉大学・融合科学研究科)

## 2. 研究概要

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

### (8) 小型電磁波センサーノードによるセンサーネットワークの開発

#### 1. 研究組織

代表者氏名：小嶋浩嗣(京都大学・生存圏研究所)

共同研究者：八木谷聡(金沢大学・理工研究域)

#### 2. 研究概要

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

いるロケット実験を用いた宇宙空間実証実験として利用される。

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

### 1. 研究組織

代表者氏名：児玉安正（弘前大学・理工学研究科）

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

### 2. 研究概要

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

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

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

### 1. 研究組織

代表者氏名：小林祥子（立命館アジア太平洋大学・アジア太平洋学部）

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

## 2. 研究概要

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

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

#### 1. 研究組織

代表者氏名：小司禎教（気象研究所気象衛星・観測システム研究部）

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

#### 2. 研究概要

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

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

#### 1. 研究組織

代表者氏名：津田敏隆（京都大学・生存圏研究所）

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

## 2. 研究概要

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

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

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

### (13) 局地循環に伴う小スケール大気乱流の生成機構解明

#### 1. 研究組織

代表者氏名：中城智之 (福井工業大学・電気電子情報工学科)

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

#### 2. 研究概要

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

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

### 1. 研究組織

代表者氏名：二瓶直登（東京大学・農学生命科学研究科）

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

### 2. 研究概要

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

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

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

### 1. 研究組織

代表者氏名：橋口浩之（京都大学・生存圏研究所）

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

## 2. 研究概要

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

### (16) ATTREXと連携した熱帯対流圏界層脱水過程の研究

#### 1. 研究組織

代表者氏名：長谷部文雄（北海道大学・地球環境科学研究院）

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

#### 2. 研究概要

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

の若手研究者育成にも貢献する。

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

## (17) 木質系DLC被膜による低軌道宇宙環境耐性の向上

### 1. 研究組織

代表者氏名：畑俊充（京都大学・生存圏研究所）

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

### 2. 研究概要

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

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

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



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

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

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

### 1. 研究組織

代表者氏名：本間千晶（北海道立総合研究機構林産試験場）

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

### 2. 研究概要

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

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

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

## (19) 海岸林に生育する菌根菌の耐塩性機構の解明

### 1. 研究組織

代表者氏名：松田陽介（三重大学・生物資源学研究科）

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

## 2. 研究概要

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

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

## (20) 生体高分子ナノファイバーの食品機能の解明

### 1. 研究組織

代表者氏名 : 松村康生 (京都大学・農学研究科)

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

### 2. 研究概要

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

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

## (21) 首都圏の雷雨を伴う対流性降水システムに関する統合観測研究

### 1. 研究組織

代表者氏名：松本淳（首都大学東京・都市環境科学研究科）

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

### 2. 研究概要

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

## (22) スペースデブリの観測・除去に関する研究

### 1. 研究組織

代表者氏名：山川宏（京都大学・生存圏研究所）

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

### 2. 研究概要

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

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

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

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

### 1. 研究組織

代表者氏名：吉村剛（京都大学・生存圏研究所）

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

### 2. 研究概要

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

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

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

### 1. 研究組織

代表者氏名：渡辺隆司（京都大学・生存圏研究所）

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

## 2. 研究概要

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

## 7. 生存圏フラッグシップ共同研究

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



### (1) 熱帯産業林の持続的生産利用に関する多角総合的共同研究

#### 1. 研究組織

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

科学院)、エンダン スカラ (インドネシア科学院、京都大学・生存圏研究所)

## 2. 研究概要

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

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

## 3. 研究の背景と目的

### 3.1 背景

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

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

プロジェクトを推進し、それぞれ成果を上げてきた。

### 3.2 目的

本共同研究の目的は、従来生存圏研究所で蓄積してきた熱帯アカシア人工林に関する個別の成果に基づき、関係する研究プロジェクトを合理的連携の下で総合的に発展させ、以て熱帯バイオマス資源の持続的生産利用基盤を確立することである。

## 4. 研究の結果および考察

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

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

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

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

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

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

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

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

## 5. 今後の展開

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

## 6. 引用文献

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

## 7. 付記

本研究に関し、以下の学会発表等を行った。



Md. M. Rahman, S. Suzuki, T. Hattori, M. Mii, T. Umezawa, Regeneration and *Agrobacterium tumefaciens* mediated Genetic Transformation of *Acacia crassicarpa* A.

Cunn. Ex Benth. 第31回日本植物細胞分子生物学会大会、北大、札幌、Sep10-12 (2013)

梅澤俊明、植物バイオマスの高度利用に向けたリグニン代謝工学の展望、第28回植物バイテクシンポジウム、京都（京都府立大学）、Jul18 (2013)

安井あゆみ、山村正臣、鈴木史朗、梅澤俊明、イネ科植物細胞壁成分フェルラ酸二量体の測定のための基盤構築、第64回日本木材学会大会、愛媛大、松山、Mar13-15 (2014)

Md. M. Rahman, S. Suzuki, T. Hattori, M. Mii, T. Umezawa, *Agrobacterium tumefaciens*-mediated genetic transformation of *Acacia crassicarpa*, *Acacia* 2014

"Sustaining the Future of *Acacia* Plantation Forestry", Hue, Vietnam, Mar18-21 (2014)

## (2) バイオマス・物質変換のためのマイクロ波高度利用共同研究

### 1. 研究組織

代表者氏名：篠原真毅（京都大学・生存圏研究所）

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

### 2. 研究概要

本フラッグシップ共同研究の目的はマイクロ波プロセスを応用した木質バイオマスからのバイオエタノール、バイオケミカル生成の高効率化、及び無機系の材料創生のマイクロ波プロセスの開発である。生存圏研究所の特色を生かし、マイクロ波工学と化学研究者、及び物質構造解析の研究者が参加することにより、マイクロ波プロセッシング科学の発展と応用技術開発を目指す。平成 21 年度導入された「先進素材開発解析システム (Analysis and Development System for Advanced Materials, ADAM)」は、マイクロ波を用いたバイオマス・物質変換に携わる新進気鋭の研究者達のプラットフォームとして、マテリアルサイエンス、化学材料分野のマイクロ波高度利用分野において様々な研究成果をあげている。

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

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

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

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

今後もJEMEAとの連携を深め、フラグシップ共同研究を加速していく。

### 3. 研究の成果

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



写真1：現地に設置されたマイクロ波処理炉



写真2：主要実験メンバー

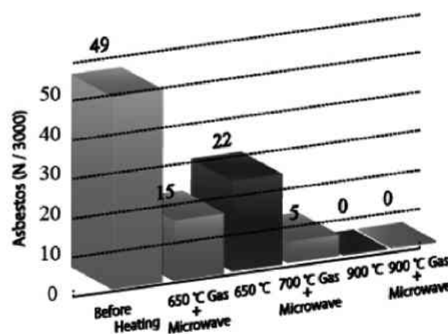
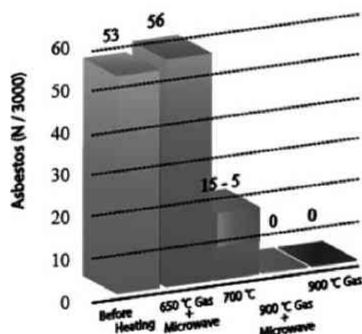
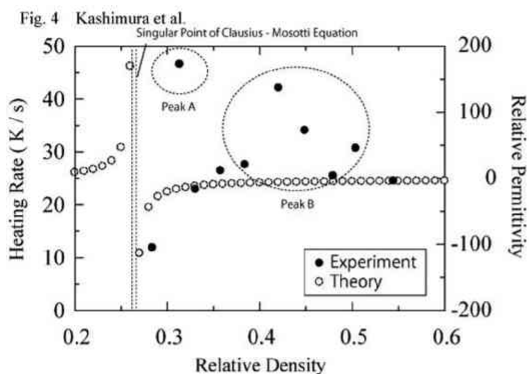


写真3(a)：マイクロ波処理前の瓦礫のアスベスト繊維数(40 kg/hour) (b) マイクロ波処理前の瓦礫のアスベスト繊維数(80 kg/hour)

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

クロ波の金属焼結への工学応用が開拓できる。また、熱暴走を安定状態理論により予測することを目的とし、「準安定の概念」による熱暴走制御理論を提案した(写真4(b))。これはマイクロ波によるセラミクスプロセス制御への応用が期待できる技術的な仕事となる。

Kashimura *et al.*: JAP, 113, 1 (2013) 024902



Kashimura *et al.*: CEP, 76 (2014) 1-5

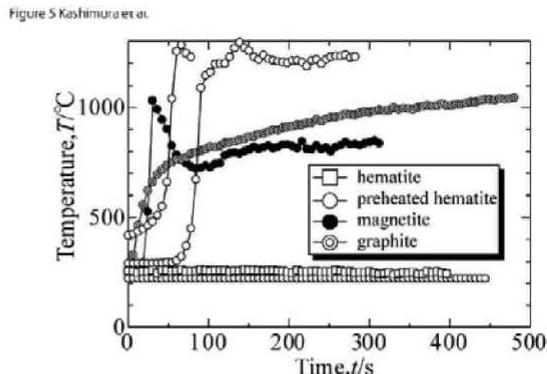


写真4: マイクロ波による多体金属粒子(a)及びセラミクスにおけるサーマルランナウェイ(b)の加熱制御理論。化学反応を制御するためには、その温度場の理解は必須となるため、これらの理論拡張はマイクロ波加熱プロセスが期待できる。

### (3) バイオナノマテリアル共同研究

#### 1. 研究組織

代表者氏名: 矢野浩之 (京都大学・生存圏研究所)

共同研究者: 中坪文明 (京都大学・生存圏研究所)、阿部賢太郎 (京都大学・生存圏研究所)、伊福伸介 (鳥取大学・工学研究科)、能木雅也 (大阪大学・産業科学研究所)、アントニオ・ノリオ・ナガイト (徳島大学・大学院)  
(他20名)

#### 2. 研究概要

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1/50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(図1)。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

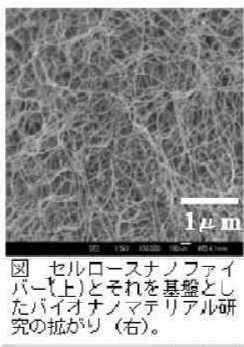


図1 セルロースナノファイバー(上)とそれを基盤としたバイオナノマテリアル研究の拡がり(右)。



扱いの難しさなどから、これまで工業的利用はほとんどなされてこなかった。しかし、近年、新規のグリーン・高機能ナノ材料として、世界中で、急速に研究が活発化している。このような背景のもと、本フラッグシップ共同研究は、生存研が有するセルロースナノファイバー材料やキチンナノファイバー材料といったバイオナノマテリアルに関する10年近い共同研究実績を基に、生存研にバイオナノ材料において世界をリードする共同研究拠点を構築することを目的として行っている。本共同研究の特色は“異分野連携”、“垂直連携”といった“連携”である。生存圏科学の拡がりを活用して、生物資源材料を扱う研究者・機関、そのナノエレメントの化学変性や再構築を行う研究者・機関、さらには材料を部材化し自動車や電子機器への応用に取り組む研究者・機関、といったこれまでつながりの薄かった分野の研究者・機関が垂直連携して、先進的生物材料の開発に取り組んでいる。

### 3. 研究の成果

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

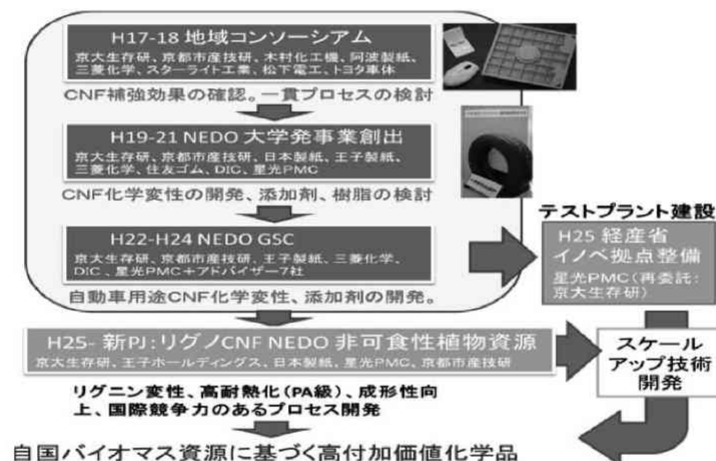


図2: 生存圏研究所における構造用セルロースナノファイバー研究プロジェクトの変遷

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

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

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

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

### 3.2 NEDO大学発事業創出実用化研究：平成19-21年度

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

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

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

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

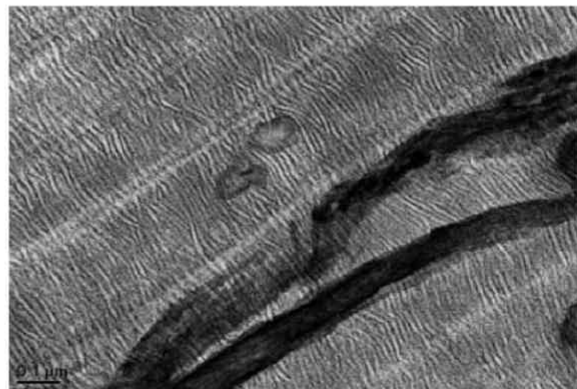


図3：セルロースナノファイバー表面およびポリエチレン伸びきり鎖結晶からのポリエチレン結晶の成長

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

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

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

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

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

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

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

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

## 8. 平成 25 年度 オープンセミナー

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



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

## 9. 「生存圏ミッションシンポジウム」の開催

### 第248回 生存圏シンポジウム 生存圏ミッションシンポジウム

#### プログラム

平成26年3月10日(月)

(京都大学宇治キャンパス総合研究実験棟4階 遠隔会議室 HW401)

(ポスター発表会場：京都大学生存圏研究所 木質ホール3階)

10時00分 挨拶 津田敏隆(京都大学・生存圏研究所 所長)

#### 【生存圏学際萌芽研究センター ミッション専攻研究員 成果報告】

10時10分 「大気微量成分観測に基づく対流圏成層圏大気輸送過程の評価」

稲飯洋一(生存圏研究所・研究員)

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

堀川祥生(生存圏研究所・研究員)

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

山村正臣(生存圏研究所・研究員)

11時10分 「木材の抽出成分による健康影響に関する評価研究」

松原恵理 ((独)森林総合研究所・研究員)

【開放型研究推進部共同利用専門委員会 活動報告】

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

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

**【生存圏フラッグシップ共同研究 成果報告】**

- 16時00分 「バイオマス・物質変換のためのマイクロ波高度利用共同研究」  
樫村京一郎 (生存圏研究所・特任助教)
- 16時15分 「熱帯産業林の持続的生産利用に関する多角総合的共同研究」  
梅澤俊明 (生存圏研究所・教授)
- 16時30分 「バイオナノマテリアル共同研究」  
矢野浩之 (生存圏研究所・教授)
- 17時15分 ポスター発表 (場所: 京大生存圏研究所 木質ホール3階)  
生存圏科学萌芽研究 16件  
生存圏ミッション研究 24件  
ミッション専攻研究員 5件

平成26年3月11日(火)

**【生存圏研究所 研究ミッション活動紹介】**

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

(代表) 篠原真毅 (生存圏研究所・教授)

11時10分 ミッション3：宇宙環境・利用

(代表) 山川 宏 (生存圏研究所・教授)

11時30分 ミッション4：循環型資源・材料開発

(代表) 矢野浩之 (生存圏研究所・教授)

## 10. 共同研究集会

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

### 本年度のシンポジウム実施状況

本年度は第229回から第257回の生存圏シンポジウムを開催した。29件のうち、生存圏研究所の全国共同利用の展開と研究所ミッションの推進に関連した専門委員会主催のシンポジウムが8件である。残りの21件は生存圏科学研究の関連分野における萌芽的研究に関するテーマや生存圏プロジェクトに関連の深いテーマについて全国の研究者が集中的に討議する「公募型シンポジウム」である。また、国際会議も7件（第231、234、236、237、239、243、256回の7件、参加人数824人）を数える。参加人数は2519名であった。

### 生存圏シンポジウム

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

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

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