

# 生存圈研究



No. 8

2012年



京都大学 生存圈研究所



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

本第8号は、平成23年度の成果を基に発行します。引き続き、平成24年度の成果に基づく第9号を発行予定です。

#### 編集委員

梅村 研二	西村 裕志	阿部賢太郎
上地 恭子	上田 義勝	梅澤 俊明
海老原祐輔	大村 善治	岸本 芳昌
鈴木 史朗	反町 始	田鶴寿弥子
古本 淳一	森 拓郎	柳川 綾
矢吹 正教	山本 衛	渡邊 崇人

## 目次

### 総説

電磁波と健康.....	1
	宮越 順二
福島県における農業可能用地の土壌汚染調査とその対策について.....	11
	上田 義勝
樹木の形態形成.....	19
	馬場 啓一
再生可能バイオマス資源の生産と利用.....	25
	梅澤 俊明

### 資料

電波のラット神経細胞成長への影響.....	33
	成田 英二郎, 西垣 裕美, 三谷友彦, 篠原 直毅 鈴木敬久, 多氣昌生, 宮越 順二
人間生活圏を取り巻く大気の微量物質の動態把握.....	39
	高橋 けんし, 矢吹 正教, 中山 智喜, 青木 一真, 林 泰一, 津田 敏隆
木竹酢液のウイルス不活化物質の探索.....	49
	山元 誠司, 丸本 真輔, 西村 裕志, 尾野本 浩司 谷田貝 光克, 矢崎 一史, 藤田 尚志, 渡辺 隆司
スギ材の空気浄化機能の解明と木質住環境のヒトへの視覚・生理・心理効果.....	55
	川井 秀一, 宮越 順二, 仲村 匡司, 東 賢一, 萬羽 郁子, 木村 彰孝, 中川 美幸 辻野 喜夫, 上堀 美知子, 大山 正幸, 三宅 英隆, 藤田 佐枝子, 中山 雅文
SPring-8による木質文化財調査.....	69
	田鶴(水野)寿弥子, 杉山 淳司

共同利用	
MUレーダー全国国際共同利用 .....	73
電波科学計算機実験装置 (KDK) 全国共同利用 .....	79
<b>METLAB</b> 全国国際共同利用 .....	83
赤道大気レーダー全国国際共同利用 .....	97
木質材料実験棟全国国際共同利用 .....	105
居住圏劣化生物飼育棟/生活・森林圏シミュレーションフィールド	
全国国際共同利用 .....	111
持続可能生存圏開拓診断(DASH)/森林バイオマス評価分析システム(FBAS)	
全国国際共同利用 .....	115
先進素材開発解析システム全国国際共同利用 .....	123
生存圏データベース全国国際共同利用 .....	127
生存圏学際萌芽研究センター .....	131
生存圏科学の新領域開拓 .....	177
研究業績 .....	179

# 電磁波と健康\*

宮越 順二\*\*

## 1. はじめに

現代社会は、目には見えないが生活環境に電磁場があふれている。高圧送電線、家庭内の電化製品、医療現場、それに携帯電話やその基地局などである。未来社会における人が生活する上で、定常磁場、低周波から高周波に至る多種多様な電磁環境は、ますます増加の一途をたどることが予想される。放射線と同様に、電磁場環境は目に見えないこともあり、このような背景から、電磁場の健康への影響について不安を抱いている人が多いのも事実である。ここでは、国内外における電磁場の生体影響研究の現状ならびに世界保健機関(WHO)をはじめとした国際機関の健康への評価を紹介する。電磁場影響を科学的に正しく理解することに主眼をおくが、まだまだ未解明な部分も多く残されている。放射線影響の研究の歴史は長い。しかしながら、低線量の影響評価は未だ結論が出ていないのも事実である。一方、電磁場と健康については、本格的な生体影響研究の歴史は浅く、本稿が、日々の生活の中で、環境因子としての電磁場をどのように考えるか、その一助になれば幸いである。図1は周波数別にみた生活環境における電磁場発生源の例を示す。電磁場の生体影響に関する詳細はほかの文献を参照されたい。<sup>1), 2)</sup>

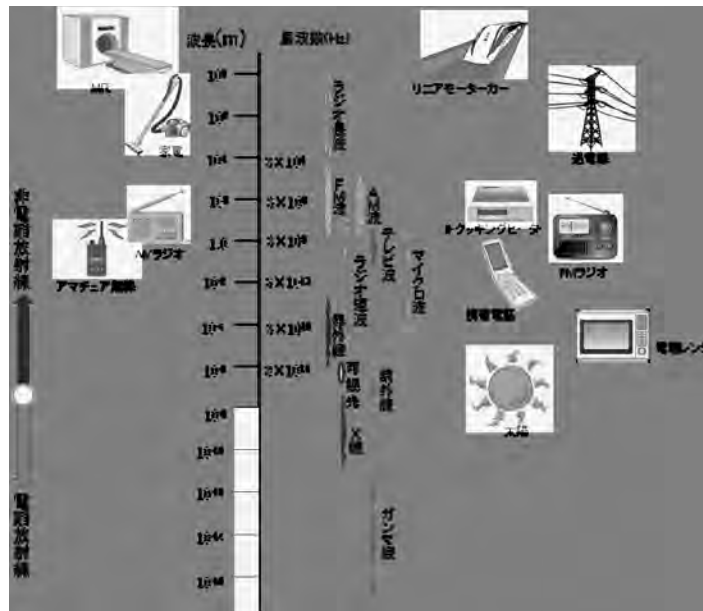


図1：生活環境における周波数別電磁波発生源の例

\*2012年6月13日作成 本稿は第8回生存圏研究所公開講演会(2011年10月23日開催)講演要旨に加筆・修正を行ったものである。

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

## 2. 電磁波問題の背景

1990年代に入って以来、電磁場（電磁界、電磁波とも称されるが、ここでは定常電磁場や低周波電磁場、高周波電波と記述する）曝露の健康への影響について、国際的に活発な議論が行われてきている。我々の生活環境には、家電製品の発生する電磁場をはじめとして、医療現場におけるMRI診断（核磁気共鳴）や電磁場加温治療、また、変電所や送配電線下の交流電磁場、誘導加熱調理器、携帯電話やその基地局からの高周波電波、さらに近未来に実用化が予想される無線送電によるエネルギー伝送など、地球上の自然界に存在する以上の電磁場に曝される機会が増している。その中でも我々が現在から将来にかけて生活環境の中で曝される可能性が高いのは、医療の診断におけるMRIの強定常磁場や商用周波数領域における極低周波（ELF）電磁場、そして最近の普及ぶりが目覚ましい携帯電話を代表とした高周波領域の電波やIH（誘導加熱）クッキングヒーターからの中間周波数帯電磁場である。ここでは、生体影響研究がWHOを主体として国際的にもほぼまとめられた低周波電磁場ならびに研究が現在進行中ではあるが高周波電波について紹介する。

歴史的には、1979年に米国の疫学者が、高圧送電線の近くに住む子供の白血病発生率が高いことを発表したことが始まりである<sup>3)</sup>。その後、1990年代に入り、送電線からの極低周波電磁場についての疫学研究に加えて、動物や細胞を用いた生物学的研究が活発に行われてきた。これまで、米国やヨーロッパを中心とした疫学調査により、生活環境において $0.4\mu\text{T}$ （マイクロテスラ）を超える極低周波電磁場は、発がん影響として、特に小児白血病が約2倍に増加すると報告されている<sup>4)</sup>。ただ、この結論は、疫学研究における他の要因の関与を全て除外したものでないことを申し添える。その一方、これらの疫学研究結果から、成人や小児の他のがんについては、影響なしと報告されている。極低周波電磁場の細胞や動物レベルの生物学的研究結果では、生活環境レベルでは影響がなく、この数万倍（磁束密度で数ミリテスラ）を超えると影響が出始めるとされている。多くの電磁場生体影響研究に用いられている磁束密度は、居住環境における影響を主眼にしているため、その曝露レベルは非常に低いものである。そのため、細胞や動物に対する顕著な影響が認められないのは当然かも知れない。このことは、よく知られている電離放射線ですえ、その低線量放射線については、不明な点も多く、現在でも国際的に議論されていることによく似た傾向である。

電磁場生命科学は、その主たる目標の一つとしては、科学的に信頼のおける研究成果から、電磁場の生体影響を正当に評価することにある。その一方、環境レベルをはるかに超えた磁束密度での生体、細胞や高分子重合体などの電磁場応答研究の成果も本分野の将来への発展につながる重要なものである。これらの成果は、電磁場の線量-効果関係（現在のところ、ELFの場合、線量を磁束密度、誘導電流や曝露時間の因子として考えられている）に基づいたしきい値の推定を可能とするばかりでなく、生命科学そのものに研究の道具として電磁場を利用すること、さらに応用面として、生命科学的に明らかな電磁場の効果を工学・農学分野や医療・健康面において積極的に活用していることとする研究も進められている。

### 3. 電磁場影響の評価研究まとめ

#### 3.1 疫学研究

表1に、細胞レベル、動物レベルからヒト個体を対象として、これまで研究が行われてきている電磁場生体影響の主な評価指標をまとめた。疫学研究は、細胞や動物実験に比べて、ヒトのデータという意味で一般社会に対する結果の影響力は大きいものがある。しかしながら、その反面、我々人間はいろんな環境で生活しており、研究の主題となる因子について純粋に調査することは不可能であり、結果を左右しかねない集団の選別方法や他の影響因子（選択バイアスや交絡因子という）が統計的評価を狂わす可能性は排除できない。前述したように、極低周波電磁場の発がん影響を初めて指摘したのは、1979年の疫学研究報告である。その後、国際的な議論が高まる中、1990年代には、欧米で数多くの極低周波電磁場に関する疫学研究が実施された<sup>5),6)</sup>。2000年に入って、我が国でも国立環境研究所のとりまとめで、この分野の疫学研究が初めて行われた<sup>7)</sup>。

表1：電磁場生体影響の主な評価指標

研究分類	対象	研究内容
細胞実験研究	細胞	細胞増殖、DNA合成、染色体異常、姉妹染色分体異常、小核形成、DNA鎖切断、遺伝子発現、シグナル伝達、イオンチャンネル、突然変異、トランスフォーメーション、細胞分化誘導、細胞周期、アポトーシス、免疫応答など
動物実験研究	実験動物 (ラット、マウスなど)	発がん(リンパ腫、白血病、脳腫瘍、皮膚がん、乳腺腫瘍、肝臓がんなど)、生殖や発育(着床率、胎仔体重、奇形発生など)、行動異常、メラトニンを主とした神経内分泌、免疫機能、血液脳関門(BBB)など
疫学研究	ヒト	発がんやがん死亡(脳腫瘍、小児および成人白血病、乳がん、メラノーマ、リンパ腫など)、生殖能力、自然流産、アルツハイマー症など
人体影響	ヒト	心理的・生理的影響(疲労、頭痛、不安感、睡眠不足、脳波、心電図、記憶力など)、メラトニンを主とした神経内分泌、免疫機能など

図2は、極低周波電磁場（正確にはELF磁場）と小児白血病の発生について、主な9つの疫学研究をまとめたものに我が国の疫学研究結果を加えたものである。9カ国のプール分析結果は、 $0.4\mu\text{T}$ 未満（ほぼ99.2%の家庭が対象となる）の生活環境に住んでいる子供の極低周波磁場曝露と白血病発生リスクとの間には関連性がなく、「影響なし」と考えられる。しかしながら、居住環境の低周波磁場レベルが $0.4\mu\text{T}$ 以上の場合（約0.8%の子供が対象となる）、白血病の相対リスクがほぼ2倍に増加し、これら疫学研究のプール分析の結果では、統計的な有意性があることを示している。我が国での疫学研究結果もほぼ同じような傾向を示している。なお、小児の他のがんや成人のがんに関する疫学研究結果からは、低周波電磁場の「影響はない（関連性が認められない）」と考えられている。疫学研究での低周波磁場による小児白血病増加という結果について、これまでのところその生物学的な作用機構は明らかではなく、また、前述した、疫学研究結果の精度を下げる選択バイアス

や交絡因子の可能性も完全には否定できないと考えられている。

昨年、極低周波磁場曝露と小児白血病発生リスクに関して、新たなプール分析の研究報告がなされた<sup>8)</sup>。このプール分析は、電磁場環境測定の正確度を重視した7つのグループの疫学研究を対象としている。また、前述した我が国の疫学研究結果も含まれている。結論としては、前述した9カ国のプール分析結果と大きな差はなく、後述する世界保健機関(WHO)の発がん評価や環境保健クライテリアでまとめられた評価を変更するものではないと述べられている。

一方、携帯電話を対象とした高周波電波に関する疫学研究も国際的に活発に行われている。

WHOの下部組織、国際がん研究機関(IARC)がとりまとめる形で、日本、イギリス、スウェーデン

など13ヶ国(ただし米国は不参加)が参加して「The INTERPHONE Study」として行われた。疾患対象として、聴神経腫瘍ならびに脳腫瘍が選ばれ、症例-対照研究(case-control study)で実施された。これらの一部の研究はIARCでまとめられる前に、個別に発表され、「影響あり」とする報告では、例えば、10年以内の携帯電話使用では影響は認められないが、10年以上の長期使用で、わずかにリスクの増加が認められている<sup>9)、10)</sup>。IARCでは参加国全ての研究をとりまとめ、本国際共同研究の最終結論の概要を昨年(2010年)5月にプレスリリースの形で発表した<sup>11)</sup>。結果をまとめると、

- 1) 定常的携帯電話の使用者の神経膠腫と髄膜腫でオッズ比(OR)がやや低下した。これには、参加者のバイアスか、研究方法の限界が影響している可能性を示唆している。
- 2) 10年以上長期使用者についての、ORの上昇は観察されていない。
- 3) 1640時間以上の累積長時間通話者で、神経膠腫のORが1.40(95%信頼区間:1.03~1.89)、髄膜腫のORが1.15(95%信頼区間:0.81~1.62)であった。

結論として「10年以上の長期使用者に対する携帯電話使用による脳腫瘍(神経膠腫と髄膜腫)の上昇はないと考えられる。観察されたORの低下や、累積長時間通話者のORの上昇、その他、携帯使用側頭葉での神経膠腫の上昇など、因果関係の正確な解釈は難しい。」と述べている。

その他、多くの疫学研究で、発がん増加を示す証拠は見つかっていない。しかし、スウェーデンでの疫学プール分析に見られるように、2000時間を超える通話者は、神経膠腫が3倍になるという報告<sup>12)</sup>、我が国の疫学研究で、1日20分以上の通話を超える場合に、聴神経腫瘍の増加を示唆する報告<sup>13)</sup>がある。なお、職業的なマイクロ波ばく露と脳腫瘍、白血病、リンパ腫、などのがん、ラジオやテレビの電波塔、基地局などからの送信電波と発がん性については、明確な証拠は見つかっていない。子供の携帯電話使用と発がんに関する疫学研究は、Cefalo(デンマーク等3カ国が参加)

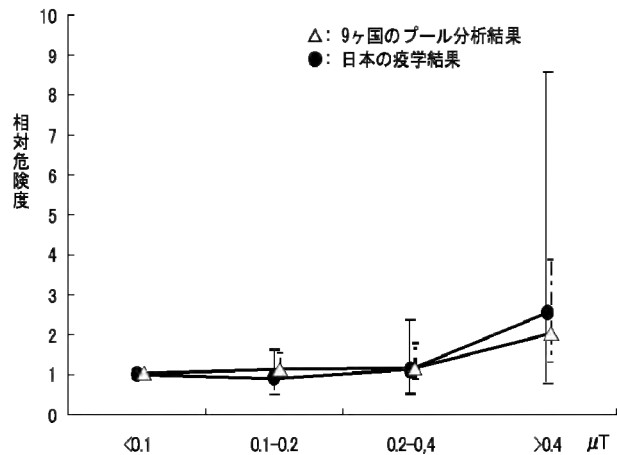


図2: 9カ国の小児白血病の症例対照研究プール分析と我が国の結果



と MobiKids(日本を含む 15 か国が参加)の 2 つのプロジェクトが行われており、Cefalo のプロジェクトは研究が終了し<sup>14)</sup>、MobiKids 研究は、現在進行中である<sup>15)</sup>。

### 3.2 動物実験

極低周波の電磁場生体影響評価として、マウスやラットを用いた動物実験での検証が 1990 年代を中心として、数多く進められてきた。多くの動物実験研究では、そのほとんどが発がんへの影響を検討するものであったが、その他、生殖に関するもの(胎仔の発育や催奇形性について)、神経系に関するもの(行動や感覚機能について)や免疫機能に関するものも行われてきた。もし、極低周波電磁場曝露が発がん過程に影響を及ぼしているとするれば、正常な細胞をがん化細胞へと変化させるのか(イニシエーション)、または、イニシエーションを受けた細胞が極低周波電磁場曝露により更に悪性腫瘍形成を促進させるのか(プロモーション)、大きな議論であった。検討された極低周波電磁場の磁束密度は数  $\mu\text{T}$  から 1mT まで幅広く行われ、結果として、ごく一部の研究において、極低周波電磁場曝露により白血病や乳腺腫瘍の増加を認める報告があったが、ほとんどの研究では、発がん影響はないという陰性結果であった<sup>16)</sup>。発がん以外の研究(生殖、行動、免疫など)に関する結果も同様で、ほとんどの報告がいわゆる「影響なし」であった。従って、これまで行われてきた動物実験からの検証において、明確な極低周波電磁場の影響は見られておらず、「影響あり」とする十分な証拠はない。

高周波については、1997 年にトランスジェニックマウスを用いて、電波の曝露により白血病が増加するという報告があり<sup>17)</sup>、2000 年代に入り高周波電波の発がんへの影響評価も活発に行われている。欧米や我が国を中心として動物実験研究が推進されてきている。これまでの研究報告からは、そのほとんどの結果は、動物の発がんをはじめ、体重や寿命に関して電波の影響を認めていない<sup>18)</sup>。ただ、複合的発がん研究(化学物質とマイクロ波)では、発がんの増加が複数報告されている<sup>19), 20)</sup>。

### 3.3 細胞実験

特に、細胞(分子・遺伝子レベルを含む)を対象とした電磁場影響研究は、世界各国で活発に行われてきている。数多くの論文発表があり、ここでは紙面の関係上、詳細は関連資料を参照されたい<sup>1), 2)</sup>。研究の多くは発がんとの関連性から、細胞の遺伝毒性(DNA 損傷、染色体異常、突然変異など)や機能的変化としての遺伝子発現(がん遺伝子、熱ショックタンパクを主体としたストレスタンパクなど)に対する電磁場の影響検証が行われている。生活環境レベル(おおむね 1 マイクロテスラ以下)の低周波電磁場については、初期の研究で陽性と報告された研究結果も、その後の研究で再現性に乏しく、「影響なし」または検出ができないほど極めて小さいものと考えられている。

携帯電話や基地局から発生する高周波電波についても、2000 年以降、EU、米国、日本、韓国などで多くの研究が実施されてきた。これまでの研究成果から、細胞の遺伝毒性については、電波による熱効果のないレベルでは、多くの報告は高周波の影響に否定的である。一方、細胞の代謝機

能による産物の一つとして熱ショックタンパクに注目した研究が行われている。電波による非熱的な作用としてある種の熱ショックタンパク（たとえば HSP-27）産生が増加するという報告がある。このことは携帯電話や基地局からの電波の生体影響を肯定的に捉える研究結果として、再現実験が行われている。この結果は、多くの研究室で確認されたものでなく、また、否定的な報告もあり、現時点では、科学的に明確な結論は出されていない。

#### 4. 国際がん研究機関（IARC）と世界保健機関（WHO）の評価と動向

電磁波と健康の議論が高まる中、WHO は、1996 年に国際電磁界プロジェクト（International EMF Project）を立ち上げた。以来、本プロジェクトへの参加国が増え、60 カ国に達している。すでに、極低周波電磁波（ELF）については、発がん性評価を IARC で 2001 年に、発がん以外の健康影響評価も含めたタスク会議を 2006 年に WHO で開催した。それぞれの刊行物として、モノグラフ 80 巻号<sup>16)</sup>ならびに環境保健クライテリア<sup>21)</sup>がある。マイクロ波については、今年 5 月 24-31 日に、IARC で発がん性評価会議が開催された。図 3 はその会議の開催された IARC と参加者の記念写真である。



図 3：IARC 本部の写真(左)とワーキンググループの記念写真

筆者は評価委員として参加したので、公表可能な範囲で概要を紹介する。最初に特記すべきことは、IARC の発がん性評価は、発がんの定性的性質を評価するものであって、定量化するものではない。この点をよく理解しないと、一般の人たちに誤解を与えかねない報道になることがたびたびある。評価会議に参加した 15 カ国 30 名のワーキンググループメンバーの結論は以下のとおりである。

- 1) 疫学研究の評価：これまでの研究結果を総合すると、上述した一部の“陽性結果”を判断材料の基礎として、ワーキンググループは、「限定的証拠(Limited evidence in humans)」と評価した。
- 2) 実験動物研究の評価：これまでの研究結果を総合すると、陰性の結果が多いものの、上述した一部の複合的発がん研究の“陽性結果”は発がんの証拠として認められ、ワーキンググループ

は、「限定的証拠(Limited evidence in experimental animals)」と評価した。

- 3) 細胞研究の評価：一部の論文で“陽性”を示す結果があるものの、ワーキンググループの総合的判断として、「発がんメカニズムについては、弱い証拠 (Weak mechanistic evidence) 」として評価した。
- 4) 総合評価：ヒトの疫学研究および実験動物の発がん研究について、それぞれ「限定的証拠」と評価した。細胞研究などの「メカニズムとしての弱い証拠」も含めて、ワーキンググループのマイクロ波発がん性総合評価は、「グループ 2B(Possibly carcinogenic to humans) (発がん性があるかもしれない) 」と決定した。

表 2 は IARC によるこれまでの発がん性分類例を示す。今回のマイクロ波に関する「2B」の評価は、あくまで、携帯電話からの電磁波と脳腫瘍との関係を「限定的な証拠」として認めたものである。この結果は速報として、その概要が報告されている<sup>18)</sup>。詳細は、モノグラフ 102 巻として、2013 年に出版予定である。また、WHO は IARC のマイクロ波発がん性評価を受けて、発がん以外の健康影響を含めた総合評価、環境保健クライテリア (Environmental Health Criteria) 作成作業を 2013 年の秋以降に予定している。

表 2：IARC による発がん性分類の例

発がん性の分類及び分類基準	既存分類結果 [942 例]
グループ 1：発がん性がある (Carcinogenic to humans)	アスベスト、カドミウムおよびカドミウム化合物、ホルムアルデヒド、γ線照射、X線照射、太陽光ばく露、アルコール飲料、コーンタール、受動的喫煙環境、タバコの喫煙、ベンゾピレン、紫外線 A, B, C、太陽灯(日焼け用ランプ) [他を含む 107 例]
グループ 2 A：おそらく発がん性がある (Probably carcinogenic to humans)	アクリルアミド、アドリアマイシン、シスプラチン、メタンスルホン酸メチル、ディーゼルエンジンの排気ガス、ポリ塩化ビフェニル [他を含む 59 例]
グループ 2 B：発がん性があるかもしれない (Possibly Carcinogenic to humans)	アセトアルデヒド、AF-2、プレオマイシン、クロロホルム、ダウノマイシン、鉛、極低周波(ELF)磁界、高周波(RF)電磁波、メルファラン、メチル水銀化合物、マイトマイシンC、フェノバルビタール、コーヒー、ガソリン、ベンズアントラセン、 [他を含む 267 例]
グループ 3：発がん性を分類できない (Unclassifiable as to carcinogenicity to humans)	アクチノマイシンD、アンピシリン、アントラセン、ベンゾ(e)ピレン、コレステロール、ジアゼパム、蛍光灯、静磁界、静電界、極低周波電界、エチレン、6-メルカプトプリン、水銀、塩化メチル、フェノール、トルエン、キシレン、茶 [他を含む 508 例]
グループ 4：おそらく発がん性はない (Probably not carcinogenic to humans)	カプロラクタム(ナイロンの原料) [1 例]

## 5. 携帯電話の使用規制

航空機の機内や病院内で携帯電話の電源を切るように言われるのは、携帯電話から発生する高周波電波が、操縦や治療などに用いられている精密機器の動作を阻害する可能性があると考えられているからである。機器の電磁環境適合性(EMC: Electromagnetic Compatibility)を守り、いわゆる電波妨害を起こさないように慎重を期している。また、電車内のラッシュ時やシルバーシート近辺で携帯電話の電源をオフにするようアナウンスされるのは、主として心臓ペースメーカーの誤作動を防止する目的である。現在の規定では、22cm 離れていれば安全である。1億台を超える携帯電話が国内で用いられている現状でも、これまでに、携帯電話によるこのような事故の事例はない。いずれにしても人命にかかわることであり、100%の安全を目指した対策である。携帯電話については、事故につながりかねない運転中の使用(現在、運転中に手で持った使用は規制されている。)やバス、電車内での使用など、いわゆるマナーの方が大きい問題かも知れない。

## 6. 電氣的(電磁)過敏症

この十数年で、電磁場に敏感で体調の不良を訴えている人々の声が世界的に増している。マスコミなどでは、いわゆる「電磁波過敏症」と称しているが、正確には、WHO は「電氣的(電磁)過敏症(EHS: electrical hypersensitivity)」と呼んでいる。微弱な電磁場に曝されると、皮膚症状(発赤、灼熱感など)や自律神経系症状(頭痛、疲労感、めまい、吐き気など)が現れる。原因と考えられる電磁場に、特別な周波数帯はなく、低周波でも高周波でも起こりうるらしい。

1990年代後半あたりから、欧米の一部の病院でこの過敏症患者のケアが行われている。特に北欧で患者数が多いとされている。WHO は、2004年に、チェコのプラハ市でEHSのワークショップを開催し、筆者も出席した<sup>22)</sup>。EHSは化学物質過敏症(いわゆるシックハウス症候群など)とは異なると考えられている。また、自覚症状を持つ「患者」に盲検法(患者はいつ電磁場に曝されたかわからない)でその因果関係が調査されてきたが、これまでのところ電磁場との関連性は全く認められていない。現時点でEHSに関する科学的データからは、WHOも電磁場の影響としては否定的である。

一方、我が国では、電氣的(電磁)過敏症の自覚を持つ「患者」の方々は、受け入れてくれる病院を探すのに苦慮している。また、科学的証明がないことで、電磁波に対する極度の不安から発症しているのではないかと考えている学者もいる。これまでに科学的データからはこの過敏症を証明するものはない。生活環境の電磁波利用がますます高まる中、自覚症状で科学的証拠がなくても、生命科学や臨床医学の分野で取り組むべき将来的な重要課題の1つであると考えられる。

## 7. 電磁場生体影響とリスクコミュニケーション

上述のように、現代社会はいたるところで電気をエネルギーとして動いており、さらに情報通信をはじめ、生活環境における多種多様な電磁場利用の役割は極めて大きく、この流れは、将来にかけてますます加速してゆくものと考えられる。利便性が高くなる一方で、電磁場に対する危惧、特

に健康への影響について不安を抱く人々が多いことも事実である。これまで筆者は、IARC の発がん評価会議のエキスパート委員や WHO のタスク会議メンバーとして、国際機関の電磁場生体影響評価に携わってきた。その中でも特に WHO のタスク会議においては、リスクコミュニケーションの重要性が各国の多くのメンバーから指摘されていた。ここで取り上げた電磁場は、低周波や高周波で、電離能力もなく、一般的に「放射線」といわれている電離能力のあるエックス線やガンマ線とは異なる電磁波である。エネルギー面からいえば、細胞の DNA を直接傷つけることは考えにくいところだが、一般社会における「電磁場」ということばは、「放射線」と同じように受け止められている可能性も高い。関係省庁（経済産業省、総務省、環境省など）やその関連機関では、ホームページを利用するなど一般の人々への周知に努力している。さらに、全国で電磁場と健康に関する講演会を開催し、より多くの人々に現状を伝え、理解を深める方策も実施しているところである。その一方では、電磁場の不安を助長させるような多くの出版物やホームページが見受けられるのも事実である。

電磁場と健康の理解にはリスクコミュニケーションが重要である。しかしながら、生命科学領域で、未解明な（不確定な）ところは、新しい研究なくして、リスクコミュニケーションにも限界がある。研究の推進とリスクコミュニケーションの同時進行が極めて重要であるとする。

## 8. おわりに

一科学者として、自身は、機会あるごとに、これまでに明らかにされた科学的検証の結果をよりわかり易く紹介し、さらに未解明なものは未解明であることを正確に伝えるように努めている。携帯電話やコンピュータのワイヤレスバッテリー、電気自動車の無線給電など、電磁誘導を用いた非接触エネルギー伝送技術をはじめとして、近い将来の電磁場利用は高まるばかりである。このように増加の一途をたどる将来の電磁場環境を考えると、未解明な部分については、生命科学の先端技術を駆使して、さらに研究を推進してゆく必要があると考える。その一方、低線量放射線研究の難しさを目の当たりにしたり、電磁場と生体の応答解明を長年研究してきた経験から、日常生活環境での極めて低い強度の電磁場応答については生命科学の限界さえも感ずる。このように科学者としては、研究の推進努力をしなければならないという認識を絶えず持ちつつも、同時に、正確で、かつ、お互いの理解が深まるリスクコミュニケーションの重要性も痛感している。

## 9. 参考文献

1. 宮越順二（編者）：電磁場生命科学。京都大学学術出版会、2005
2. 宮越順二：超低周波磁界の国内規制動向、アイソトープニュース No. 651, 10-17, 2008
3. Wertheimer N, et al: Electrical wiring configurations and childhood cancer. Am J Epidemiol 109: 273-284, 1979
4. Ahlbom A, et al: A pooled analysis of magnetic fields and childhood leukaemia. Br J Cancer 83: 692-698, 2000

5. Moulder JE, et al: Mobile phones, mobile phone base stations and cancer: a review. *Int J Radiat Biol.* 81: 189-203, 2005
6. Kheifets L, et al: Review; Childhood Leukemia and EMF: Review of the Epidemiologic Evidence. *Bioelectromagnetics Supplement 7: S51-S59*, 2005
7. Kabuto M, et al: Childhood leukemia and magnetic fields in Japan: a case-control study of childhood leukemia and residential power-frequency magnetic fields in Japan. *Int J Cancer* 119: 643-650, 2006
8. Kheifets L, et al: Pooled analysis of recent studies on magnetic fields and childhood leukaemia. *Br J Cancer* 103: 1128-1135, 2010
9. Schoemaker MJ, et al: Mobile phone use and risk of acoustic neuroma: results of the Interphone case-control study in five North European countries. *Br J Cancer* 93: 842-848, 2005
10. Cardis E, et al: Risk of brain tumours in relation to estimated RF dose from mobile phones: results from five Interphone countries. *Occup Env Med*, 68: 631-40, 2011
11. WHO: Interphone study reports on mobile phone use and brain cancer risk press Release N°200, 2010  
[http://www.iarc.fr/en/media-centre/pr/2010/pdfs/pr200\\_E.pdf](http://www.iarc.fr/en/media-centre/pr/2010/pdfs/pr200_E.pdf)
12. Hardell L, et al: Pooled analysis of case-control studies on malignant brain tumours and the use of mobile and cordless phones including living and deceased subjects. *Int J Oncol*, 38: 1465-1474, 2011
13. Sato Y, et al: A case-case study of mobile phone use and acoustic neuroma risk in Japan. *Bioelectromagnetics*, 32: 85-93, 2011
14. Aydin D, et al: Mobile Phone Use and Brain Tumors in Children and Adolescents: A Multicenter Case-Control Study. *J. Natl Cancer Inst*, 103: 1264-1276, 2011
15. MobiKids Study: The European Community's Seventh Framework Programme (FP7/2007-2013)  
<http://www.mbkds.com/>
16. IARC Monograph on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Vol. 80, Part 1, Static and Extremely Low-frequency Electromagnetic Fields, 2002
17. Repacholi MH, et al: Lymphomas in *E-Piml* transgenic mice exposed to pulsed 900 MHz electromagnetic fields. *Radiat Res* 147: 631-640, 1997
18. News: Carcinogenicity of Radiofrequency electromagnetic fields, *The Lancet Oncology*. Volume 12, Issue 7, Pages 624- 626, online June 22, 2011
19. Szmigielski S, et al: Accelerated development of spontaneous and benzopyrene-induced skin cancer in mice exposed to 2450-MHz microwave radiation. *Bioelectromagnetics*, 3: 179-191, 1982
20. Tillmann T, et al: Indication of cocarcinogenic potential of chronic UMTS-modulated radiofrequency exposure in an ethylnitrosoures mouse model. *Int. J. Radiat. Biol.*, 86: 529-541, 2010
21. WHO: Extremely Low Frequency Fields-Environmental Health Criteria N°238, 2008
22. <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs296/en/index.html>

# 福島県における農業可能用地の土壤汚染調査とその対策 について\*

上田 義勝\*\*

## 1. はじめに

3月11日の東日本大震災によって発生した原発事故の影響は非常に大きく、福島県の放射性物質による土壤・水質汚染は、6ヶ月以上たつ今もその解決の道筋が見えていない状況である。放射能汚染は現在報道等で報告されている様に、現地の人々の生活に未だに大きな不安を与えているだけで無く、福島県産の農作物・水産物にも影響が出ている為、至急にその対策を考える必要がある。

我々の研究グループは京都大学として一致団結し、早期から福島県農業総合センターと連携研究を開始する事で、福島県現地の土壤汚染の調査とその対策方法について検討を行ってきた。農業用地を主な対象として、種別毎の土壤サンプルがもつ放射性核種の解析や強度測定、また水や薬品等による洗浄効果等についての初期調査を行いつつ、汚染除去の最適手法の検討状況を報告する。

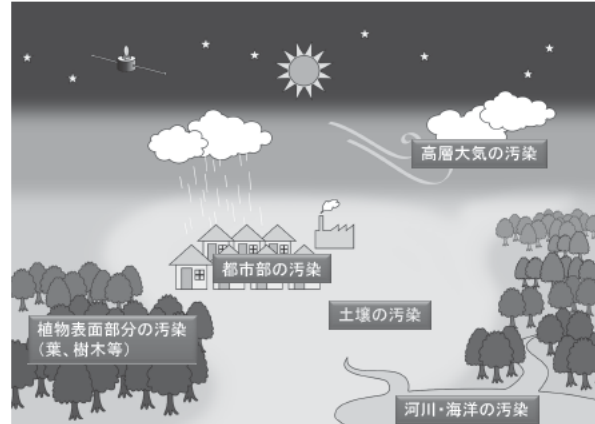


図1：放射能汚染の状況

## 2. 連携研究と研究支援体制について

福島県農業総合センターとの連携研究に関する概要と、京都大学側の研究支援体制について紹介する。私自身、4月から福島県農業総合センターと農業用地の除染に関する研究課題の模索を開始し、5月には何度か直接現地に赴いて実際の状況と対策について調査を行った。放射能汚染を実際現場で目の当たりにすると、その深刻さと、地震被害からの復興も含めた暗中模索な状況に対して愕然となった。しかしながら、現地センターの研究員の方々の冷静な

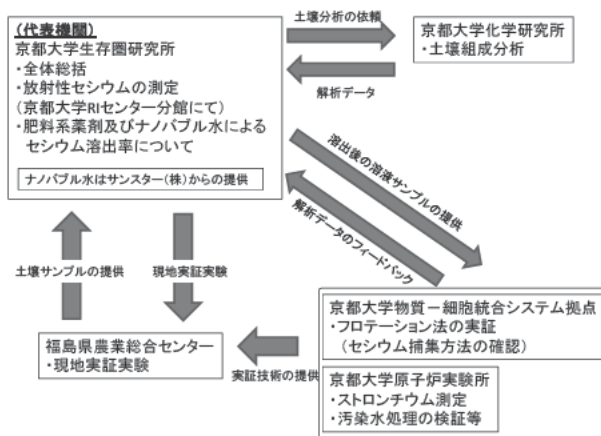


図2：研究支援体制

\* 2012年7月12日作成 本稿は第8回生存圏研究所公開講演会(2011年10月23日開催)講演要旨に加筆・修正を行ったものである。

\*\* 〒611-0011 宇治市五ヶ庄 京都大学生存圏研究所宇宙圏航行システム工学分野  
E-mail:ueda.yoshikatsu.4e@kyoto-u.ac.jp

対応や、放射線対策を新たに研究テーマとして開始するため精力的に情報収集を行う姿に感銘を受け、京都大学が持つ様々な研究設備や技術を研究支援として使えないか、自分自身の研究協力も含めてその可能性を探る事となった。4月当初の時点では京都大学物質-細胞統合システム拠点の古屋伸准教授が持つ放射性廃液処理技術（浮選処理、フロテーション法）を現地対応させる事を中心課題としたが、実際問題として放射性物質を扱う為の場所が確保出来ていなかった事もあり、同じく京都大学原子炉実験所の福谷助教の協力を得て、原子炉実験所での福島県土壌の解析を一緒に行う事となった。また、化学的側面からの検討として、土壌の組成解析や処理手法について化学研究所の徳田准教授にも協力を依頼し、共同で作業を行う体制を整えてきた。

京都大学原子炉実験所は大阪府泉南郡熊取町にあり、私自身が所属する生存圏研究所（宇治キャンパス）からは片道2時間半ほどかかる。5月半ば頃から農業総合センターの農場の土壌サンプルを厳重保管して持ち帰って来ていたが、そのサンプルをまた原子炉実験所に持ち込む事は、時間もかかる上に扱いにさらに慎重さが求められる事となる。そのため、同様の研究設備がある京都大学 環境安全保健機構 放射性同位元素総合センター（以下RIセンター）の設備を自身で利用する為、設備利用の講習会を受けつつ、RIセンターの戸崎准教授の協力の下、放射線強度解析を自身で行える体制を整えた。

ここまでの活動は全ての教員のボランティア的な支援が多かったが、6月に入り我々の研究体制は京都大学としての活動として認められ、福島県農業総合センター側との関係も、「放射性物質の除去・低減技術の開発状況について」という連携研究課題の一つとして正式に認められ、現在まで様々な測定や研究を行ってきている。

### 3. 放射性物質の除去・低減技術の開発状況について

先に述べた連携研究課題である放射性物質の除去・低減技術の開発状況について現状を述べる。京都大学側の支援体制を整えつつ、福島県農業総合センターから様々な土壌をサンプルとして持ち帰り、その組成や放射線強度分布を測定した。また、土壌の除染技術の確認のため、強酸・塩基処理によるセシウム溶出率の確認と、肥料系薬剤を使つての溶出率の確認も行っている。また、薬品処理とは別に、水と空気ナノバブルを使った砂礫に関する洗浄確認も試験的に行い、その結果についても別途報告する。

#### 3-1. 土壌汚染の状況

福島県下の土壌汚染状況の確認もあり、5月17日に福島県農業総合センターにて採取した5種の土

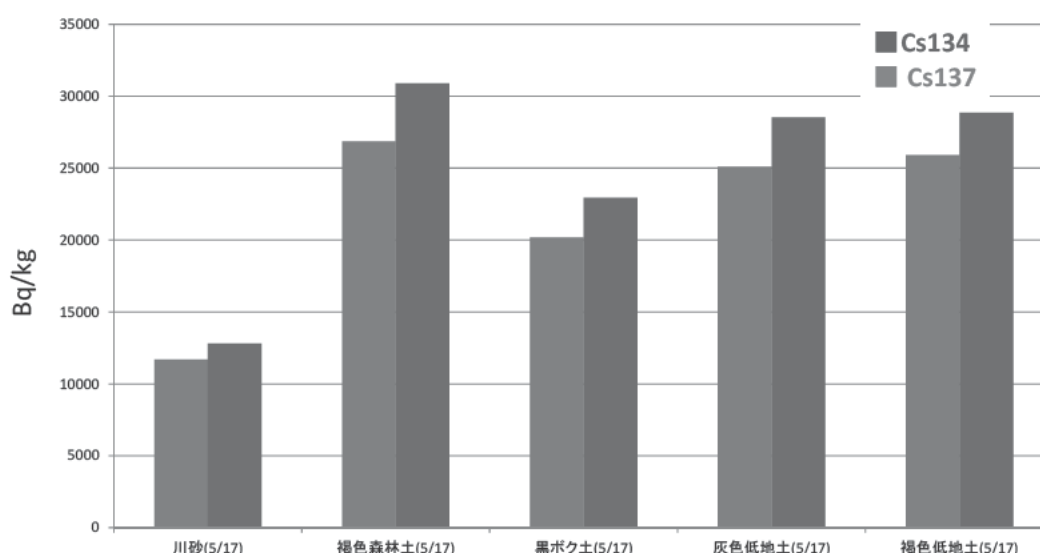


図3：表層5cmサンプルの各種土壌の放射性セシウム強度



壤（川砂、褐色森林土、黒ボク土、灰色低地土、褐色低地土）についての放射性セシウムの強度測定を行った。測定にはRI センター分館のゲルマニウム半導体検出器を用い、各サンプル（100g）の測定時間は10分とした。

土壤サンプルは全て表層5cmの強度が非常に高いと思われる部分を採用しているため、強度が低い

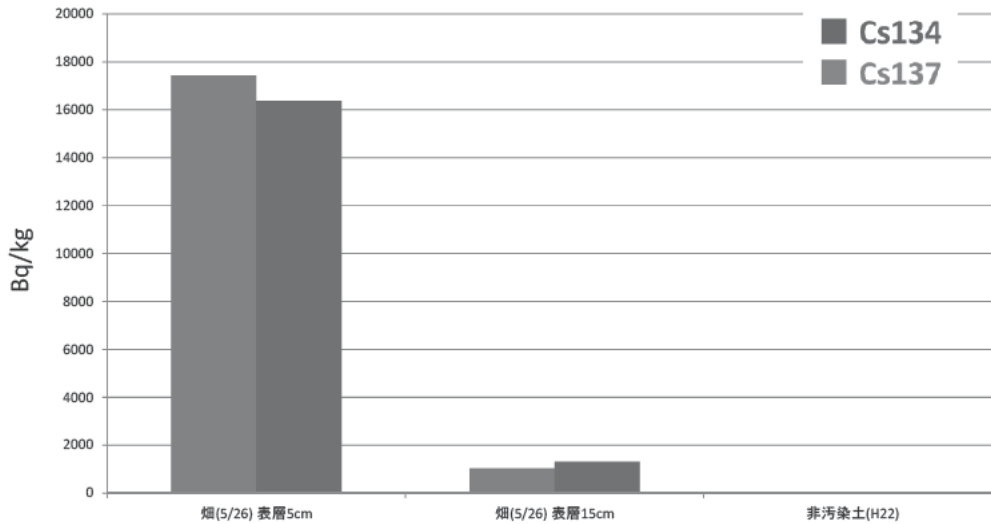


図4：灰色低地土の表層高さ方向と過去の土壤の放射性強度の違い

と思われた川砂でも10000Bq/kg以上の値を示している。また、高さ方向と過去の土壤の比較として、灰色低地土の表層5cm採取のサンプル、表層15cm採取のサンプル、また室内保管されていた被汚染土壤についての放射線強度の比較も行った。既に様々な研究機関・大学で報告されている様に、原発フォールアウトで降り積もったセシウムは表層5cm辺りに90%以上含まれている事がわかる。

### 3-2. 除染技術と実験結果について

除染技術に関しては、過去の事例としてスリーマイル島やチェルノブイリ原発の事故における放射性核種（セシウム、ストロンチウム）による土壤汚染に対する研究は多々行われているが、特にセシウムの土壤固定に関する報告は多く、汚染された地域の除染に対する画期的な技術報告は未だ無いの

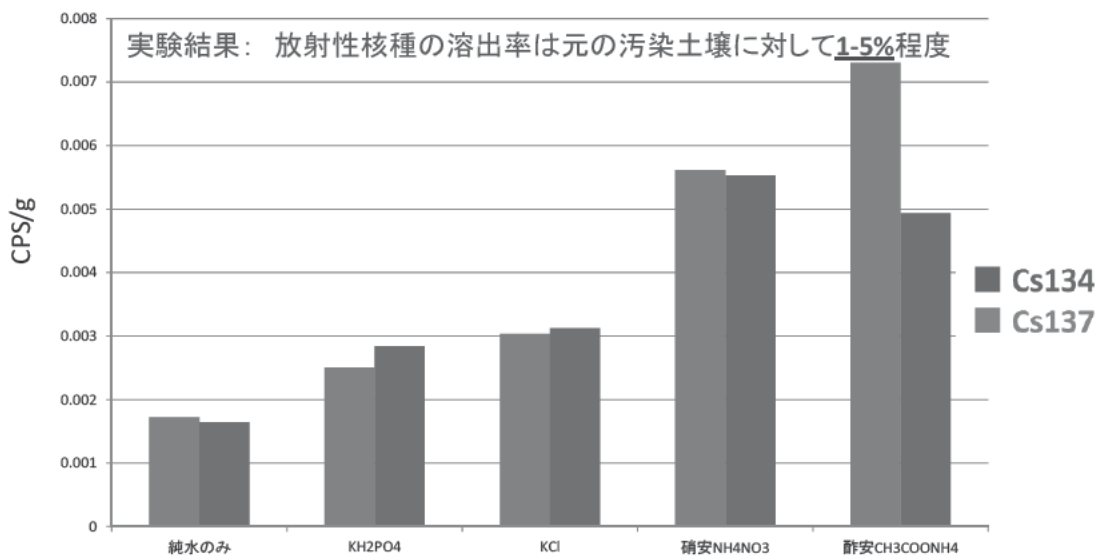


図5：肥料系薬剤によるセシウム抽出率（上澄み）

が現状である。土壌からその核種を取り出す手法としては、強酸（塩酸等）や強塩基（水酸化カリウム等）を用いての強制的な溶出実験も存在するが、実験後の土壌が今度は酸・塩基で汚染されてしまい、もはや農作物を育てる事の出来る「土壌」とは別の物になってしまう。福島県の土壌においても強酸・強塩基による洗浄試験を行ったが、洗浄により溶液中に抽出されたセシウムは最大でも5%程度であり、その効果は薄い。そのため、別の薬剤として土壌中に固定化されたセシウムとの交換効果があると言われているカリウム、アンモニウム系の肥料系薬剤を使つての溶出率を確認した。その結果、強酸・強塩基と比較してもほぼ遜色の無いセシウムの抽出効果が見られた。この肥料系薬剤については農業用地に対する効果としては比較的效果がある為有効な手段として利用出来るが、溶出率をあげる為にはさらに別の手法も含めた複合的な処理が必要である。

3-3. ナノバブル水を用いた砂礫の洗浄

先に述べた肥料系薬剤を用いた土壌からのセシウム抽出には一定の効果が見られるものの、抽出率をもっと上げる必要がある。また福島県下の除染対象は農業用地以外にも一般の住宅や学校等、生活圏における除染技術の確立も必須となつてきている。生活圏の除染には高压洗浄等の主に水を使つて行う事が多いが、現地でも確認されているが放射線強度がゼロになることは非常に難しく、台風等の天候により放射性セシウムの移行がみられ、せっかく下がっていた放射線強度がまた上がってしまう事例もある。我々は除染技術の一環として、通常の水の中に非常に細かい空気微粒子（ナノメートルサイズ）を高濃度を含んだ水（ナノバブル水）を使つて、放射能汚染された砂礫の洗浄実験を試験的に開始している。ナノバブル水は協和機設（株）の装置を使つて生成された物を用い、サンスター（株）からの協力の下、サンプルとして使用



目に見えないナノ(nm)粒径の空気が水に含まれる事で、**表面張力低下機能**  
**浸透性&濡れ性向上機能**が見込まれる。

図6：ナノバブル水

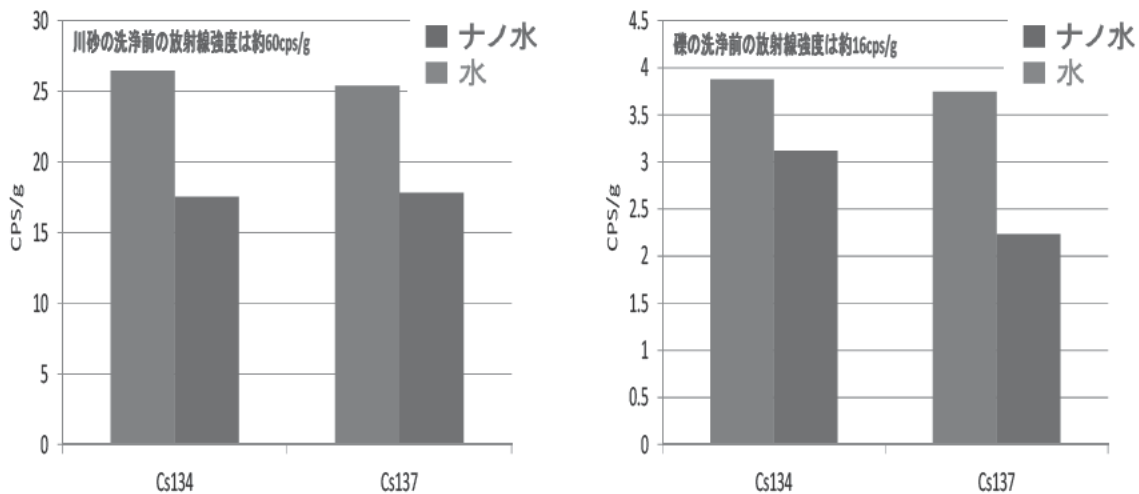


図7：ナノ水による土壌洗浄効果 (減少率を cps/g として表記) (左：川砂、右：礫)

している。このナノバブル水は空気微粒子が安定して水中に存在する事が知られているため、1ヶ月程度安定した濃度のナノバブル水として利用できる。また、ナノバブルの効果として界面活性作用と衝撃圧力作用があるので、鉱石中に固定化された放射性セシウムに対して、高い浸透性とその洗浄効果が期待出来る。初期実験結果を示すが、実験手法がまだ手探りの状態であるにも関わらず、通常の水と比較してその洗浄効果は10%以上高い結果が出ている。この有意な差については今後精査して、最適な洗浄手法を確立しつつ、現地実験に生かす事が出来る様対策していく予定である。

尚、本研究は震災対応研究としてスタートし、京都大学総長裁量経費を使って研究を進めてきた結果、その研究実績を認められ、日本原子力研究開発機構 平成23年度除染技術実証試験事業「ナノバブル水を用いた放射性セシウムの直接洗浄効果の実証」として実際の除染実証を行い、実際の成果を挙げた。また、国立大学協会震災復興・日本再生支援事業としても採択され、平成23年度に引き続き、平成24年度も研究を進め、放射能汚染に関する研究だけでなく、現地の農業関連の研究分野に対する応用技術としての研究も開始している。

### **参考文献**

- 1) Phytoremediation: Methods And Reviews (Methods in Biotechnology) - Neil Willey
- 2) Phytoremediation: Transformation and Control of Contaminants (Environmental Science and Technology: A Wiley-Interscience Series of Texts and Monographs)
- 3) Plants That Hyperaccumulate Heavy Metals: Their Role in Phytoremediation, Microbiology, Archaeology, Mineral Exploration and Phytomining, Robert R. Brooks
- 4) Phytoremediation of Toxic Metals, Wiley Interscience
- 5) 土壌学概論, 朝倉書店
- 6) M. アイゼンバッド (阪上 正信 監訳): 環境放射能 (第2版) - 環境科学特論一、産業図書

### **平成23年度主催したシンポジウム**

第191回生存圏シンポジウム 東日本大震災以後の福島県の状況及び支援の取り組みについて (代表: 生存圏研究所 上田義勝)

### **国内発表等**

1. 上田 義勝, 徳田 陽明, ナノバブル水を用いた放射性セシウムの直接洗浄効果の実証, 除染モデル実証事業等の成果報告会, 内閣府原子力被災者生活支援チーム 環境省 独立行政法人日本原子力研究開発機構, 2012. 3. 26
2. 上田 義勝, 徳田 陽明, 藤村 恵人, 二瓶 直登, ナノバブル水を用いた砂礫中の放射性セシウムの除染効果について, 日本原子力学会 2012年春の年会, 福井, 2012. 3. 20
3. 上田 義勝, 京都大学アカデミックデイ:お茶を片手に座談会「トークライブ」, 「震災からの1年: 知の拠点たる「大学」がすべきこれからの仕事とは」, 京都, 2012. 3. 10
4. 上田 義勝, 福島県農業総合センターの土壌等に関する放射能汚染状況とその除染手法に関する検討, 平成23年度放射性同位元素センター実験室利用成果発表会, 京都, 2012. 2. 20
5. 藤村 恵人, 上田 義勝, 水田における放射性物質の動態 (2) 排水のトラップによる放射性物質の除去技術, 第5回放射性物質試験研究課題に関する検討会, 福島, 2012. 1. 13
6. 上田 義勝, 徳田 陽明, 農業総合センターとの連携研究 (土壌・森林の除染について), 第191回生存圏シンポジウム 東日本大震災以後の福島県の状況及び支援の取り組みについて,

2012.1.6

7. 上田 義勝, 農業総合センター内のホットスポットとその洗浄についての検討, 第4回放射性物質試験研究課題に関する検討会, 福島, 2011.11
8. 藤村 恵人, 上田 義勝, 稲ワラ焼却による放射性セシウム量の変化について, 第4回放射性物質試験研究課題に関する検討会, 福島, 2011.11
9. 上田 義勝, 福島県における農業可能用地の土壤汚染調査とその対策について, 第8回京都大学生存圏研究所公開講演会, 2011.10.23
10. 上田 義勝, 福島県下における土壤・水質汚染の実地調査と放射性核種の高速除去技術の実証研究, 生存圏研究所第134回定例オープンセミナー, 2011.9.14
11. 古屋仲 秀樹, 上田 義勝, 福谷 哲, 徳田 陽明, 放射性廃液の浮選法による処理技術、ならびに防腐処理木材の安全なリサイクル技術, 環境資源工学会シンポジウム「リサイクル設計と分離精製技術 第23回 震災廃棄物のリサイクルのための分離精製技術, 2011.9
12. 上田 義勝, 徳田 陽明, 古屋仲 秀樹, 福谷 哲, 福島県下の土壤汚染の現地調査と合理的な放射性核種除染手法の検討 - 総長裁量経費による活動報告 -, 第187回生存圏シンポジウム 東日本大震災復興に向けた生存圏科学, 2011.8.30
13. 上田 義勝, 福島県下の土壤汚染の現地調査と合理的な放射性核種除染手法の検討, 京都大学シンポジウムシリーズI -II「大震災後を考える」 京都大学発・新技術セミナー「土壤・水質汚染の実態と放射性核種の高速除去」, 東京, 2011.8 (招待講演)
14. 上田 義勝, 放射性物質の除去・低減技術の開発状況について, 農業分野における放射性物質試験研究課題成果説明会(第1回), 福島, 2011.8
15. 上田 義勝, 福島県下における土壤・水質汚染の実地調査と放射性核種の高速除去技術の実証研究, 第1回放射性物質試験研究課題に関する検討会, 福島, 2011.7
16. 上田 義勝, 汚染土壤から長寿命放射性核種の高速除去を目的としたフロテーション法および吸着法の有効性を調査・実証するための実装活動, 緊急に取り組む試験研究課題検討会, 福島, 2011.5

#### 新聞報道等

- 1) 朝日新聞 2012.3.30 「専門離れて研究 除染の技術」
- 2) 京都新聞 2012.3.11 「震災復興へ大学の役割は? 京大で研究者と市民交流」
- 3) 産経新聞 2012.2.21 「放射性物質除染に期待の「水」」
- 4) 化学工業日報 2012.2.14 「環境負荷少ない水系洗浄剤」
- 5) 朝日新聞 2012.1.19 「「ナノバブル」水で除染 京大助教ら、実証例を報告」
- 6) 毎日新聞 2012.1.7 「セシウム除染 ナノバブル水で効果」
- 7) 京都新聞 2012.1.7 「「農地の除染、効果探る」京大宇治キャンパスシンポ、支援も報告」
- 8) 朝日新聞イベント欄 2012.1.6 「シンポジウム「東日本大震災以後の福島県の現状及び支援の取り組みについて」」
- 9) NHK総合 2012.1.5 「親子でナットク イチから、Q!」取材協力

- 10) 京都新聞 2011.12.28 「原発汚染 解決糸口探る」
- 11) 日刊工業新聞 2011.12.23 「実証 除染技術 9 「ナノバブル水」の効果検討」
- 12) 産経新聞 2011.11.16 「宮津高校で京大から出前授業」
- 13) Nature 2011.11.11 「Japan funds projects to clean up Fukushima」 doi:10.1038/nature.2011.935
- 14) ブルームバーグ 2011.11.11 「原子力機構：東芝、大林組、熊谷組などに除染の実証試験を委託」
- 15) 共同通信 2011.11.11 「除染技術公募で25件選定 原子力機構、年度内に試験」
- 16) 環境ビジネス 2011.11.11 「原子力機構、平成23年度「除染技術実証試験事業」公募結果を発表」
- 17) 建設通信新聞 2011.11.11 「効率、減容化技術を確立/除染実証試験に25件採択/原子力機構」
- 18) KFB福島放送 2011.11.10 「除染技術募集結果発表 原子力開発機構」
- 19) 日本経済新聞 2011.11.10 「原研機構、除染実証事業25件を採択」
- 20) 読売新聞 2011.11.10 「超微細気泡で洗浄」
- 21) 朝日新聞 2011.10.22 「ナノバブル水 川砂除染に大役」



## 樹木の形態形成\*

馬場 啓一\*\*

### 1. はじめに

樹木は、あまりにも我々の身近にありふれているために、日常的にはつい見過ごされている方も多いのではないかと思います。特に日本は降水量が多く、夏の気温も比較的高いため、植物が豊富に育ちます。以前、スペインから日本に來られた研究者の方が「山がみんな緑だ」とわざわざ言う意味が最初はわからなかったのですが、その方の故郷ではそういう景色の方がむしろ珍しく、山は土や岩が見えていて当然で、植物はあちこちに散在しているものだと説明してもらい、やっとわかったことがありました。日本人の多くはおそらく「山は緑なものだ」と、疑うことなく思っているのではないかと思います。樹木は地上の植物の大半を占め、光合成により大気中の二酸化炭素を吸収して酸素を放出することで、地球環境の保全に寄与する主役を務めるばかりでなく、いろいろな面で我々の生活と密接に関わっており、人類はその恩恵を受け続けてきました。樹木のお世話になってきたのは、文字を持たなかった先史時代はもちろん、ひょっとすると人類が現在の人類になる以前からだったかも知れません。樹木の内部に蓄積される木部は、木材として家屋や家具などになって我々の生活を支えてくれています。また、花を楽しませてくれる花木、実が食用となる果樹や葉が取れる薬用木というものもあります。しかし木でさえあればどんな時でも何でも使えるというわけではなく、どの木がどういう役に立つのか、それを先史の頃から人類は経験的に学び、役立てて来ています。つまり各樹木を的確に役立てるためには、まずそれぞれの樹種を識別できることが大切だということになります。本当に正しく樹種を識別するためには、花や実、葉の形態を細かく観察しなければなりません。遠目から見ても分類群の近い樹種は比較的似たような樹形をしているものが多く、慣れてくるとザッと概観しただけで、全部ではありませんが、だいたいの樹種や、あるいは分類群程度の見分けがつくようになります。こういった近縁の樹木が似た樹形を形成するのは遺伝的な要因で決定されています。その一方で、それぞれの樹種が密に育ったか、1本木として育ったかに寄っても形が変わったり、また、光の環境や生育地の傾斜などの環境要因の変化に対応して、1本1本の樹木は常に枝や幹を曲げることで多少の樹形を変える能力を持っています。全く同じ樹形に育つ木というのは、当然ながら、一組も無いと言えるでしょう。樹木の形態はどのようにして形成されるのかについて少し詳しく述べていきたいと思います。

### 2. 樹形のいろいろ

樹木とは、地面より上に出ている部分が何年も生き続け、なおかつその幹や茎の中に木部（木材）と言われる組織を蓄積しながら太っていく植物のことを言います。温帯では普通、毎年1つの年輪を重ねていきます。木部を積み重ねながら太くなっていくことを肥大成長と言います。また、地上部の組織が生きていて、冬にも青々とした葉を着けていたとしても、茎の中に木部を蓄積していかない植物は樹木とはいいません。たとえば冬芝などがこれに当たります。秋に全ての葉を落としてしまう落

\* 2011年9月28日作成 本稿は第8回生存圏研究所公開講演会(2011年10月23日開催)講演要旨に加筆・修正を行ったものである。

\*\* 〒611-0011 宇治市五ヶ庄 京都大学生存圏研究所バイオマス形態情報分野  
E-mail: kbaba@rish.kyoto-u.ac.jp

葉樹ですが、幹の中では細胞が生きており、休眠したまま冬を越し、次の春を迎えると休眠を打破して前年までに蓄えた幹や枝の先から次の年の芽を開き、葉が展開します。このように、それまで地上部で成長した高さや広さを利用して、樹木は翌年の春に近隣の他の植物より多少なりとも光を得るために有利な位置に葉をつけようとしているのだとも言えるでしょう。

樹木をその樹形によって言い分ける時に、高さに着目した方法があります。高木・低木という分け方です。あるいは喬木、灌木といった言葉を目にされた方もおられることと思います。その定義を調べてみると、かなりいろいろあり、高木の方から見ると、高木は5メートル以上とか3メートル以上とか、高木と喬木は同じであったり、高木は5メートル以上で喬木は3メートル以上としていたり、かなりまちまちです。おなじように低木や灌木の方でも、灌木の方が3メートル以下・低木は人の背丈以下とするものがあるかと思えば、低木と灌木は同じ物の言葉違いとするものもあり、1メートル以下は別に小低木とさらに分けるものもあつたりします。岩波書店の生物学事典（第4版）<sup>1)</sup>によれば、高木と喬木は同じもので、低木も灌木も同じものとあります。高さ2メートルを高木・低木の境界とするのを第一義として紹介し、ほかに2メートル以下を低木、8メートル以上を高木、その中間の2～8メートルの高さの木については移行的なクラスとしている例や、利用の面から林業分野で4～5メートル以上を高木としているという例が紹介されていました。一般的に、高木（喬木）と言われる樹木は、メインの幹となる部分と枝との区別が比較的つきやすく、低木（灌木）と言われる樹木では、主たる幹と言える部分を見分けることが困難な樹形をしているようです。低木の地際や地下で細かく分かれた幹一本一本の寿命はあまり長くなく、それぞれは数年で枯れて、新しく生えてきた別の幹と交替していく場合が多いそうです。

低木と比べて高木の方はぱっと見た感じでわかりやすい樹形のバリエーションが豊富です。針葉樹はおおむね地際から主幹が真っ直ぐ天まで伸びようかというくらいはっきりしており、主幹とかなり開いた角度で、いかにも枝らしい細い枝が出ている形を良く見かけます。広葉樹では途中まで主幹がはっきりとしているものの途中から幹そのものが枝分かれして、上半分ではどれが主たる幹なのかわかりにく



図1：ツツジ 低木（灌木）の1例



図2：クロマツ 高木 針葉樹の1例



図3：アキニレ 高木 広葉樹の1例



くなるケースが多いようです<sup>2)</sup>。その形はほうき状であったりきのこ状であったりしますが、分類上近縁のものは比較的似た形状になることが多いようです。

### 3. 樹形を決める遺伝的な要因

いろいろな形をしている樹木の形態は、あらかじめ決められた設計図に則って構築されます。遺伝的な要因と言えるものです。それぞれの樹種によって枝の付き方が違い、それによって形成される形態が変わってきます。枝の付き方にはまず互生と対生とあって、互い違いに枝がつく（互生）か、同じ場所に2本つくか（対生）に大別されます。対生よりさらに枝が増えた、たくさん枝が一ヶ所（あるいは近傍）から出ているのを特に輪生と呼んだりします。互生か対生かで全体の樹形に大きな影響が出ることはあまりありませんが、輪生の物は独特の形状になります。次の要因に枝の付く頻度と角度があります。頻度は次の枝がどれくらい離れて出てくるのかで決まります。頻度が高いほど密な樹形になります。枝の角度もまた重要な要素です。図5<sup>3)</sup>を見るとおもしろいことがわかります。もともとは同じ長さの線を2分岐で繰り返しただけの図形で、平面で表せばただの幾何学模様しか見えません。これに角度を付けて立体的に表示するにすれば、樹木らしく見えます。さらにそれぞれの線分間の角度（枝の角度）が小さい場合には、ほうき状となってケヤキなどのニレ科（の若木）っぽく、そして角度が大きくなると、サクラなどの樹種に近い形状になります。枝の出る角度については、周囲の枝や幹との関係からそれぞれの枝で角度が決まっているとする仮説があります。Equilibrium position（平衡位置）仮説といいます<sup>4)</sup>。この位置は周囲の状況が変化すれば、その変化に応じて変わるもので、いつも変動するものと考えられています。

樹形を決定している最も重要な要因のひとつに頂芽優勢の強さの違いというものがあります。無傷の植物体では一般に茎の頂点にある芽が次々と葉を開き伸びていくのに対して、それよりも低い位置の葉の付け根に出来た芽（腋芽：えきが）は休眠したままその成長が抑えられます<sup>5)</sup>。このように頂端の芽だけが成長することを狭い意味での頂芽優勢と言います。頂芽優勢がどれほど強くてもやがては腋芽が成長し、枝となって樹形にふくらみと大きさを与えるようになります。頂芽優勢の程度が強ければ強いほど幹と枝の区別がはっきりとしてきます（図4）。いわゆる我々が良く思い浮かべるスギ

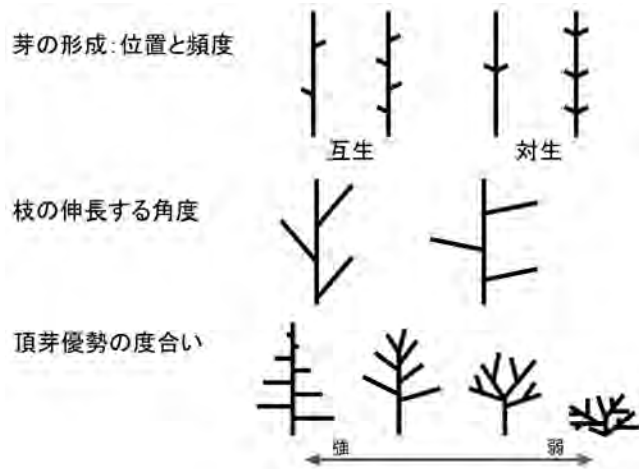


図4：樹形を決める遺伝的要因のいろいろ



図5：2分岐モデルによる樹形シミュレーション<sup>3)</sup> 単に2分岐させた線分の集合 (a) に立体的な角度をつける (b) と樹木らしく見える。さらに線分を増やして浅い角度をつける (c) とケヤキっぽく、同じ線分集合の角度を広げるだけ (c) でサクラっぽく見える。



図6：ユリノキ 頂芽優勢の強い広葉樹の例。  
針葉樹のように上の方まで幹と枝の区別がはっきりしている。

の若木やクリスマスツリーに使うドイツトウヒなど、典型的な針葉樹っぽい樹形は、たいへんに頂芽優勢が強い樹形であると言えます。一般に歳をとって樹齢が大きくなると頂芽優勢は緩んできます。スギでも先端が三角に尖った形から丸くなってきます。広葉樹では、頂芽優勢の緩むのが針葉樹より早いようで、ほうき状やきのこ状な樹形の場合でも途中から主たる幹がどれなのかがわからない形で樹形を形成してきいきます。さらに頂芽優勢が緩んだ樹種が低木や灌木といった樹形になると考えられます。一般的に針葉樹では頂芽優勢が強め、広葉樹は頂芽優勢が緩めではありますが、生物の世界では何事にも例外があるもので、針葉樹ではウツクシマツというアカマツやクロマツの変種があり、地際から何本もの幹が分岐して生えており灌木のような見かけをしています。広葉樹ではユリノキなどは、かなり長い間頂芽優勢が強くて、幹と枝の区別がハッキリとした真っ直ぐ天に向かって伸びているような樹形をしています。頂芽優勢のメカニズムについて、当初は各組織によってホルモンに対する感受性が異なり、頂芽で合成される植物ホルモンであるオーキシ

ンが腋芽の成長を抑制しているものと考えられてきました。そののち、サイトカイニンという別の植物ホルモンが腋芽の成長を促進する作用があることがわかり、さらに腋芽周辺でのサイトカイニンの生合成をオーキシニンが抑制していることがわかってきました<sup>5)</sup>。つまり、頂芽で作られて運ばれるオーキシニンの量が多かったり少なかったりすることや、腋芽周辺でのサイトカイニンの合成される量が多かったり少なかったりすることで、頂芽優勢の強さの違いがあるのだらうと現在のところは考えられます。

#### 4. 環境応答による形態の変化

前章では、それぞれの樹種によってある程度決められた形がどのようにして作られていくかという話をしました。樹木に限らず高等植物は最初に種子なり胞子なりが着地して根を張った場所から動くことができません。生涯同じ場所ですべて生きて行くのですから、環境の変化に対して植物体の内部ではめまぐるしい変化を起こして応答し、環境の変化に対して対応していると考えられます。例えば動物ですと暑い時には日陰に行ったり水浴びをしたり移

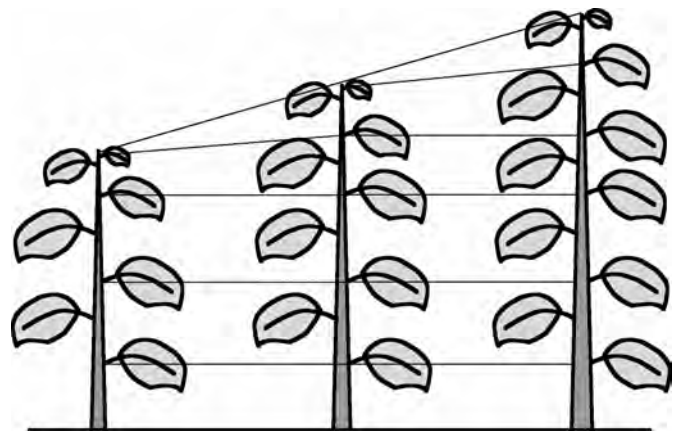


図7：植物の成長のしかた 植物は茎の先端だけが伸びて生長するので、伸長の止まった下の部分の葉や枝の位置は、ずっと変わらない。

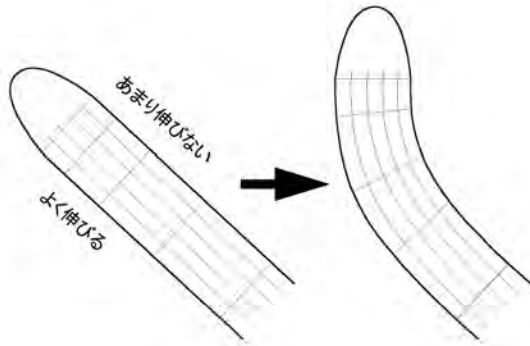


図8：植物の成長点付近での屈曲

ひとつひとつのマス目が細胞とします。曲がる内側の細胞は1つ1つがあまり伸びず、反対側の細胞が伸びることによって、その成長の差が長さの差となり、曲がることができる。

動することでかなりな部分を対応していますが、植物ではそうは行きません。いろいろな環境の変化に対する植物の応答は、多種多様なものがありますが、ここでは重力や光環境の変化に応答して、茎がより好ましい位置を占めるための形態の変化について述べていきます。植物は、重力や光の状況を検知して自分自身の形態や姿勢を制御しています。先の章で述べた **Equilibrium position** (平衡位置) 仮説についても、環境要因として一番大きなものは重力であると考えられています。植物の茎、幹や枝はそれぞれの場所で常に重力の方向を検知しており、重力の方向に対してそれぞれの茎の最適な角度があるとされています。メインの幹となる部分においては重力と幹のなす角度がゼロであるだけで、他の枝と比べて制御のしにくみについては無いと考えられています。それぞれの枝や茎、

幹があるべき位置 (**Equilibrium position**) からずれた場合に、植物は枝や茎、幹を曲げることでその位置をあるべき位置に戻そうとします。

植物の茎や幹はどうやって曲がるのでしょうか。植物はわれわれ動物と違って先端成長しています (図7)。我々人間を含む脊椎動物では各骨ごとに生長点があるので、全体が伸びますが、植物では芽のちょっと下辺りだけが良く伸びて成長し、一旦伸長が止まると後から伸びることはなく、先端以外の葉の位置は変化することがありません。この最も伸長成長している部分では、植物が茎を曲げたい内側の細胞の伸びが抑えられ、外側の細胞の伸びが促進されることによって曲がります (図8)。このことを伸び方に偏りがあるという意味で偏差成長といいます。この偏差成長は、草本植物も木本植物も両方ともやることができ、柔らかい組織が水を吸って曲がるのですからその反応は速く、だいたいの植物でも24時間以内に向きたい方向 (たいていは鉛直上方) を向いて安定します。典型的な草本植物ではこの偏差成長による屈曲し

かやらず、すでに伸長の止まっている下の部分の形はそのままのものもあります。木本植物は、この偏差成長による屈曲だけでなく、伸長が止まって年輪を重ねながら太っている部分でも曲がることができます<sup>6)</sup>。針葉樹では形成されると伸びたがる圧縮あて材という木部を曲がりた外側に形成し、広葉樹では逆に形成さ

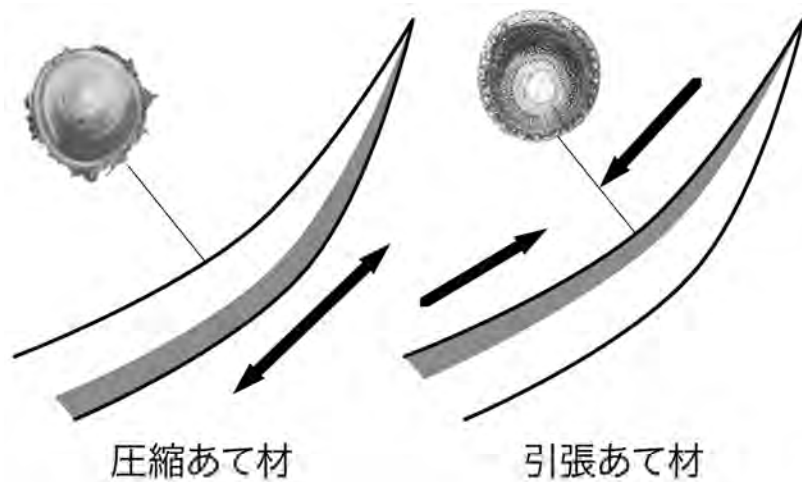


図9：あて材形成による樹木の屈曲 左は針葉樹、右は広葉樹。伸長成長を終えて木部を蓄積している部分では、あて材という特殊な木部を形成して幹や枝を屈曲させる。

れると縮みたがる引張あて材という木部を曲がりたい内側に形成することで木部の形成されている幹や枝を屈曲させます。なぜあて材は形成されるときに変形しようとするのか、最終的なメカニズムはまだあきらかになっていませんが、引張あて材について、細胞壁の中の成分でキシログルカンというヘミセルロースの一種が引っ張る力を生み出す機構に寄与していることがわかって来ました<sup>7)</sup>。それは、キシログルカンを分解する酵素の遺伝子を遺伝子組換えで導入したポプラの木が横倒しにされても野生株のように起き上がれないこと、幹の内部ではちゃんと引張あて材を形成していることなどの実験結果から明らかになりました。木部（木材）は細胞を包んでいる細胞壁という部分だけが蓄積されて作られています。この細胞壁は、セルロース・ヘミセルロース・リグニンという3種類の高分子成分からなります。セルロースは細長い分子が自分たちで集合して自動的に束を作り剛直な物性をしています。そのセルロースの間をつないでいるのがヘミセルロースで、最終的にリグニンで固めた構造になっています。引張あて材の引っ張る力を生み出す細胞壁の典型的な例では、リグニンが存在しません。セルロースは剛性のある分子ですので、変形されるとバネのように戻ろうとします。このセルロース同士をくっつける役割をキシログルカンというヘミセルロースが担っていることで細胞壁全体が縮もうとする力を発揮するのだと考えられます。

## 参考文献

- 1) 八杉龍一ら編、岩波 生物学事典 第4版、岩波書店 (1996)
- 2) Kramer, P.J., Kozlowski, T.T.: *Physiology of trees*, p.448, McGraw-Hill Book Co., Inc., (1960)
- 3) 本多久夫：樹木の形. プラントミメティックス、37-47、甲斐昌一・森川弘道監修、(株) エヌ・ティー・エス、(2006)
- 4) Wilson, B.F., Archer, R.R.: Reaction wood: Induction and mechanical action. *Ann. Rev. Plant Physiol.*, 28, 23-43. (1977)
- 5) 森 仁志：頂芽優勢. *植物ホルモンの分子生物学*、170-178、小林共一ら編、講談社サイエンティフィク、(2006)
- 6) 馬場啓一：力学ストレスと組織. *環境応答*、p.153-160、寺島一郎編 朝倉植物生理学講座5 朝倉書店 (2001)
- 7) Baba, K., Park, Y.W., Kaku, T., Kaida, R., Takeuchi, M., Yoshida, M., Hosoo, Y., Ojio, Y., Okuyama, T., Taniguchi, T., Ohmiya, Y., Kondo, T., Shani, Z., Shoseyov, O., Awano, T., Serada, S., Norioka, N., Norioka, S., Hayashi, T.: Xyloglucan for generating tensile stress to bend tree stem. *Mol. Plant*, 2 (5), 893-903 (2009)

# 再生可能バイオマス資源の生産と利用\*

梅澤 俊明\*\*

## 1. はじめに

20世紀型の資本主義工業社会は、先進国に平均的に豊かな生活をもたらしたが、反面、化石資源の大量消費による急激な地球環境や生活環境の悪化をもたらすなど、構造的にも行き詰まりつつある。そこで今後は再生可能資源に依存度を高め、持続型社会へ発展的に移行することが人類生存への必須の要件となっている<sup>1)</sup>。

樹木をはじめとする植物バイオマス資源は、もともと大気中の二酸化炭素に由来することから、燃焼により二酸化炭素に戻っても大気中の二酸化炭素濃度を増やさないとされている。これをカーボンニュートラルと言う。さらに、植物バイオマス資源は、再生可能資源の中でも最も蓄積量が多いことから、その資源育成と有効利用システムの確立が強く求められている。

最近では、植物バイオマス資源の中でも、食糧とはならない森林資源（木質資源）からの液体燃料や工業原材料の生産に関する技術開発が世界的な緊急の課題となっている。これは、トウモロコシからのバイオエタノールの増産が物価上昇の要因になるなど、食糧資源からの液体燃料の生産が既に世界的な社会問題を引き起こしているからである。そこで、食糧とはならない資源である木質からの液体燃料生産や工業原材料生産に関する必要性和関心が近年世界的に頓に高まっている<sup>1, 2)</sup>。

樹木などの木質からエタノールやほかの発酵生産物を製造する際は、まず、セルロースなどの多糖を、グルコースなどの単糖へ分解することが必要である。しかし、この過程(糖化)は、リグニンと呼ばれる接着剤のような成分が多糖を被覆することにより著しく阻害されている。そこで、糖化以降の段階の技術革新に加え、1) リグニンなどの木質成分の生合成を遺伝子工学によって制御することによる原料の改質、及び2) 糖化効率を上げるための原料の前処理、がコスト削減に向けた重要な研究開発標的となっている<sup>3)</sup>。

## 2. 木材の化学成分

木材は、さまざまな成分から構成されているが、木材細胞壁構成成分は量的にも圧倒的に多い(約95%)ので、主成分と呼ばれている。それに対し細胞内腔に含まれる成分の多くは中性の溶媒で抽出されることが多い。中性の溶媒で抽出される成分は、抽出成分と呼ばれている。

### 2.1 木材の主成分

木材の主成分は、多糖であるセルロース、ヘミセルロースと芳香族高分子化合物であるリグニンである(図1、図2)。セルロースは、グルコースが直線状に長くつながった直鎖状構造を持っており、この鎖同士が、分子内及び分子間水素結合によって束を形成している。この束のことをセルロースミ

---

\* 2012年7月25日作成 本稿は第8回生存圏研究所公開講演会(2011年10月23日開催)講演要旨に加筆・修正を行ったものである。

\*\* 〒611-0011 宇治市五ヶ庄 京大大学生存圏研究所森林代謝機能化学分野  
E-mail: tumezawa@rish.kyoto-u.ac.jp

クロフィブリルと呼んでいる。木材の力学的強度は、セルロースマイクロフィブリルが担っている。セルロースの化学構造は、樹種による差はほとんどない。木材におけるセルロース含有率は、約50%である。

ヘミセルロースは、木材からアルカリによって抽出される多糖を指している。ペクチンはヘミセルロースには分類されていない。ヘミセルロースの化学構造は、針葉樹と広葉樹で大きく異なっており、針葉樹ではグルコマンナンが、広葉樹ではグルクロノキシランが主体である。ヘミセルロース含有率は、針葉樹では15~20%程度、広葉樹では15~25%程度である。

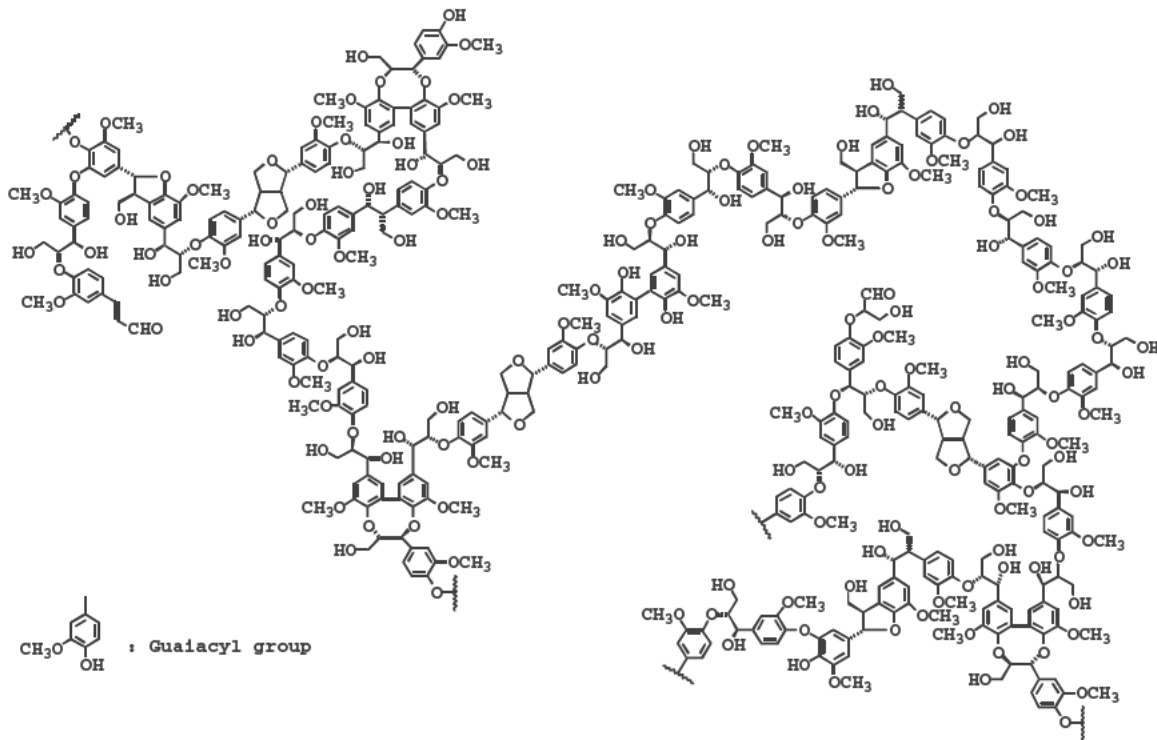


図1：針葉樹リグニンの構造模式図

リグニンの構造は、簡単な一つの模式図で過不足なく表現し得るようなものではないが、強いて表現するならば、リグニンとは、*p*-ヒドロキシケイヒアルコール類（モノリグノール類）の酵素による脱水素重合生成物で、一定のメトキシル基を持つと共に、特有のフェニルプロパン単位間結合様式（サブストラクチャー）を持ち、またいくつかの特性反応を示すものと言える。基本骨格であるフェニルプロパン単位は、その芳香核構造の違いにより、グアイアシルプロパン構造、シリングルプロパン構造、及び *p*-ヒドロキシフェニルプロパン構造の三種に大別される。コニフェリルアルコールに由来するリグニンはグアヤシルリグニン、シナピルアルコールに由来するリグニンはシリングルリグニン、*p*-クマリルアルコールに由来するリグニンはヒドロキシフェニルリグニンと呼ばれている。これらのフェニルプロパン構造は、単一の結合様式で繋がっているのではなく、数種のリグニンサブストラクチャーがランダムに並び、高分子化している（図1）。

リグニンの含有率は、針葉樹材で25~35%、広葉樹材で20~25%、イネ科植物では15~25%である。広葉樹を含む被子植物のリグニンは、グアヤシル・シリングル型であるのに対し、針葉樹材のリグニンはグアヤシル型である。また、イネやタケ、トウモロコシなど、イネ科植物のリグニンでは、コニフェリルアルコールとシナピルアルコールに加えさらに若干の *p*-クマリルアルコールが共重合し、さ

らに *p*-クマール酸がエステル結合により取り込まれている。なお、ごく最近バニラの種子表面のリグニンは、カフェアルコールの重合体（いわゆるカテキルリグニン）であることが見いだされた<sup>4)</sup>。このカテキルリグニンは、芳香核構成に加えサブストラクチャーの構造と配列が単純であり、芳香核構成、サブストラクチャーの構造と配列がいずれも多様であるというリグニン一般の特徴を持たない極めて特異な構造を有している<sup>4)</sup>。よって、その物性・利用特性をはじめとする詳細な特性解析が待たれる。イネ科植物のリグニンには、フェルラ酸も含まれている。フェルラ酸はリグニンにエーテル結合で繋がると共にアラビノースなどとエステル結合している。そして、フェルラ酸のクロスリンクあるいはフェルラ酸とリグニンモノマーのクロスリンクにより、多糖-フェルラ酸-リグニン複合体を形成している。また、このようなフェルラ酸を介した多糖のクロスリンクは、酵素による糖の加水分解を阻害しているとされている<sup>3)</sup>。

なお、「木質（化）」という用語の用法にやや混乱が見られるので、ここで少し整理したい。広辞苑に拠れば、木質は、1) 木の性質、木のたち、きじ、2) 幹の内部の堅い部分、3) 木材に似た質、とあり、日常生活では堅いものという感覚で用いられ、草本は含まれない。しかし、木材と草本特に茎の細胞壁の主要有機成分がいずれも多糖とリグニンであることには変わらない。よって、木質科学分野においては、木質を、細胞壁を構成するセルロース及びその他の多糖、リグニン並びにその他の化合物の複合体（リグノセルロース）として捉えており、草本（特に茎、例えば稲ワラ）も含めてこの語を使用している。また、*lignification* は木本・草本の別なくリグニンの生合成や組織への沈着を意味している。*lignification* を木質化やリグニン化と訳している場合が多々あるが、木化（もくか）が正しい訳語である<sup>3)</sup>。

木材の化学成分組成（％）

樹種	セルロース	ヘミセルロース	リグニン	抽出物
<b>針葉樹</b>				
ベイマツ	38.8	26.2	29.3	5.3
ベイモミ	38.8	28.5	29.1	2.7
カナダツガ	37.7	27.9	30.5	3.4
スプルース	39.5	30.6	27.5	2.1
<b>広葉樹</b>				
ブナ	39.4	33.3	24.8	1.2
サトウカエデ	40.7	30.8	25.2	2.5
ユーカリ	51.3	25.2	21.9	1.3
バルサ	47.7	27.6	21.5	2.0

Sjostrom, "Wood Chemistry" (1981).

図2：木材（木質細胞壁）の化学成分組成

## 2.2 木材の主成分の存在状態

リグニンは、木部細胞壁のセルロースマイクロフィブリル間や細胞壁同士を結着している。リグニン自体は木材の強度を担わないが、セルロースマイクロフィブリル同士を結着して、セルロースマイクロフィブリルが強度を発揮できるようにしている。そして、リグニンは共存する多糖に比べて疎水性であり、水による細胞壁の膨潤を抑制すると共に水分を上方に運搬する管である維管束からの水の散逸を防いでいる。また、リグニンはその化学構造が不定形で複雑であることから微生物による分解を受けにくく、微生物による攻撃から樹体を保護しているとされている。また、微生物の侵入に際して新たにリグニンが合成され、微生物の侵入を物理的に防ぐ場合もある。

このように、リグニンはセルロースやヘミセルロースと共に強固な集合構造（超分子構造）を形成し、高等植物が重力と乾燥に耐えるとともに、微生物分解に対し抵抗しつつ陸上で繁茂するために必

須の成分として生合成されるようになった物質である。したがって、リグノセルロースは構造材料であり、デンプンなどの貯蔵物質とは異なりそもそもそう簡単に分解再利用されるようには出来ていない(図3)。この点が、木質(リグノセルロース)を構成成分に分離して利用する際の難しさの根本となっている<sup>3)</sup>。

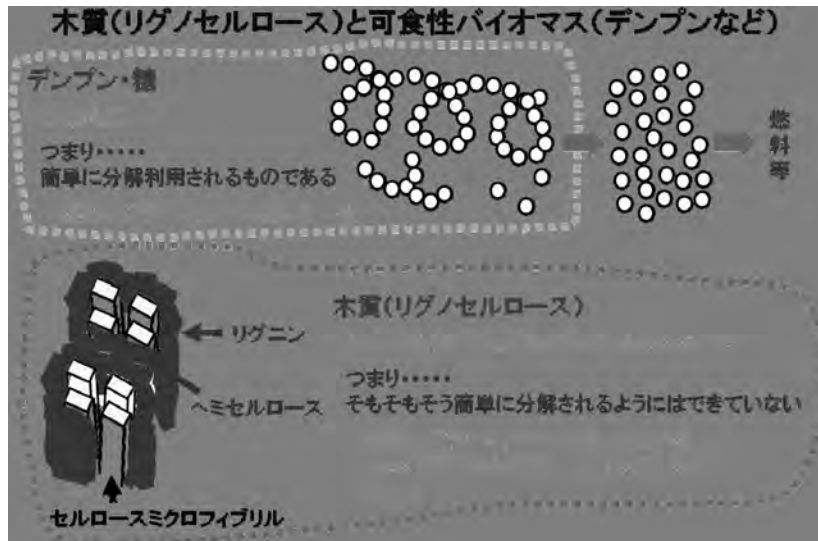


図3：木質はそもそもそう簡単に分解利用されるようには設計されていない

### 2.3 木材の抽出成分

抽出成分は、多種多様な化合物の混合物として樹木より得られるが、その組成は、樹種によって極めて多様であり、抽出成分は木材を化学的に特徴づける成分であると言える。例えば抽出成分に属する化合物は、木材の色調、におい、耐久性、接着性、薬効などの決定因子となっている。代表的な抽出成分には、リグナン、ノルリグナン、フラボノイド、スチルベン、イソプレノイド、タンニン、アルカロイド等があげられる。

### 3. 従来の木材利用

古来木材は、素材や燃料として様々な用途に用いられてきた。昭和30年代は、薪炭材需要がかなり多く、例えば昭和32年では、製材用材 3,163 万 m<sup>3</sup>、パルプ・チップ用材 1,092 万 m<sup>3</sup>、合板用材 204 万 m<sup>3</sup>、その他用材 504 万 m<sup>3</sup> (用材合計 5,121 万 m<sup>3</sup>) あるのに対し、薪炭材需要は 2,009 万 m<sup>3</sup> もあった<sup>5)、6)</sup>。その後、昭和45年頃まで全木材需要量は増加したのに反し、化石資源への依存度の上昇に伴い、薪炭材需要は激減した。平成19年の我が国の木材需要量(用材)は 8,236 万 m<sup>3</sup> であり、需要の内訳を用途別にみると、パルプ・チップ用材が 3,637 万 m<sup>3</sup>、製材用材が 3,041 万 m<sup>3</sup>、合板用材が 1,123 万 m<sup>3</sup> となっている。一方、薪炭材は 98 万 m<sup>3</sup> 使用されているにすぎない。この需要動向は、昭和45年頃以降ほぼ変わらない<sup>5)、6)</sup>。なお、昭和45年頃より、我国の木材需要量は年間 10,000 万 m<sup>3</sup> を中心に推移しており<sup>5)、6)</sup>、非常に大雑把に言って年間国民一人あたり 1 m<sup>3</sup> 程度消費している。

抽出成分の利用は、古くはかなり盛んであり、例えば、明治36年(1903年)にはショウノウの専売制が敷かれたほどである。セルロイドはショウノウとニトロセルロースから作られるプラスティッ



クであるが、昭和12年には、我が国は世界一のセルロイド生産量を誇っていた<sup>7)</sup>。また、江戸時代以来、我が国で生産されるろうそくは、ハゼやウルシの実からの木蠟が原料であった。明治33年頃の木蠟の生産量は13,000トンに達していたといわれており、海外にも盛んに輸出されていた<sup>7)</sup>。しかし、いずれも第二次世界大戦後のいわゆる石油の時代に入り、石油化学製品に駆逐されて現在に至っている。

セルロースは、紙としての利用に加えて、再生セルロース繊維、セルロースアセテートやカルボキシメチルセルロースのような誘導体として、フィルム、塗料、食品、医薬などに大量に使用されてきた<sup>8)</sup>。ヘミセルロースであるキシランからは、キシリトールが製造されている<sup>9)</sup>。一方、化石資源の枯渇が予想される中、リグニンは極めて大量に存在する貴重な芳香族資源である<sup>10)</sup>。リグニンは発熱量が大きく、すでに極めて大量にバイオ燃料として使われているが、この事実はあまり知られていない。クラフトパルプ化の廃液中のリグニンは、パルプ工場における燃料としてわが国では原油換算で年間540万kL(2008年度)も使用されており<sup>11)</sup>、貴重なバイオ燃料となっている。我国におけるガソリンの年間消費量がほぼ6,000万kLであること<sup>12)</sup>を考えると、燃料としてのリグニンの使用量がいかに大量であるかが分かる。また、パルプ廃液中のリグニンは、コンクリートの減水剤や染料の分散剤として使用されている<sup>10)</sup>。一方、燃料としての利用以外の、より高付加価値製品の開発は、リグニン利用における古くて新しい課題である<sup>10)</sup>。リグニン中の $\pi$ 電子に着目した機能性材料の開発など、一層付加価値の高い画期的な製品の開発が待たれている状況である。

#### 4. バイオマスリファイナリー構築に向けた木質の利用

以上のように、木質(リグノセルロース)は、化石資源依存型社会においても、素材や工業原材料として重要な位置を占めてきた。一方、昨今の化石資源の大量消費による急激な地球環境や生活環境の悪化への対応や、資源・エネルギー安全保障(国産エネルギーの調達)、さらに国内農業の振興・経済の活性化など様々な要因が絡み合っ、再生可能バイオマス資源からのバイオ燃料及び工業原材料の生産システム、すなわちバイオマスリファイナリーシステムの構築へ向けての研究開発が、世界的に急速に加速されている。ここで、再生可能エネルギー・資源としては、太陽エネルギーをはじめ様々なものがあり、それぞれ有望ではあるが、重要なことは、炭素源あるいは工業原材料の供給が可能なものは、バイオマス資源を措いて他にないことである<sup>1)</sup>。

食糧資源からのバイオ燃料の生産では、ショ糖やデンプンなど貯蔵物質が利用されている。貯蔵物質は言うまでもなく、そもそも生体によって使い回されるためのものであり、これをうまく利用するシステムは、当然、生物一般に備わっている。しかし、食糧資源をバイオ燃料生産や工業原材料生産に振り向けることは、今後増加は見込めず、代わって、非食糧資源である木質からのバイオ燃料生産や工業原材料生産が重要となっている。ここで問題となることは、巨大な樹体を支える材料である木質は、そもそもそう簡単に人間によって分解・利用されるようには出来ていないことである。この、人間にとって「使いにくい」材料をなんとか使おうというのがバイオマスリファイナリーシステム構築における本質的な課題である。

木質(リグノセルロース)からのバイオ燃料・工業原材料生産プロセスには、二つの大きな流れがある<sup>13)</sup>。ひとつは、生物化学的変換であり、リグノセルロース中の多糖をグルコースなどに加水分解し、得られたグルコースなどを発酵によりエタノールや様々な工業原材料(コハク酸、2,5-フランジカルボン酸、3-ヒドロキシプロピオン酸、アスパラギン酸、グルカール酸、グルタミン酸、イタコン酸など)を得るというシステムである<sup>14)、15)</sup>。ここで、多糖の加水分解には、酵素や酸触媒が用いられる。酵素による加水分解は、酵素が基質である多糖に如何にうまく接近できるかが重要であり、反応性を高めるための原料の前処理(微粉砕化や多糖を被覆しているリグニンの除去など)や反応性の高い原料の分子育種が重要となっている。さらに、活性の高い酵素を安価で製造すること<sup>16)</sup>も重要であり、これらの課題について国内外で多数の研究開発が進められている。一方、木材からのエタ

ノール製造を目指した酸分解の技術開発の歴史は古く、100年の歴史を持つ<sup>16)、17)</sup>。我が国でも昭和38年に旭川に、北海道法と呼ばれる濃硫酸を用いた加水分解に基づく乾材処理能力100トン/日の工場が建設されたが、1年間運転されたのみで工場は閉鎖された<sup>18)</sup>。最近でも酸糖化プロセスの改良が進められているが、酸に対する装置の腐食対策や廃酸の処理についての一層の技術革新が待たれている<sup>19)</sup>。

木質からのバイオ燃料・工業原材料生産プロセスにおける、もう一つの方向は熱化学的変換であり、ガス化、熱分解、超臨界分解などがある<sup>13)</sup>。酵素による糖化は、リグニン、セルロース、及びヘミセルロースの存在状態、すなわち木質成分の構造上の特質による影響を極めて大きく受けるが、熱化学的変換ではこの影響が少ない点が重要である。今後、熱化学変換に適した木質の分子育種が期待されている<sup>3)、20)</sup>。

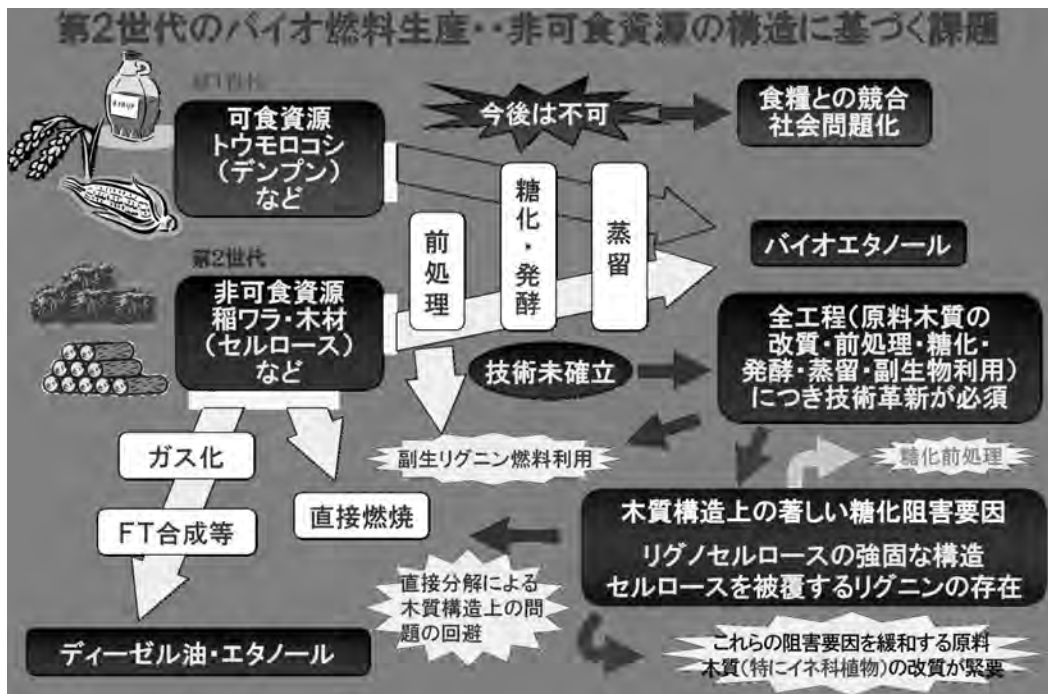


図4：リグノセルロース成分利用における課題

## 5. バイオマスリファイナリー構築に向けた木質の分子育種

以上のように、木質の利用に基づくバイオマスリファイナリーシステム構築に向けて、さまざまな取り組みがなされている。ひとつには、木質の前処理による酵素分解性の向上に向けた技術開発が挙げられ、微粉碎化、ソルボリシス、酸処理、微生物処理、蒸煮、爆砕など多くの方法が検討されている<sup>15)</sup>。一方、バイオマスリファイナリーにおける使用に適した木質を産生する植物を分子育種する試みも数多くなされている<sup>1)、3)、20)</sup>。

バイオ燃料生産に向けた木質の改質と言え、すぐに「酵素糖化の邪魔者であるリグニンを減らせ」と言われるほどであるが、発熱量で見るとリグニンは多糖よりはるかに高く、リグニンを熱源として利用するならリグニン生合成増強も重要な目標である<sup>3)</sup>。すなわち、木質系バイオマスを原料として生産するのに適するバイオ燃料(及び生産方法)には、バイオエタノール生産、ガス化・BTL (biomass to liquid) 化、直接燃焼、などがある<sup>13)</sup>が、それぞれに適するリグニンの量と構造は当然異なってくる<sup>3)</sup>。各種バイオ燃料や工業原材料の生産に対するリグニンの量と構造の影響には不明の点が多く、今後解明を急ぐ必要がある。

一般にリグニンは、木質多糖の酵素糖化の阻害成分であり、微生物分解に対して抵抗性を示すが、広葉樹型のリグニンであるシリングルリグニンは微生物分解（すなわちリグニンの酵素分解）に際してグアヤシルリグニンより分解性が高い<sup>20)</sup>。また、パルプ化においても、同様に、シリングルリグニンの方がグアヤシルリグニンより分解性が高い<sup>20)</sup>。一方、細胞壁成分の中ではリグニンは発熱量が大きく、木質をペレットなどとして直接燃焼するならリグニン含量が多いほうが発熱量は大きくなる<sup>3)、20)</sup>。以上に基づけば、酵素糖化のように反応条件が温和な場合は、リグニン量の減少やシリングルリグニン量の増大が望まれるが、変換反応の条件が激烈でリグニンが当該反応を阻害しないなら、リグニン量を増やしてリグニンも燃料として用いるほうがエネルギー収支の向上につながると考えられる<sup>3)、20)</sup>。また、木質のガス化に関して、ガス化において生成するメタンの起源の一つはリグニン中のメトキシル基であり、さらに、メトキシル基の開裂が共存する糖成分のガス化を促進させるという結果も見出されている<sup>21)</sup>。よって、リグニン中のシリングル核の増大は、ガス化におけるガス収量の増大をもたらすことが期待される<sup>21)</sup>。リグニン中のメトキシル基が、木材の熱分解過程におけるリグニンの炭化を進める重要な構造であることも示唆されている<sup>22)</sup>。

一方、リグニンやその他の成分の構造と量の制御のみならず、これらの成分全体の存在状態あるいはアセンブリーの制御も重要である。実際、非硫酸オルガノソルブ蒸煮による前処理では、脱リグニンの程度と処理後の木質の酵素糖化効率は相関しないことが Teramoto らにより報告された<sup>23)</sup>。すなわち、リグニンの存在自体がセルロースの酵素糖化阻害要因の本質という訳ではなく、セルロースマイクロフィブリルへの糖化酵素の接近をリグニンが阻害していること、すなわちリグニンの存在状態こそ糖化阻害の本質であることが示された。

演者らの研究室では、京都大学大学院農学研究科の坂本らと共同で、リグニン生合成系の遺伝子工学的制御によりリグニンの量と構造を制御した一連の植物材料を作成しており、これらの材料の利用適性について順次検討中である。

## 参考文献

- 1) 竹田みぎわ, 柴田大輔, 「化学と生物」植物バイオ燃料をめぐる視点, 286 - 290, 2008.
- 2) <http://eco.nikkei.co.jp/column/iida/article.aspx?id=MMECCm000010112008&page=2>
- 3) 梅澤俊明, 鈴木史朗, 「BIO INDUSTRY」リグニンの改変技術, 25, 50 - 60, 2008.
- 4) Chen F., Tobimatsu Y., et al. A polymer of caffeyl alcohol in plant seeds, Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 109, 1772-1777, 2012.
- 5) 平成 19 年度森林・林業白書, 林野庁, 102pp.
- 6) <http://www.pref.shiga.jp/d/rimmu/zorin-kosha/kensho/8/D07.pdf>
- 7) 住本昌之, 「ウッドケミカルの先端技術と展望 R&D レポート No. 40」, 抽出成分の新用途, シーエムシー, 217 - 239, 1983.
- 8) セルロース学会編, 「セルロースの辞典」, 朝倉書店, 2000.
- 9) 志水一允, 「ウッドケミカルの技術 CMC テクニカルライブラリー263」, ヘミセルロースの利用技術, シーエムシー出版, 104 - 126, 2007.
- 10) 町原 晃, 河村昌信「ウッドケミカルの技術 CMC テクニカルライブラリー263」, リグニンの利用技術, シーエムシー出版, 127 - 137, 2007.
- 11) 2008 北越製紙環境レポート, 18pp.
- 12) エネルギー白書 2010
- 13) 小木知子, 中西正和「バイオ液体燃料」, バイオマスエネルギー変換プロセスにおける諸問題とその対応, NTS, 57 - 73, 2007.
- 14) (財)地球環境産業技術研究機構「図解バイオリファイナリー最前線」, バイオリファイナリーの基礎, 工業調査会, 9 - 26, 2008.

- 15) 渡辺隆司「ウッドケミカルの新展開」, リグノセルロース系バイオリファイナリー, シーエムシー出版, 87 - 106, 2007.
- 16) (社) アルコール協会「図解バイオエタノール製造技術」, セルロース系バイオマス, 工業調査会, 102 - 126, 2007.
- 17) 山田富明「ウッドケミカルの新展開」, バイオエタノールの製造技術の現状, シーエムシー出版, 107 - 130, 2007.
- 18) 小林達吉, 酒井愿夫, 「木材化学 下」木材の加水分解, 共立出版, 387 - 440, 1968.
- 19) 飯塚堯介, 「ウッドケミカルの技術 CMC テクニカルライブラリー263」, 酸加水分解, シーエムシー出版, 35 - 48, 2007.
- 20) 梅澤俊明, 「第二世代バイオ燃料の開発と応用展開」, リグニンの代謝制御による木質バイオマスの改良, シーエムシー出版, 103 - 111, 2009.
- 21) Hosoya T., et al., Solid/liquid- and vapor-phase interactions between cellulose- and lignin-derived pyrolysis products. *J. Anal. Appl. Pyrol.*, 85, 237 - 246, 2009.
- 22) Hosoya T., et al., Role of methoxyl group in char formation from lignin-related compounds. *J. Anal. Appl. Pyrol.*, 84, 79 - 83, 2009.
- 23) Teramoto Y., et al., Pretreatment of woody and herbaceous biomass for enzymatic saccharification using sulfuric acid-free ethanol cooking. *Biores. Technol.* 99, 8856 - 8863, 2008.

## 電波のラット神経細胞成長への影響\*

成田 英二郎\*\*、西垣 裕美\*\*、三谷友彦\*\*、篠原 直毅\*\*、  
鈴木敬久\*\*\*、多氣昌生\*\*\*、宮越 順二\*\*

### Influence of a radiofrequency electromagnetic field at 2.45 GHz on neurite outgrowth in rat PC12VG cells

Eijiro Narita<sup>1</sup>, Hiromi Nishigaki<sup>1</sup>, Tomohiko Mitani<sup>1</sup>, Naoki Shionohara<sup>1</sup>,  
Yukihisa Suzuki<sup>2</sup>, Masao Taki<sup>2</sup>, and Junji Miyakoshi<sup>1\*</sup>

#### 概要

現代社会は、生活環境で目には見えない電磁波があふれている。身の回りの電磁波の発生源としては、高圧送電線、家電製品、携帯電話とその基地局、医療の電磁波機器などがある。さらに近未来に実用化される無線送電も大きな電磁波環境因子となる。多種多様な電磁環境は、ますます増加の一途をたどることが予想される。本研究では、電波（2.45GHz）による細胞（ラット由来のPC12-VG細胞）の神経突起伸長への影響を評価した。電波の比吸収率（Specific Absorption Rate: SAR）を1W/kgまたは10W/kgで、4時間ばく露後、細胞を分化誘導し、細胞の神経突起平均長、最長神経突起長、ならびに神経突起保有細胞割合を7日目まで測定した。その結果、電波ばく露群と非ばく露群（シャムばく露群）との間には、それぞれ検討した神経突起に関する影響に有意な変化は観察されなかった。

#### 1. 研究の背景と目的

近年、人々は様々な電化製品や通信機器の使用により、電磁波を受ける機会が増えている。特に携帯電話の急速な普及に伴って、電磁波のばく露による人体への影響が懸念されてきた。電磁波による健康のリスクについて関心が高まるに連れて、多くの疫学的研究がなされてきたが、人体や哺乳動物細胞へどのような影響を及ぼしているのかについては、未だ議論の余地がある。これらのうち、ラット褐色種由来細胞(PC12)の神経突起伸長への影響については、いくつかの実験が行われてきた<sup>(1)-(3)</sup>。

\* 2012年11月1日受理

\*\* 〒611-0011 宇治市五ヶ庄 京都大学生存圏研究所

\*\*\* 〒192-0397 東京都八王子市 首都大学東京 都市教養学部

\*E-mail: miyakoshi@rish.kyoto-u.ac.jp

本研究では、2.45GHzの高周波電磁波によるPC12-VG細胞の神経突起伸長への影響を調べた。

## 2. 研究の結果および考察

### 2-1 材料と方法

#### 2-1.1 細胞培養条件

PC12-VG細胞はラット褐色種に由来するもので、2.5%のFBS（牛胎児血清）（BioWest）と15%のHS（馬血清）（Mediatech）を添加したHam's F-12培地（日研）で、37°C、5%CO<sub>2</sub>、飽和湿度の中で培養した。

#### 2-1.2 高周波ばく露装置

高周波ばく露装置は、2.45GHz連続波発振装置(Agilent E4421B)で発生させた電磁波を増幅器(R&K A2450 4747R)で増幅し、通常CO<sub>2</sub>インキュベーターの内部に設置した筒状導波管とで構成されている。SARは1W/kg、10W/kgである。導波管の終端にばく露用ディッシュが設置できるように設計されており、ばく露中のSARはパワーメーター(Rohde & Schwarz)でモニターされている。導波管内はペルチェ温度制御装置(Cell TDC-1550)を用いて37°C、5%CO<sub>2</sub>、飽和湿度の条件に保持されている<sup>(4)</sup>。

#### 2-1.3 実験方法

38.1mlの培地中に1×10<sup>5</sup>個の細胞を播種し、通常培養装置内で一晩置く。2.45GHz、SARが1W/kgまたは10W/kgで4時間ばく露を行った後、一旦細胞を回収し、5mlの培地中に500個の細胞をコラーゲン塗布ディッシュに播種する。ばく露、シャムばく露した細胞をそれぞれ2群に分け、神経成長因子(NGF)を50ng/ml添加、もしくは無添加のコントロール群とする。通常インキュベーターで培養し、1、4、7日後にそれぞれの神経突起伸張を位相差顕微鏡下で観察する。

#### 2-1.4 神経突起長の解析

倒立型位相差顕微鏡(Olympus CKX-41)を用いて観察した神経突起をデジタルカメラ(Olympus DP-20)で撮影し、画像を距離測定ソフト(Simple Digitizer)に転送し突起長を数値化する。それぞれのディッシュ底面には1mm方眼のステッカーが約9cm<sup>2</sup>あり、その上で観測されるすべての細胞について画像解析を行った(図1)。

神経突起長が細胞直径よりも大きい細胞を有突起細胞としてカウントし、観測した細胞総数との割合を算出する。すべての神経突起長の平均値、ならびに有突起細胞の中から最も長い神経突起10本の平均値を最長突起長として算出する。

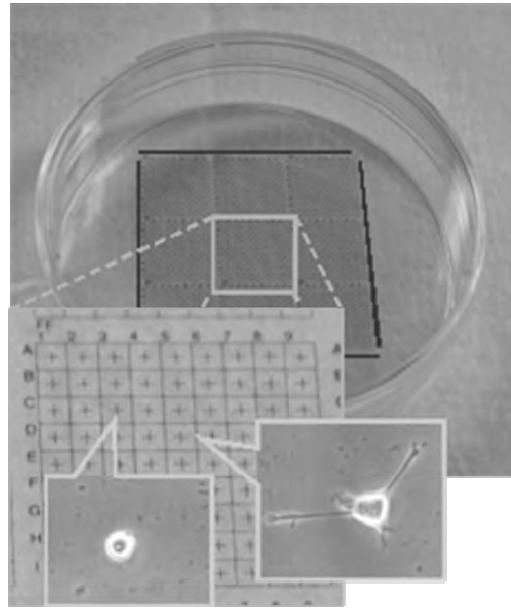
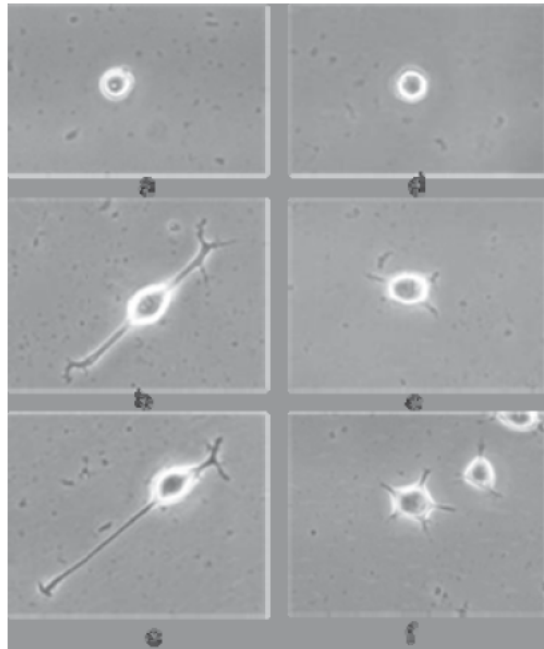


図 1 : コラーゲン塗布ディッシュと PC12VG 細胞

## 2-2 有突起細胞数の割合

図 2 に代表的な神経突起の携帯変化を示す。

有突起細胞数の割合について、SAR1W/kg のばく露ではほとんど差がなく（図 3）、SAR10W/kg のばく露では 7 日間でやや抑えられた傾向がみられたが、有意な差はなかった（図 4）。



(a)1day, (b)4days,  
 (c)7days after adding NGF  
 (d)1day, (e)4days,  
 (f)7days without NGF

図 2 : PC12VG 細胞への NGF 添加後 7 日間の神経成長過程(SAR、1W/kg)(代表例)

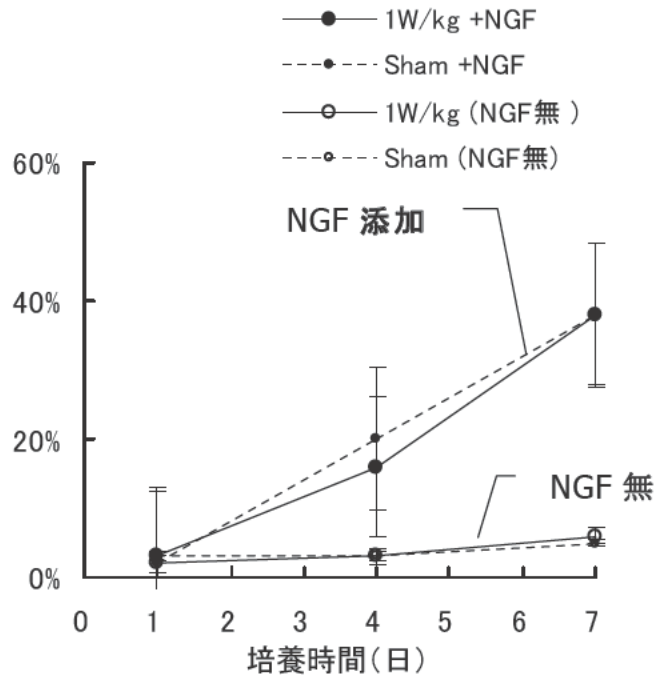


図 3 : 有突起細胞数の割合(SAR 1W/kg,4h)



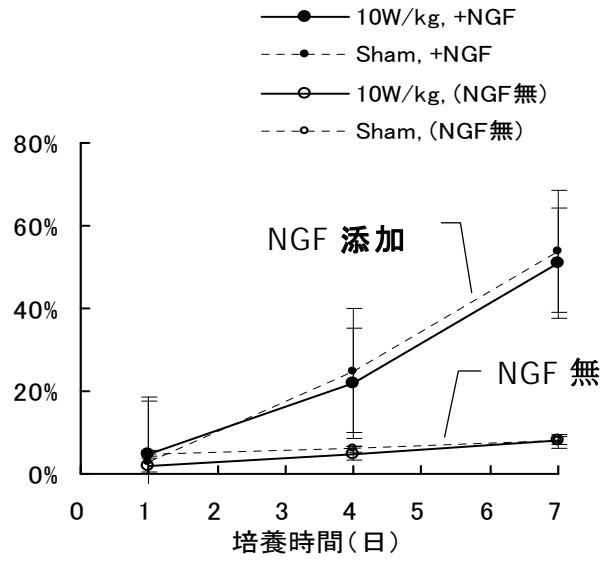


図 4 : 有突起細胞数の割合(SAR 10W/kg, 4h)

### 2-3 神経突起長

有突起細胞の神経突起平均長と最長突起長について、ばく露から7日後、SAR 1 W/kg ではやや抑えられたのに対して (図 5)、10W/kg ではやや促進される傾向がみられた (図 6)。しかし、どちらの場合においても有意な差は見られなかった。

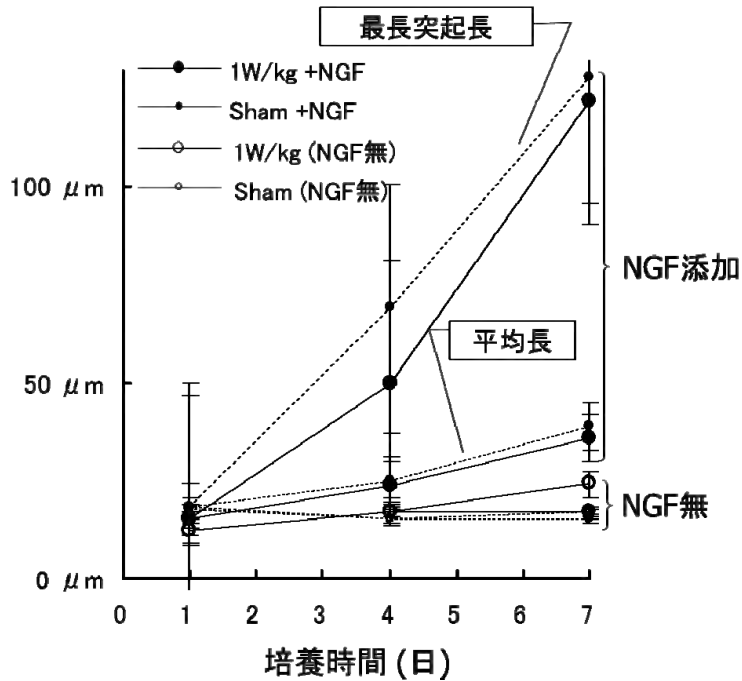


図 5 : 平均長および最長突起長(SAR 1W/kg, 4h)

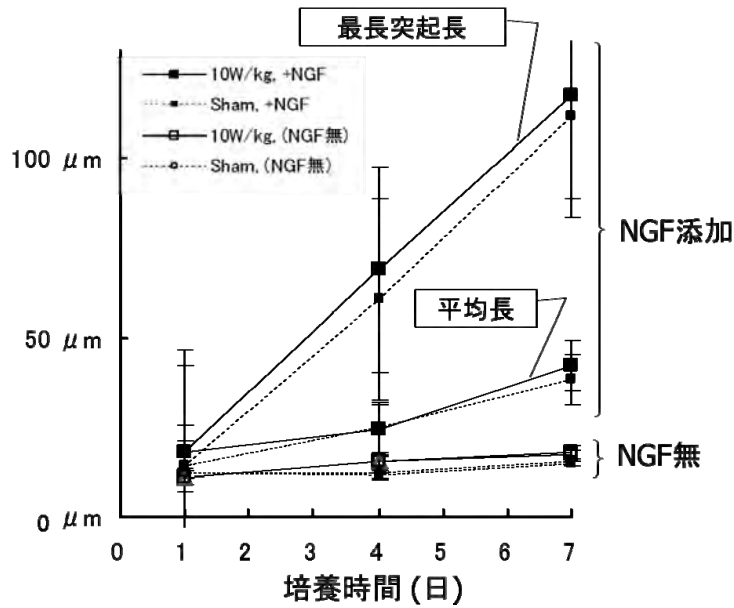


図 6：平均長および最長突起長(SAR 10W/kg, 4h)

### 3. 今後の展開

2.45GHz の高周波電磁波ばく露を 4 時間、PC12VG 細胞に行った結果、神経突起伸長に対する有意な影響は観察されなかった。50ng/ml の NGF を添加したものと、添加しないものとの比較においては、有突起細胞数の割合、平均突起長、最長突起長の全ての項目において神経突起伸長に顕著な違いがあった。

今後、ばく露時間を長期で行った場合の影響や異なる細胞系統への高周波電磁波の影響の可能性については、さらなる研究が必要である。

### 参考文献

- 1) Blackman CF, Benane SG, House DE, Pollock MM: "Action of 50Hz magnetic fields on neurite outgrowth in pheochromocytoma cells.", *Bioelectromagnetics*, Vol.14, No.3 p.273-86 (1993)
- 2) McFarlane EH, Dawe GS, Marks M, Campbell IC: "Changes in neurite outgrowth but not in cell division induced by low EMF exposure: influence of field strength and culture conditions on responses in rat PC12 pheochromocytoma cells.", *Bioelectromagnetics*, Vol.52, No.1 pp.23-8 (2000)
- 3) Zhang Y, Ding J, Duan W, Fan W: "Influence of pulsed electromagnetic field with different pulse duty cycles on neurite outgrowth in PC12 rat pheochromocytoma cells.", *Bioelectromagnetics*, Vol.26, No.5 pp.406-11 (2005)
- 4) Sakurai T, Kiyokawa T, Narita E, Suzuki Y, Taki M, Miyakoshi J: "Analysis of gene expression in a human-derived glial cell line exposed to 2.45 GHz continuous radiofrequency electromagnetic fields." *J Radiat Res.* Vol.52, No2, pp185-92 (2011)

### 謝辞

本研究は、生存圏研究所-学際萌芽/新領域 4 ならびに総務省の援助を受けて行われた。

## 人間生活圏を取り巻く大気の微量物質の動態把握\*

高橋 けんし<sup>1\*\*</sup>、矢吹 正教<sup>1\*\*\*</sup>、中山 智喜<sup>2</sup>、  
青木 一真<sup>3</sup>、林 泰一<sup>4</sup>、津田 敏隆<sup>1</sup>

### Towards understanding the short-term air quality changes associated with the dynamics of surface layer

Kenshi Takahashi<sup>1\*\*</sup>, Masanori Yabuki<sup>1\*\*\*</sup>, Tomoki Nakayama<sup>2</sup>,  
Kazuma Aoki<sup>3</sup>, Taiichi Hayashi<sup>4</sup>, and Toshitaka Tsuda<sup>1</sup>

#### 概要

大気質の悪化は、健康や植生に対する影響、気候変動への関与など、多岐に亘って影響を及ぼすことが懸念されている。安全で安心な大気環境を確立・維持するためにも、現在の大気質変動の動態を詳細に把握し、将来的な変動を正しく予測する必要がある。しかしながら、その対策の際に必須の知見となる大気質特性の変動要因には、未解明な部分も多く残されている。本プロジェクトでは、人間生活圏および森林圏に近い大気の化学的動態の変動に着目し、大気微量成分(ガスおよび粒子状物質)の時空間分布を精細に描写する新しい大気計測手法を提案する。2010年秋および2011年春の予備調査ならびに予備観測を踏まえて、2011年9月には滋賀県甲賀市にある信楽MU観測所(34.9° N, 136.1° E)において、接地境界層におけるエアロゾル・微量気体プロファイル観測実験(AEROGAP - Phase I)を実施した。この観測では、新しい試みとして、係留気球をプラットフォームとして活用することにより、微量ガス状物質の鉛直立体分布を測定する方法を考案した。エアロゾル粒子のポータブル測定器を係留気球に直接搭載し、地上100 m高におけるエアロゾル粒子の動態把握にも挑戦した。また、地上設置の直接およびリモートセンシング計測データと、係留気球を上空に飛翔させて観測したデータとを突き合わせ、エアロゾルの物理・化学・光学特性の立体分布特性を考察した。この観測から、オゾン濃度の高度勾配の時間変化や、鉛直方向の風速と関連すると思われる極微細なエアロゾル粒子の濃度の変化など、今まで直接的な観測が困難であった現象を捉えることができた。今後は、市街地や森林域など様々な環境下においても運用可能な、微量成分の動態把握につながる手法の開拓を進めていく予定である。

\* 2012年11月15日受理

<sup>1</sup>〒611-0011 宇治市五ヶ庄 京都大学生存圏研究所

<sup>2</sup>〒464-8601 名古屋市千種区不老町 名古屋大学太陽地球環境研究所

<sup>3</sup>〒930-8555 富山県富山市五福3190 富山大学大学院理工学研究部

<sup>4</sup>〒611-0011 宇治市五ヶ庄 京都大学防災研究所

\*\* E-mail: tkenshi@rish.kyoto-u.ac.jp

\*\*\* E-mail: yabuki@rish.kyoto-u.ac.jp

## 1. 研究の背景と目的

本プロジェクトは、地球環境問題の中でも大気圏で生起している問題、とりわけ人間生活圏および森林圏に近い大気の化学的動態の変動の解明に焦点を当てている。我々人間の営む活動によって、大気中に様々な物質が放出される。これらは概して量は微量であるが、種類は多岐に及び、人間の健康や植生への被害、気候変動の要因となる放射収支への作用<sup>1)</sup>(図1)など、多方面に亘って複雑な影響を及ぼす。地表付近の大気質(air quality)の悪化は、スモッグとよばれる視程の低下をもたらす

現象を引き起こすこともある(図2)。視程障害は、人為起源の気体やエアロゾルにより太陽放射が吸収・散乱されることが原因である。エアロゾルとは、空气中に微小な液体粒子や個体粒子が浮遊している分散系、あるいはそれらの微小な粒子そのものを意味する。エアロゾル粒子の発生源は、工場や自動車など人間活動に伴い排出される人為起源と、樹木や土壌、海水など自然界から放出される自然起源とに大別される。大気中に放出されたガス成分とエアロゾル粒子は、大気の運動によって輸送・拡散され、またその間に物理・化学的に変質するとともに、降雨や重力沈降に伴う沈着過程により大気中から除去される<sup>2)</sup>。

様々な汚染物質から人々を保護する目的で、多くの先進国において大気質の環境基準(それを超えてはいけぬ濃度レベル)が法令で定められている。例えば光化学オキシダント( $O_3$ )に関して、わが国では、環境基本法により「一時間値が0.06ppm以下であること」を定めている。同様に窒素酸化物や硫酸酸化物、微小粒子状物質(粒径 $2.5\mu\text{m}$ 以下の粒子)、浮遊粒子状物質(同 $10\mu\text{m}$ 以下)に関しても、それぞれ環境基準が定められている。高度成長期時代に最悪とされていた我が国の大気質は徐々に改善されているとされてきたが、2000年代に入ってから、スモッグの発生件数が増加に転じたことが問題となっている。この原因として、中国などの新興国からの前駆物質の放出・輸送、日本で排出

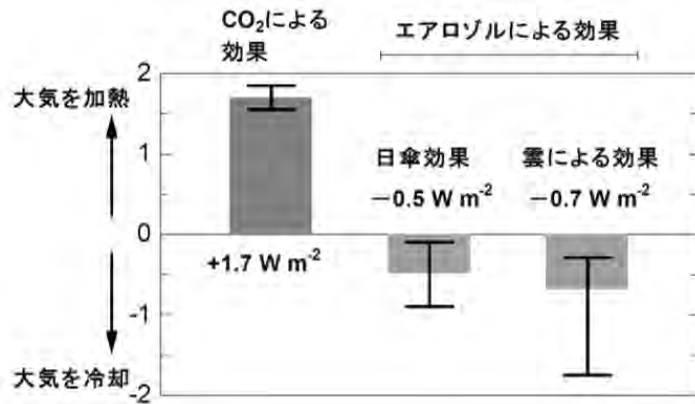


図1: IPCC 第4次報告書<sup>1)</sup>による産業革命前と比較した現在の放射強制力。縦軸の1単位は $1\text{m}^2$ 当たり1W(ワット)の加熱(正の値)もしくは冷却(負の値)を示す。



図2: 視程障害を伴う大気質変動の事例をとらえた写真。京大宇治キャンパス総合研究実験棟5階から南南東の方角を望む。左:2011年10月12日午前9:10、右:2011年10月19日午前8:49。天候はいずれも晴れであったが、10月12日の朝は視程が非常に悪かったことが分かる。

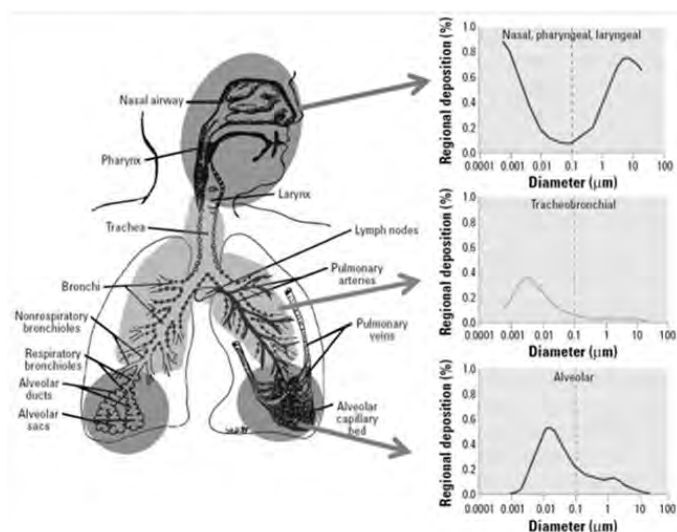


図3：呼吸器系の各部位（胸腔外領域(extrathoracic region)、気管支領域(tracheobronchial region)、肺胞(alveolar region)）におけるエアロゾル粒子の沈降効率<sup>3,4,5)</sup>。

される炭化水素の構成比の変化、都市域のヒートアイランド現象などとの関連が指摘されているが、結論は出ていない。また、近年欧米諸国においては、微小粒子状物質の健康影響（図3）に関する疫学研究の深化と呼応して、微小粒子の排出規制が強化される動きも見られており、大気環境場における動態の把握は、益々その重要性を増している。こうした背景を踏まえ、本プロジェクトでは、人間生活圏および森林圏に影響を与える大気質変動のより精緻な理解、特に大気微量成分の変質・輸送過程を詳細に調べるために、新しい研究手法の創出を目指している。上述のように、我が国では環境基本法により定められた環境基準があり、大気質監視のためのモニタリングステーションが都市部を中心として全国に配置されている。

しかしながら、大気中へ放出されたガス成分とエアロゾル粒子の拡散は地表付近の気象条件によって強く影響を受けるため、地上の平面的な観測のみならず、接地層を含む上空の大気質観測に興味を持たれる。上空の大気質観測のプラットフォームとして、航空機をチャーターした観測実験がある。しかしながら航空機観測は、航空法に基づく最低安全飛行高度による制約のため、人間生活圏と森林圏を直接取り巻く接地層下部領域を対象にすることが難しい。また、コストの観点からも、頻繁な航空機実験は不可能である。大気微量成分の観測例が少ない地表から高度数十mの領域には、地表面摩擦の影響を大きく受ける接地境界層と呼ばれる大気の層が存在する。接地境界層は、地表付近から放出された物質や熱エネルギーを、上層の大気と交換する際に重要な役割を担う。さらに、水蒸気や気温の時空間変動が大きい接地境界層では、雲凝結核への活性化過程や粒子の変質過程を考える際に重要となるエアロゾル吸湿特性にも大きく寄与していると推察される。そこで本プロジェクトでは、地上モニタリングと、散発的な航空機観測との間を埋める、地表付近の微量成分の空間分布を精細に描写する新しい大気質計測手法を提案する。

2010年秋および2011年春の予備調査ならびに予備観測を踏まえて、2011年には滋賀県甲賀市にある信楽MU観測所(34.9°N, 136.1°E)において、集中観測キャンペーンを実施した。周囲を森林で囲まれた信楽MU観測所は、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。また、気象条件を精密に探査することのできるレーダー設備やライダーといった先進的な観測機器が集まっていることから、大気微量物質と気象場の統合的な高時間分解能計測によって、地表付近の大気質の動態把握に繋がる新しい手法が開拓できるものと期待される。本報告では、2010年および2011年の成果の一部を紹介する。

## 2. 研究の結果および考察

### 2.1 2010年の予備調査の事例解析

初めに、地表面に近い大気における化学過程を直接捉えた事例を示す。図4は、2010年10月28日から11月5日にかけて観測された、エアロゾルの規格化粒径分布の時間変化を示す。粒子数濃度がピークとなる粒径が、ナノ粒子（粒径100 nm以下の粒子）からサブミクロン粒子（同100–1000 nm）へ連続的に成長していく様子（例えば、10月29–30日）や、突発的に粒径100 nmにピークが出現する（例えば10月31日）など、粒径分布が特徴的に変化する興味深い現象が観測された。

ナノ粒子は生成過程の観点から一次粒子と二次粒子に大別できる。前者は、燃焼等に伴い直接粒子の状態で大気中へ排出された粒子であり、後者は、オゾン・窒素酸化物( $\text{NO}_x$ )・硫黄酸化物( $\text{SO}_x$ )・揮発性有機化合物(VOC)などの前駆気体が化学反応により変質した粒子である。とりわけ二次粒子は、その動態把握に未解決の課題が多い。その理由は二つに整理できる。まず一つ目は、現象を捉える難しさである。図4に示したようなナノ粒子からサブミクロン粒子への時間発展的な成長過程（“バナナシェイプ”と称することもある）は、二次粒子の生成を捉えた事例と考えられるが、実際にはこうした観測事例は多くはない。なぜならば、現実の大気中では、共存する一次粒子などの他の起源粒子の影響に埋もれて、二次粒子生成過程のみを抽出することが極めて難しいからである。また、ナノ粒子を高効率で検出することも技術的には容易ではない。例えば、ライダーなどの光学的なセンシング手法はサブミクロン粒子を高感度・高時間分解能で検出できるが、ナノ粒子の場合は光散乱係数が極めて小さくなるため、光学的に検出するには限界がある。

二次粒子の生成過程に未解決の問題が多いもう一つの理由は、そのプロセスの複雑さにあると言えよう。前駆気体からエアロゾル粒子が生成されるまでには、多段階の均一系・不均一系酸化反応を経由することから、その生成過程を理解するには、エアロゾル粒子そのもののみならず、前駆物質の同時観測が必要不可欠となる。一方で、前駆気体もまた、大気中への生成源やその質的・量的変動が複雑である（前章参照）。それゆえ、二次粒子の生成過程を特徴づける時間スケールでの高時間分解能の観測を、多成分の前駆物質に対して行わなければならない。

さて、図4では、バナナシェイプ型の成長過程を経ずに、突発的にサブミクロン粒子のみが増大する現象も観測されている。これは、二次粒子の成長がサブミクロン領域から開始されたとは

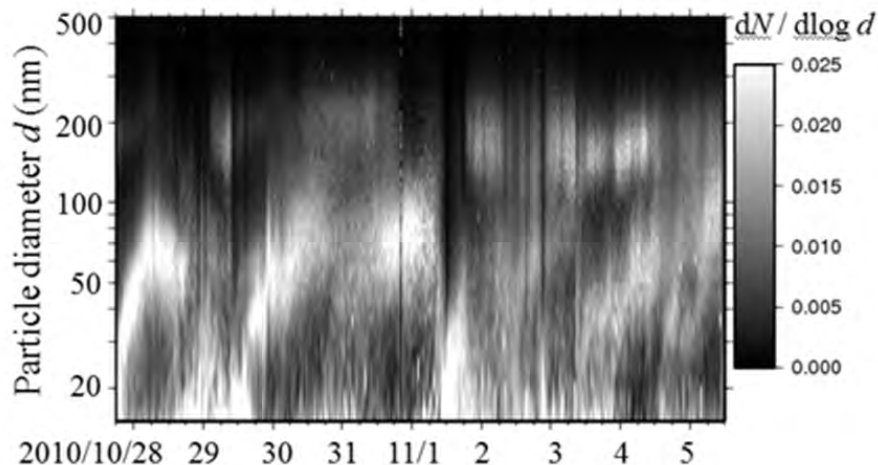


図4：地上で観測された規格化したエアロゾル粒径分布の時間変化（2010/10/28–11/5，信楽（滋賀県））。

解釈し難く、観測サイト以外の場所で二次粒子生成が開始され、気塊の輸送に伴って観測サイトへ粒子が到達したときにはサブミクロン領域にまで成長したためであろうと推測するのがリーズナブルである。そのため、あたかもナノ領域の成長過程を経由せずに二次粒子成長が進行したかのように見えている可能性がある。こうした観測事実からの当然の帰結として、観測された粒径分布の変化は、粒子の生成・変質・成長過程に加え、空気輸送・拡散過程などに依存した特性変動の一部を映し出したものであり、一点のみの観測からでは必ずしも現象の正しい理解には結びつかないと言える。本研究では、観測例の少ない接地境界層付近に注目し、エアロゾル粒子およびその前駆物質となる微量気体成分の空間的立体構造を探索する新しい観測手法を提案する。

## 2.2 接地境界層におけるエアロゾル・微量気体プロファイル観測 (AEROSol and GASes Profiling experiment near surface boundary layer: AEROGAP) の提案

### 2.2.1 キャンペーンの概要

本研究では、人間生活圏と森林圏に直接接している地表面大気の化学特性の精密な計測を指向して、係留気球を用いた新しい観測手法である AEROGAP 実験を提案する。初挑戦となるキャンペーン AEROGAP-Phase I (以下、AEROGAP-I と記載) では、2011 年 8 月 23 日から 9 月 4 日にかけての観測機器の立ち上げ作業と試験運転を経て、2011 年 9 月 5 日から 16 日にかけて集中観測を実施した。図 5 にキャンペーン観測の概要を、表 1 に観測に用いた測定装置の一覧を示す。図 6 には、使用した係留気球の写真を示す。係留気球はロープによって地上に固定され、それ自身が飛行船のような自由飛行はしない。AEROGAP-I で使用した係留気球は、全長 8 m、直径 4 m、内容積 28 m<sup>3</sup> (ヘリウム充填) であり、約 10 kg の浮力を得ることができる。気球本体の下部には、粒径 10 nm の以上の粒子数濃度と粒径 300–5000 nm の粒径分布を計測するエアロゾル観測機器と、気温・湿度の測定器を積み込んだ発泡スチロールを取り付けた (図 6 (B))。計測高度の情報は、小型 GPS 受信機により得た。地上には、ナノサイズからサブミクロンサイズに亘るエアロゾルの粒径分布や、粒子の光散乱・吸収特性、および気積積算のエアロゾル特性を連続的に観測できる装置を設置した (表 1)。さらに、サブミクロン粒子と水蒸気の高度分布を計測する 3 種類のライダー観測も同期して行われた。これらの地上設置機器のデータと、上空に飛翔させて観測したデータとを突き合わせ、エアロゾルの物理・化学・光学特性の立体分布を導出することを試みた。

一方、エアロゾル生成の前駆物質となる微量気体の計測装置は、装置の重量や電力供給などの事由により、上空へ飛揚させることができない。そこで、地上の観測小屋に多成分同時計測システムを設置し、地上で機器を操作・運用しながらにして、化学成分の鉛直立体分布を測定する方法を考案した。それは、係留用ロープの利用である。係留用ロープ自体は軽量で一定の強度があるため、このロープに外径 1/4 インチおよび 3/8 インチの PFA (テトラフルオロエチレン・パーフルオロアルキルビニルエーテル共重合体) チューブを添うように取り付けた。係留気球を、接地境界層を超える高度数百 m 付近まで飛揚させることを想定して、気体成分の外気吸引口は、ロープ経路長 100 m と 50 m の地点に設けた。この二高度の他に、地上を加えた計三高度から連続的にサンプリングした外気を、地上の観測小屋に設置した小型ポンプを用いて取り込み、微量気体成分の分析計へ導入した (図 7)。三高度から吸引された外気を、プログラム制御された電磁弁を用いて数分ごとに流路を自動切り替えしながら分析していくことで、多点の情報を効率的に得られるよう工夫した。測定した気体成分は、オゾン、NO<sub>x</sub>、CO、CO<sub>2</sub>、VOCs である (表 1)。VOCs は、植生由来物質で二次粒子生成にも関与するイソプレンや、人為起源物質であるトルエンやベンゼンなどを計測した。使用した測定機器の計測原理の説明は、誌面の制約上割愛する。AEROGAP-I キャンペーン中は、高純度窒素、高純度合成空気、各種の混合ガス (NO/N<sub>2</sub>, CO/N<sub>2</sub>, selected VOCs/N<sub>2</sub>) を用いて定期的に装置の較正を行った。また、三高度ごとの PFA チューブの長さの差異が、チューブ内での化学成分の変質に与える影響についても、標準ガス試料を用いて定量的に評価した。

表 1 : 2011年のキャンペーン観測 AEROGAP- I に用いた観測機器一覧

測定種	測定器	研究機関
O <sub>3</sub>	Thermo Electron 49C, UV absorption spectrometer	RISH
NO <sub>x</sub>	Horiba APNA370, Molybdenum catalysis/Chemiluminescence detector	STEL, Nagoya Univ.
CO	Thermo Electron 48i, Non-dispersive IR spectrometer	RISH
CO <sub>2</sub>	LiCor Biogeoscience Li-840, Non-dispersive IR spectrometer	RISH
Volatile organic compounds	Ionicon PTR-QMS, Proton-Transfer Mass Spectrometry	(Rental)
Aerosol size distribution	( <i>d</i> = 15-300 nm) TSI SMPS, Scanning Mobility Particle Sizer ( <i>d</i> = 300-5000 nm) Rion KM07, Optical Particle Counter Rion KC01D, Optical Particle Counter	STEL, Nagoya Univ. RISH NIPR
Aerosol concentration	( <i>d</i> > 10 nm) TSI CPC3007, Condensation Particle Counter	RISH
Aerosol scattering coefficient	Radianc Research M903, Integrating Nephelometer	NIPR
Aerosol absorption coefficient	Radianc Research PSAP, Particle Soot/Absorption Photometer	NIPR
Column aerosol properties	Prede POM02, Skyradiometer	Toyama Univ.
Aerosol profile	Multi-wavelength Mie-Raman Lidar	RISH
Water vapor mixing ratio	Visible-UV Raman Lidar	RISH
Vertical/horizontal wind	Kaijo Co. AR-1000, Doppler SODAR	DPRI
Cloud image	Prede PSV-100, All-sky camera	RISH

\* STEL: Solar-Terrestrial Environment Laboratory

\* NIPR: National Institute of Polar Research

\* DPRI: Disaster Prevention Research Institute



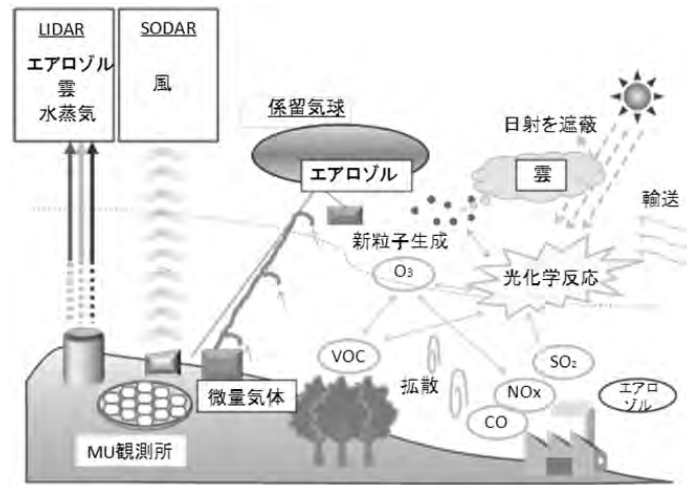


図5： AEROGAP-Iの概要（2011/9/5-16，信楽）。

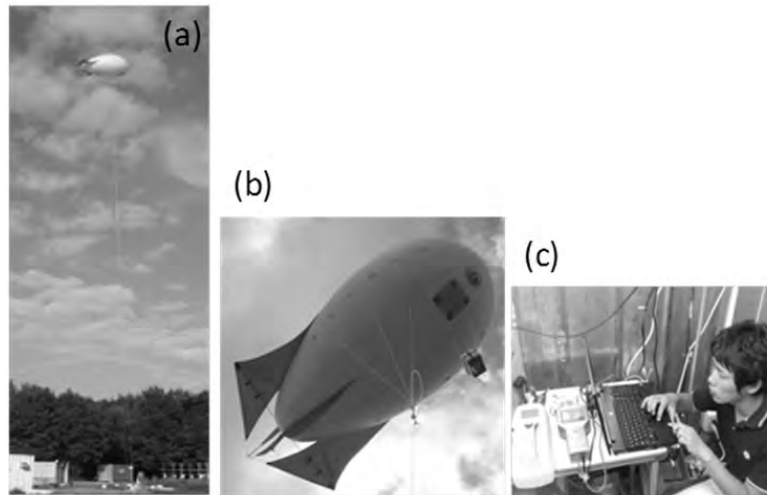


図6： 係留気球を用いた観測の様子。(a)係留気球を飛揚している状態で遠景。(b)係留気球を地上から写した写真。気球の前部にエアロゾル計測機器を収納した箱がぶら下がっている。(c)地上設置コンテナ内においてデータのバックアップ作業を行っている。

なお、エアロゾル粒子や微量気体成分の観測と同期して、音波を利用して上空の風を計測する SODAR (SOnic Detection And Ranging) も使用した (表1)。これにより、気球に吊り下げた気温湿度の情報と併せることで、接地境界層の微気象特性が分かる。

### 2.2.2 AEROGAP-I キャンペーンの初期解析結果

ここでは、AEROGAP-I キャンペーンの初期解析結果の一例として、図8に、9月14日に観測された (a) 鉛直風と、(b) 地上、高度 50 m、100 m のオゾン濃度、および (c) 地上および高度約 100 m における粒径 10–15 nm 以上の粒子数濃度の時間変化を示す。オゾンは、太陽光の存在下で  $\text{NO}_x$  の光化学反応により生成される。したがって、図8 (b) に示したように、日中の極大と夜間の極小を与えるような変動特性を有する。一方で、信楽 MU 観測所は、人口密集地に立地していないにも関わらず、日中の極大濃度が 60ppb (0.06 ppm) に達しており、環境基準を超過する寸前のレベルに達している。こう

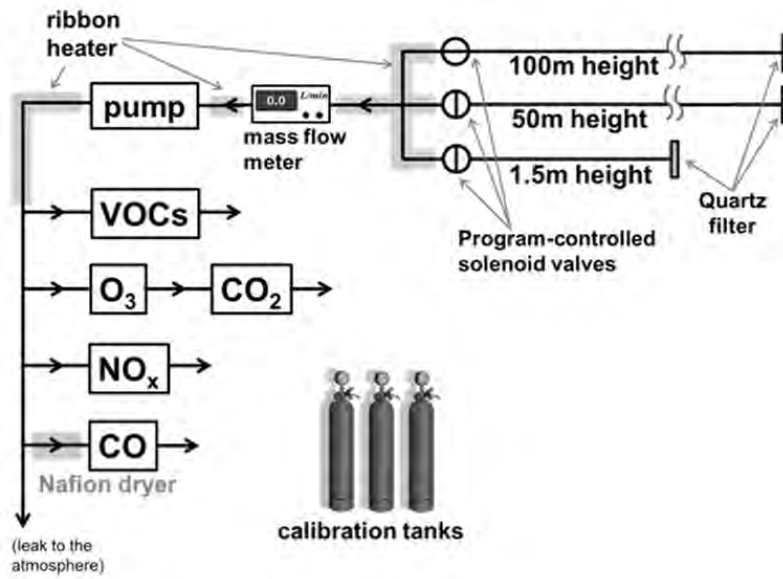


図 7 : 今回開発した微量気体計測システムの地上設置部分のダイアグラム。

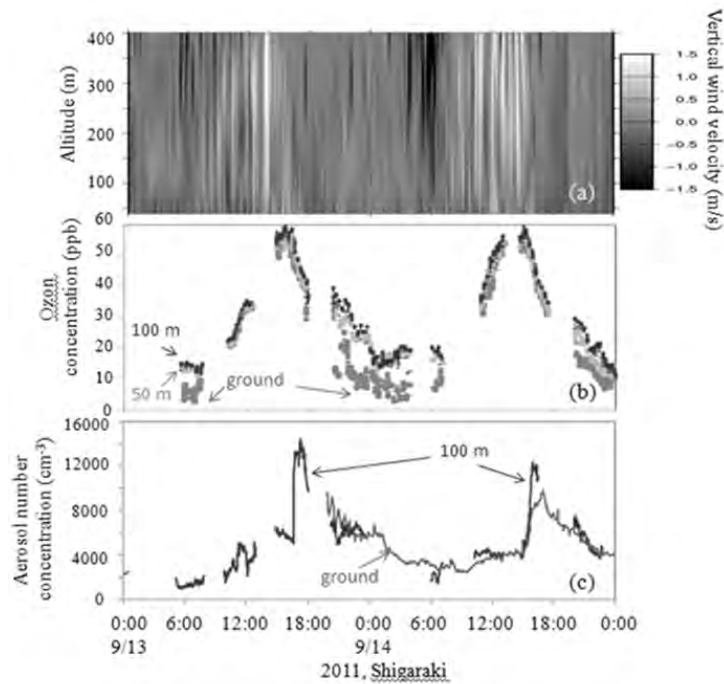


図 8 : (a) 高度 50–400 m までの鉛直風、(b) 地上、高度 50 m、100 m のオゾン濃度および (c) 地上と高度 100 m における粒径 10–15 nm 以上の粒子数濃度の時間変化 (2011 年 9 月 13–14 日、信楽)。

した大気汚染イベントは、観測サイトを含むより広域的な空間スケールでの化学反応と輸送現象が関与していることを伺わせる。また、日中ほど三高度毎のオゾン濃度の差異が小さく (つまり濃度勾配が緩い)、深夜から夜明け前にかけて濃度の違いが大きくなる (つまり濃度勾配が急である) 様子が捉えられている。この背景として、昼間は地表面大気の乱流混合が活発であるのに対し、夜間には接地

逆転層が形成され、効率的な乾性沈着が進行している可能性が示唆される。オゾンは、それ自身が人体や植生に対する毒性を有しているだけでなく、植生由来あるいは人為起源のVOCを酸化し、二次粒子生成にも深く関与していることが知られており、現在さらに詳細なデータ解析を進めている。また、日中に強い対流が観測された鉛直風は、15時をすぎると急速に風速が弱くなる傾向がみられた。その変化と呼応するように、ナノ粒子の数濃度が増加する興味深い現象を捉えている。さらに注目すべき点は、地表と高度約100 mの粒子数濃度に違いがみられたことである。これは、ナノ粒子の増加率に高度依存性がある可能性を示唆するものであり、係留気球をプラットフォームとした観測が、地上観測のみでは抽出し難い情報を引き出せることを示す好例の一つであろう。

### 3. 今後の展開

AEROGAP-I キャンペーンでは、試行錯誤を繰り返しながらのシステム構築を行ったこともあり、観測機器の不具合等も含めて、体力的にも非常に負担のかかるキャンペーンであった。同時に、様々な問題点も浮き彫りにできたことは、今後の計画や改善策を練るうえで良かったと考えている。問題点の一つとして、係留気球の限界も分かってきた。理想的にはより高い高度(~300 m)への係留気球の飛行が可能になれば、航空機による観測がアクセスできる最低高度付近までを探索できるのだが、PFAチューブの自重のため、実質的な浮力には上限があり、ロープ長100 m程度が限界であることが分かった。事実、係留気球に吊り下げたGPS(図6(b))の解析から、風の場合次第では、気球が10メートル近くも急激に下降してしまう事例もあった。より高い高度へアクセスし、なおかつ、その高度で安定的に観測を行うための技術的改善策は、今後の課題の一つである。

2011年は晩夏に観測期間を設けたが、2012年度は、森林圏からの植物由来成分がより豊富に放出される盛夏に、本研究で提案した係留気球観測システムを用いて、信楽MU観測所でキャンペーンを実施することを計画している。一方、観測サイトの空間的な展開として、植生を含めて信楽サイトとは地上環境が異なる地域に観測対象を広げ、様々な条件下における大気観測データを蓄積することも考えている。2011年11月上旬には、京都府美山町にある京都大学・芦生演習林に見学に向う機会を得ることができた。現地へのアクセシビリティや機器設置のためのスペース・電力について、京大フィールド科学研究センターと情報交換を行っている。また、人間生活圏を直接取り巻く大気質を理解するうえで欠かせない都市域にも観測サイトを設けることができるかどうかを検討している。図2に紹介したように、都市域の大気汚染イベントは、人間生活に直接影響する現象である。係留気球による観測が難しい市街地での観測では、アイセーフレーザを用いた紫外ライダーシステムなどが活用できると考えられる。例えば、本報告書では触れないが、サブミクロン粒子よりもさらに大きなミクロン粒子である黄砂現象の動態解明には、ライダー観測が重要なアプローチの一つであることが分かっている。その理由は、気象庁の発表する黄砂現象が目視をベースにしているのに対して、目視では捉えられない“希薄な”黄砂イベントも光学観測ならば検出ができるからである。見た目に視程障害を伴わないような希薄な黄砂イベントも、人への健康影響が疑われる指摘があり<sup>6)</sup>、最新の観測技術の有効な活用は、新しい知見の獲得に繋がる。以上のように、必ずしも係留気球を使った観測のみに固執するわけではなく、捉えたい現象の特性を予め十分に精査し、人間生活圏・森林圏の様々な環境条件下におけるガス状・粒子状の汚染物質の動態把握につながる手法の開拓を進めていきたいと考えている。

### 4. 謝辞

観測の実施にあたりご配慮を賜りました京都大学・生存圏研究所の橋口浩之先生と古本淳一先生に感謝申し上げます。エアロゾル計測機器の一部は、国立極地研究所・塩原匡貴先生より拝借致しました。エアロゾル計測は、京都大学・生存圏研究所の宮脇力さん、松田真さんにご助力頂きました。さ

らに、アルバイト募集広告を見つけて観測補助作業に参加して下さった、京大の堀田耕平さん（修士1回生（学生は当時。以下同じ））、田中裕規さん（学部3回生）、坪井彩さん（修士1回生）、曳地京さん（学部1回生）にもお礼申し上げます。係留気球の飛揚作業は、株式会社銀星アド様のご協力を得ました。

## 参考文献

- 1) IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change): Climate Change 2007: The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K.B., Tignor M., and Miller, H.L., eds., p. 996, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2007.
- 2) Seinfeld, J. H., and S. N. Pandis, Atmospheric chemistry and physics, Wiley Interscience, New York, 1998.
- 3) U.S. EPA. Air Quality Criteria for Particulate Matter, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, EPA 600/P-99/002aF-bF, 2004.
- 4) Task Group on Lung Dynamics, Health Physics., 12, 173-223, 1996.
- 5) International Commission on Radiological Protection: Human respiratory tract model for radiological protection. ICRP Publication 66. Ann. ICRP, Vol. 24, Nos 1-3. Elsevier Science Ltd, Oxford, 1994.
- 6) Kanatani K. T., I. Ito, W. K. Al-Delaimy, Y. Adachi, W. C. Mathews, J. W. Ramsdell, Toyama Asian Desert Dust and Asthma Study Team: Desert Dust Exposure Is Associated with Increased Risk of Asthma Hospitalization in Children, Am. J. Respir. Crit. Care Med., Vol 182. pp 1475-1481, 2010.

## 木竹酢液のウイルス不活化物質の探索\*

山元 誠司<sup>1,2,\*\*</sup>, 丸本 真輔<sup>1,\*\*</sup>, 西村 裕志<sup>1</sup>, 尾野本 浩司<sup>2,\*\*\*</sup>, 谷田貝 光克<sup>3</sup>,

矢崎 一史<sup>1</sup>, 藤田 尚志<sup>2</sup>, 渡辺 隆司<sup>1,\*\*\*\*</sup>

## Screening and identification of virus inactivators from wood and bamboo pyroligneous acids\*

Seiji P. Yamamoto<sup>1,2,\*\*</sup>, Shinsuke Marumoto<sup>1,\*\*</sup>, Hiroshi Nishimura<sup>1</sup>, Koji Onomoto<sup>2,\*\*\*</sup>, Mitsuyoshi Yatagai<sup>3</sup>, Kazufumi Yazaki<sup>1</sup>, Takashi Fujita<sup>2</sup> and Takashi Watanabe<sup>1,\*\*\*\*</sup>

### 概要

地球温暖化や輸送手段の広域・高速化により、人畜に有害な病原体が広汎かつ迅速に伝播していることは大きな社会問題の一つとなっている。本研究では、再生産可能な木質・森林バイオマスの変換により人の健康や生活に寄与する有用な物質を生産するという新しい研究領域を開拓することを目的とし、木竹酢液の抗ウイルス活性について検討を進めている。木竹酢液は、木竹炭を製造する際に副次的に得られ、セルロース、ヘミセルロースおよびリグニンの熱分解生成物などを含有する。木竹酢液は殺菌をはじめとする様々な生理活性を有することが報告されており、ウイルスなどの病原体の駆除にも有用なバイオマスである可能性が考えられるが、木竹酢液の抗ウイルス活性については十分な科学的根拠が示されているとは言い難い。本研究では、近年、日本や韓国をはじめとして各国で猛威をふるっている口蹄疫ウイルスなどに対する消毒薬を木竹酢液から生産することを視野に入れて、木竹酢液の抗ウイルス活性試験を行い、木竹酢液の消毒薬への応用の可能性と木竹酢液に含有される抗ウイルス活性物質の探索を行った。平成23年度は、口蹄疫ウイルスと同じピコルナウイルス科に属する脳心筋炎ウイルス EMCV を用いて、竹酢液の抗ウイルス活性成分などを解析した。即ち、竹酢液のウイルス不活化活性を示す部分精製物の主要構成成分をすべて明らかにして、化学合成品を用いてウイルス不活化活性フラクションを再現した。さらに、再構築した成分再現液から一成分を除く方法により、ウイルス不活化活性に影響を与える化合物を解析し、ウイルス不活化にフェノールが大きく関与していることを明らかにした。また、フェノール単独のウイルス不活化活性が、部分精製物の活性より低いことから、フェノールと相乗的にウイルス不活化活性を高める物質の存在を明らかにし、酢酸がフェノールのウイルス不活化活性を増強することを示した<sup>1)</sup>。

\* 2012年11月27日受理

\*\* 両著者は、等しく本稿に寄与している。

\*\*\* 現所属：千葉大学真菌医学研究センター

\*\*\*\* E-mail: twatanab@rish.kyoto-u.ac.jp

<sup>1</sup> 〒611-0011 宇治市五ヶ庄 京都大学生存圏研究所

<sup>2</sup> 〒606-8397 京都市左京区聖護院川原町 京都大学ウイルス研究所

<sup>3</sup> 秋田県立大学名誉教授、東京大学名誉教授

## 1. 研究の背景と目的

近年、光合成によるバイオマス資源が再生可能な持続資源として有望視されており、その 90%以上を占める木質・森林バイオマスから得られるバイオエネルギーや化成品が脚光を浴びている。注目すべきは、木質バイオマスを資源として利用する過程において産出される副次的な天然物もまた有用であることである。そのひとつとして、様々な生理活性を有する木竹酢液が挙げられる。木竹酢液の基となる粗木竹酢液は、広葉樹や針葉樹、タケ類などの木竹材を炭化炉や乾溜炉により炭化する際に生じる排煙を冷却・凝縮させることで得られる液体である。粗木竹酢液を 90 日以上静置すると三層に分離し、その上層の軽質油ならびに下層の沈降タールを除いた中間層が木竹酢液と呼ばれる pH 1.5~3.7 の液体である。これには、木竹材を構成する主要三成分であるセルロース、ヘミセルロースおよびリグニンの熱分解生成物が溶け込んでおり、これには酢酸を主とする有機酸類、アルコール類、エーテル類、アルデヒド類、ケトン類、フェノール類、アミン類、スルホン類ならびにその他の中性成分等、200 種類以上が含まれる<sup>2)</sup>。木酢液の効能については古くから研究されており、農業など多方面で利用されてきた。木酢液は、イネいもち病やトマト灰色カビ病をはじめとした様々な農作物病害生物の防除に有効である。また、木酢液はトマトモザイクウイルスを完全に不活性化することも見出されており、ウイルスに対しても効果がある点で、木酢液と農薬は決定的に異なる<sup>3)</sup>。このように、木竹酢液の確かな効能は認められてきたものの、品質の不安定性、燃料革命による炭需要の減少、農薬や化学肥料の出現により木竹酢液はあまり注目されなかった。しかしながら、環境に配慮した生産活動が求められる現在、バイオマス資源より生産される木竹酢液の有効性は再認識されるべきであろう。我々は、木竹酢液の有する抗ウイルス効果に着目し、それが口蹄疫などのウイルス感染症予防に活用できるのではないかと考えた。

2010 年春、家畜伝染病である口蹄疫が日本では 10 年ぶりに宮崎県で発生し、29 万頭の牛や豚が殺処分されたことは記憶に新しい。口蹄疫は、ピコルナウイルス科の口蹄疫ウイルス (foot-and-mouth disease virus: FMDV) による牛、豚、羊などの偶蹄目の感染症である。FMDV 感染による致死率こそ低いものの、その高い伝播性や罹患した動物の生産性減少のため、患畜は全て速やかに殺処分される。したがって、FMDV 感染においては予防対策が極めて重要である。現在、FMDV 感染予防法としては地面への消石灰散布が基本的に推奨されている。木竹酢液は、農業において植物の生育を促進させるために使用することからも環境への悪影響は少ないと考えられ、さらに、その人畜等に対する安全性もラットへの経口投与実験 (急性毒性試験および 90 日反復毒性試験) などにより評価されている。基本的に FMDV は pH 7 以下において不安定であるため、酸性の木竹酢液処理によりウイルスは感染力を喪失するであろう。したがって、木竹酢液は FMDV 消毒薬の候補となりうることに疑いの余地はないが、木竹酢液の酸以外の複合的な成分が直接ウイルスに作用、または細胞に作用することで抗ウイルス効果を発揮する可能性も十分に考えられる。しかしながら、上述したように、FMDV は pH 高感受性であるため、酸以外の抗ウイルス化合物探索には適さない。実際には、生ウイルスの使用自体が日本では動物衛生研究所を除いて禁じられている。一方、脳心筋炎ウイルス (encephalomyocarditis virus: EMCV) は FMDV と同じピコルナウイルス科でありながら pH 3~9 にて安定であり、マウス細胞やヒト細胞だけでなく、マウス個体を用いた感染実験にも使用できる。すなわち、EMCV を用いることで、木竹酢液の酸以外の抗ウイルス効果が分子レベルで解析可能となる。本研究では EMCV を FMDV のモデルウイルスとして使用し、木竹酢液のもつ潜在的な抗ウイルス作用を検討し、その活性物質を同定することを目的とする。

## 2. 研究の結果および考察

木竹酢液は材料、産地および製造法の違いによりその組成が異なる。木酢液を用いた EMCV 不活化実験では、木竹酢液と混合して一時間反応させた EMCV の感染性が低下するか否かを検討した。その結果、ウバメガシ (A)、ミズナラ (B)、モウソウチク (C)、アカマツ (D) 由来の木竹酢液 (図 1a) が

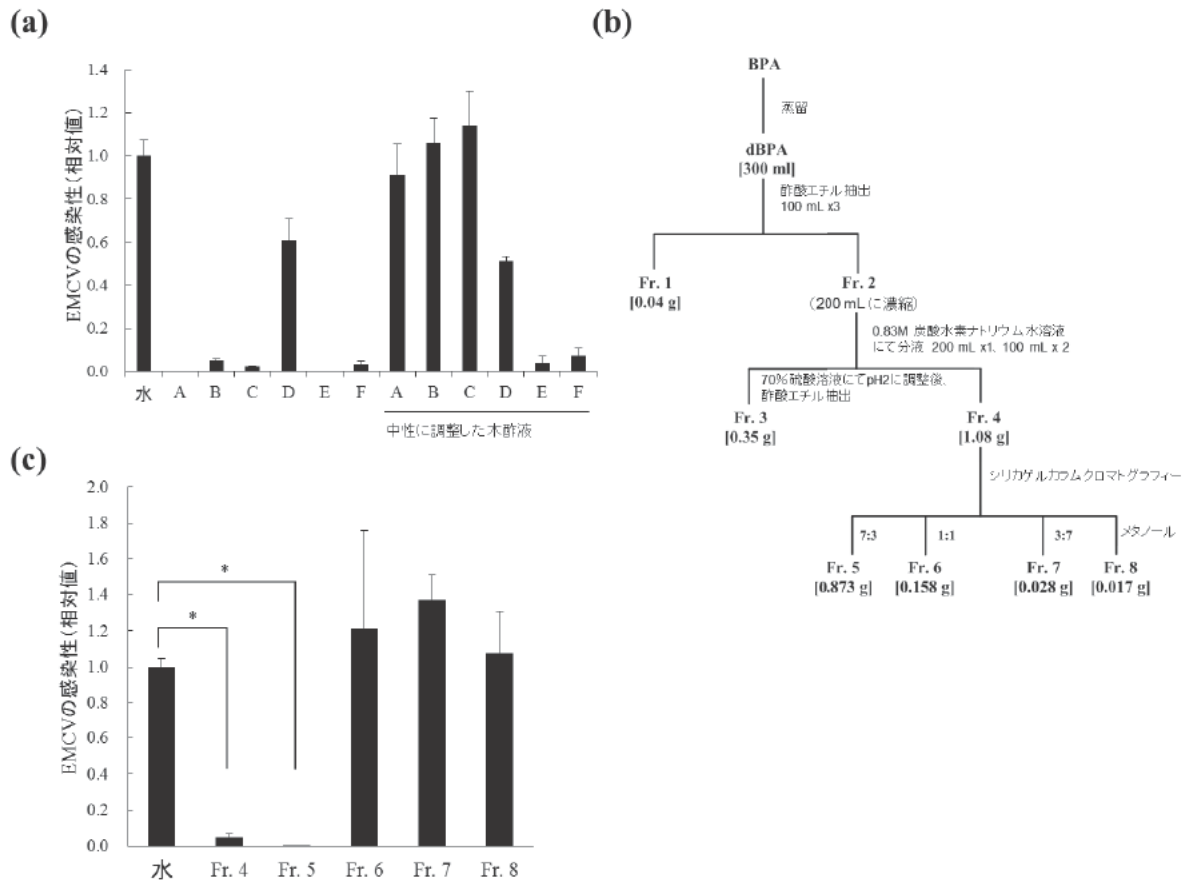


図1: 木竹酢液のウイルス不活化活性と分画。

a) 木竹酢液原液 (A:ウバメガシ、B: ミズナラ、C:モウソウチク、D:カラマツ) ならびに炭酸水素ナトリウムにより中和した中性木竹酢液のウイルス不活化活性。EMCV をそれぞれの木竹酢液と混合し、室温で 1 時間反応後、L929 細胞に感染させた。感染後 6 時間で細胞から RNA を回収、逆転写後、EMCV 特異的プライマーならびに SYBR Green を用いた定量 RT-PCR により細胞中の相対的ウイルス RNA 量を算出した。(b) 竹酢液 (bamboo pyroligneous acid: BPA) の分画スキーム。蒸留した竹酢液 (distilled BPA: dBPA) を酢酸エチルならびにシリカゲルカラムクロマトグラフィーにて分画した。シリカゲルカラムクロマトグラフィーはヘキサン:酢酸エチル 7:3、1:1、3:7 および 100%メタノールで順次溶出した。(c) 竹酢液画分のウイルス不活化活性。竹酢液の画分 (fraction: Fr.) 4~8 を用いて、上記と同様のウイルス不活化実験を行った。\*はステューデント *t* 検定によって  $P < 0.05$  であることを示す。

EMCV の感染性を 1/10 以下に低下させるウイルス不活化活性を有するのに対し、アカマツ由来の木竹酢液 (図 1a D) にはその活性が認められなかった (図 1a)。

そこで、細胞毒性が最も低かったモウソウチク由来の竹酢液 (データ示さず) を図 1b に示す通りに分画し、それぞれの分画のウイルス不活化活性を上記と同様の方法にて検討した。その結果、蒸留竹酢液を酢酸エチル (EtOAc) にて親水性 (Fr. 1) と疎水性 (Fr. 2) に分離し、Fr. 2 をさらに 0.83 M 炭酸水素ナトリウム水溶液ならびに EtOAc にて抽出した疎水性画分

表 1: Fr. 5 ならびの再構築した Fr. 5 の構成因子とその濃度。

No.	化合物	Fr. 5		再構築した Fr. 5	
		相対量 (%)	濃度 (mg/mL) <sup>a</sup>	相対量 (%)	濃度 (mg/mL) <sup>a</sup>
1	フルフラール	1.6	10.5	3.0	15.1
2	2-メチル-2-シクロペンテン-1-オン	0.3	0.8	0.4	1.4
3	アセチルフラン	1.0	6.2	2.0	8.2
4	5-メチルフルフラール	0.6	4.4	1.1	5.5
5	フェノール	35.5	155.0	25.0	98.0
6	o-クレゾール	4.3	23.5	4.3	33.0
7,8	m- およびまたは p-クレゾール	9.8	53.0	16.2	58.7
9	グアイアコール	29.0	100.0	23.8	77.8
10	4-エチルフェノール	8.9	47.5	15.6	52.8
11	4-メチルグアイアコール	6.1	32.1	5.3	35.2
12	4-エチルグアイアコール	2.8	16.5	3.2	18.7
計		100.0	449	100.0	404.3

<sup>a</sup> 内部標準法にて定量

(Fr. 4) は EMCV の感染性を 1/20 程度まで抑制した (図 1c)。また、シリカゲルカラムクロマトグラフィーにて Fr. 4 をさらに 4 つの画分 (Fr. 5~8) に分画したところ、もっとも疎水性の高い Fr. 5 のみに Fr. 4 と同等のウイルス不活化活性が認められた (図 1c)。そこで、この Fr. 5 に含まれる化合物の同定を GC-MS 分析にて試みた。その結果、12 種類の化合物が Fr. 5 の主成分として同定された (表 1)。これらの化合物を、それぞれが Fr. 5 内の濃度になるように再構築した (表 1、図 2 再構築した Fr. 5)。

この再構築した Fr. 5 は、Fr. 5 と同様に EMCV の感染性を 1/20 程度に低下させたことから、Fr. 5 の性状を忠実に反映しているものと考えられる (図 3a All1)。そこでこの再構築した Fr. 5 から、12 種類の化合物をそれぞれ一つずつ差し引いたサンプル (図 3a #1~12) それぞれの活性を検討した結果、フェノール (#5) の除去によりウイルス不活化活性が完全に喪失した (図 3a)。さらに、フェノール以外の化合物を除いてもウイルス不活化活性に大きな変化は見られなかった (図 3a)。このことからフェノールが Fr. 5 中で唯一ウイルス不活化活性を有する化合物であることが示唆された。そこで、Fr. 5 中に存在する濃度のフェノール (EMCV との混合液中では 1%フェノール) を用いて EMCV 不活化実験を行ったところ、Fr. 5 と同様に EMCV の感染性を 1/20 程度に低下させたことから、フェノールが Fr. 5 のウイルス不活化活性に必要・十分であることが明らかとなった (図 3b)。

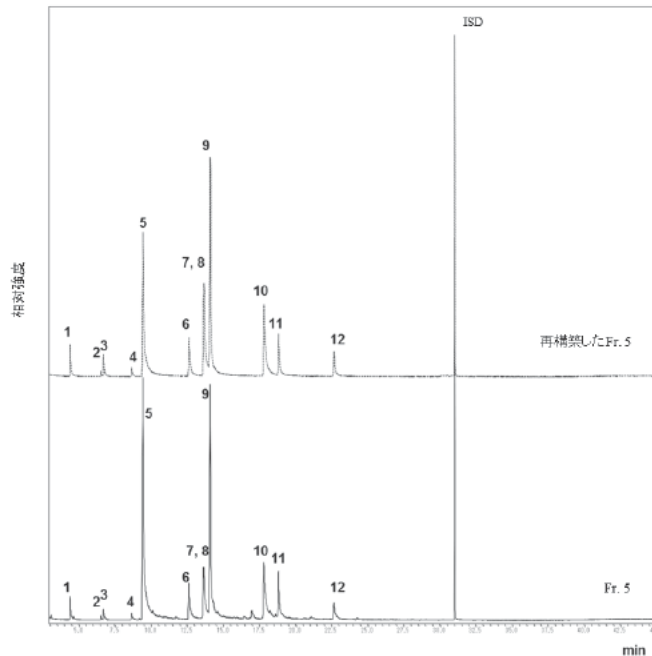


図 2 : Fr. 5 および再構築した Fr. 5 の GC-MS 分析により得られた TIC クロマトグラム。

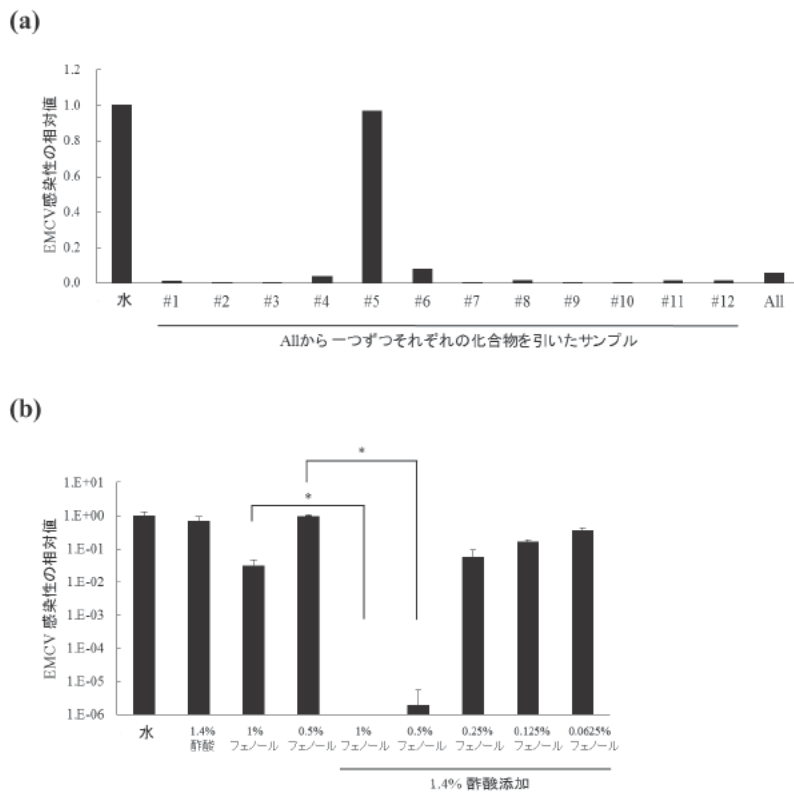


図 3 : ウイルス不活化因子フェノールの同定とその相乗効果

(a) 再構築した Fr.5 のウイルス不活化活性。再構築した Fr.5 (All)、ならびに All より 12 種類の化合物をそれぞれ一つずつ差し引いたサンプル (#1~12) を用いて前述と同様に EMCV 不活化実験を行った。(b) フェノールと酢酸の相乗効果。1.4%酢酸を含有するフェノールの 2 倍希釈系列を用いて前述と同様に EMCV 不活化実験を行った。\*はステューデント t 検定によって  $P < 0.05$  であることを示す。



また、竹酢液は、その主成分である酢酸により酸性の性質を有するため、酢酸が水溶性フェノールのウイルス不活化活性に影響を与える可能性がある。そこで、まず酢酸のみの影響を検討したところ、1.9%以下の酢酸はEMCVの感染性を変化させなかった（データ示さず）。そこで酢酸とフェノールの組み合わせがウイルス不活化活性に与える影響を検討したところ、1%フェノールのみではEMCVの感染性を1/50程度まで低下させるのに対し、1.4%酢酸との組み合わせによってEMCVの感染性は検出限界以下になった（図3b）。また、0.5%フェノールはEMCVの感染性になんら影響を与えなかったが、1.4%酢酸との組み合わせによってEMCVの感染性を10万分の1以下に減少させた（図3b）。これらの結果は、酢酸が水溶性フェノールのウイルス不活化活性を大きく増強することを示している。

では、酢酸とフェノールはどのように相乗効果を発揮しているのだろうか？高濃度のフェノールは蛋白質の変性による沈殿を引き起こすことでウイルスを不活化するが、低濃度のフェノールはウイルス性酵素の活性阻害あるいはそれらをウイルス粒子からの漏出させることでワクシニアウイルスや単純ヘルペス1型を不活化することが報告されている<sup>4)5)</sup>。しかしながら、EMCVをはじめとしたピコルナウイルスはウイルス粒子（キャプシド）内には酵素を含有しておらず、まず細胞内でそのウイルスゲノムRNAから蛋白質が翻訳されなければならない。つまり、ピコルナウイルスのゲノムRNAが宿主細胞の細胞質に入りさえすれば、複製が開始され得る。ピコルナウイルス科のウイルスの中で、メンゴウイルスやFMDVは低pHによってキャプシドの構造が変化することが報告されている<sup>6)7)</sup>。EMCVは低pH条件では細胞に侵入することができないが、pHが中性付近に戻ると感染性が回復する<sup>8)</sup>。これらの報告と合わせて考慮すると、酢酸による低pHによってEMCVのキャプシドの構造が変化、そしてフェノールの変性作用に対し脆弱となり、ウイルスゲノムRNAのウイルス粒子からの漏出が誘引され、結果としてウイルスの感染性が失われているのかもしれない。

上述したように、ウバメガシ、ミズナラ、モウソウチク、アカマツ由来の木竹酢液は中性条件下にてそのウイルス不活化活性を喪失する。すなわち、ウバメガシ、ミズナラとアカマツ由来の木酢液のウイルス不活化活性は、竹酢液の場合と同様にフェノールと酢酸の相乗効果に起因する可能性が考えられた（表2）。

表2：木竹酢液に含まれるフェノールおよび酢酸の含有量。

試料名	樹種	フェノール含有量 (mg/mL)	酢酸含有量 (%)
A	ウバメガシ	0.36	11.9
B	ミズナラ	0.07	2.5
C	モウソウチク	1.20	3.5
D	アカマツ	0.05	1.4

### 3. 今後の展開

今後は、ウイルス不活化物質の探索を様々な木竹酢液について行う。また、インフルエンザウイルス（オルトミクソウイルス科）など、他のウイルスに対する木竹酢液のウイルス不活化活性試験を行い、有効成分の同定を進める。

### 参考文献

- 1) Marumoto, S., Yamamoto, S., Nishimura, H., Onomoto, K., Yatagai, M., Yazaki, K., Fujita, T. and Watanabe, T. Identification of germicidal compound against picornavirus in bamboo pyroligneous acid, J. Agric. Food Chem. 60, 9106-9111. (2012).
- 2) Yatagai, M., Unrinin, G., and Ohira, T. By-products of wood carbonization. IV. Components of wood vinegars. Mokuzai Gakkaishi 34, 184-188. (1988).
- 3) Miyamoto, Y., Takeuchi, T., and Taniguchi, K. [Inactivation of tobacco mosaic virus by "Mokusaku-eki"]. Nihon shokubutsu byorigaku kaihou 27, 261. (1965).
- 4) Klein, M., and Deforest, A. Principles of Viral Inactivation. In Disinfection, sterilization, and preservation, S.S. Block, ed. (Lea & Febiger), pp. 422-434. (1983).

- 5) Prindle, R.F. Phenolic compounds. In *Disinfection, sterilization, and preservation*, S.S. Block, ed. (Lea & Febiger), pp. 197-198. (1983).
- 6) Madshus, I.H., Olsnes, S., and Sandvig, K. Different pH requirements for entry of the two picornaviruses, human rhinovirus 2 and murine encephalomyocarditis virus. *Virology* 139, 346-357. (1984).
- 7) Mak, T.W., O'Callaghan, D.J., and Colter, J.S. Studies of the pH inactivation of three variants of Mengo encephalomyelitis virus. *Virology* 40, 565-571. (1970).
- 8) Racaniello, V.R. Picornaviridae: The viruses and their replication. In *Fields VIROLOGY*, D.M. Knipe, and P.M. Howley, eds. (Lippincott Williams & Wilkins), pp. 795-838. (2006).

## スギ材の空気浄化機能の解明と 木質住環境のヒトへの視覚・生理・心理効果<sup>\*1</sup>

川井 秀一<sup>\*2</sup>、宮越 順二<sup>\*3</sup>、仲村 匡司<sup>\*4</sup>、東 賢一<sup>\*5</sup>、萬羽 郁子<sup>\*5</sup>、  
木村 彰孝<sup>\*2</sup>、中川 美幸<sup>\*2</sup>、辻野 喜夫<sup>\*6</sup>、上堀 美知子<sup>\*6</sup>、大山 正幸<sup>\*7</sup>、  
三宅 英隆<sup>\*8</sup>、藤田 佐枝子<sup>\*9</sup>、中山 雅文<sup>\*10</sup>

## Characterization of Air Purification Function of Japanese Cedar Wood and its Effects on the Visual, Psychological and Physiological Factors in an Indoor Environment<sup>\*1</sup>

Shuichi KAWAI<sup>\*2</sup>, Juniji MIYAKOSHI<sup>\*3</sup>, Masashi NAKAMURA<sup>\*4</sup>,  
Ken-ichi AZUMA<sup>\*5</sup>, Ikuko BAMBA<sup>\*5</sup>, Akitaka KIMURA<sup>\*2</sup>, Miyuki NAKAGAWA<sup>\*2</sup>,  
Yoshio TSUJINO<sup>\*6</sup>, Michiko UEBORI<sup>\*6</sup>, Masayuki OHYAMA<sup>\*7</sup>, Hidetaka MIYAKE<sup>\*8</sup>,  
Saeko FUJITA<sup>\*9</sup>, and Masafumi NAKAYAMA<sup>\*10</sup>

### 概要

近年、スギ材に優れた空気浄化機能があること、その抽出成分にはストレス緩和効果や睡眠内容の改善効果などのあることが見出されている。本研究の目的は、木材、特にスギ材の作用によるヒトへの心理的・生理的な効果を実証し、居住者の健康改善や健康増進に寄与できる新たな居住空間を提案することにある。本報では、スギ材の空気質に関わる特性解明と木質住環境の空気質の分析、さらに、ヒトへの視覚・生理・心理効果の統合的な研究の成果を報告する。

### 1. はじめに

近年、スギ材は他の樹種に比べ優れた空気浄化機能を有すること、特に、木口面は板目面に比べその機能が高いことが明らかとなっている<sup>1)</sup>。その要因として、抽出成分、仮道管有効内表面、含有水分の寄与が考えられているものの、各因子の詳細な機構は解明されていない現状にある。また、スギ材の木口面は板目面に比べ調湿能にも優れていることが知られており<sup>1)</sup>、空気浄化機能と調湿能を活

---

\*2012年11月9日受理

\*1 2012年3月31日作成 本稿は第198回生存圏シンポジウム生存圏科学の新領域開拓—ロングライフイノベーション共同研究—(2012年3月2日)講演要旨に加筆・修正を行ったものである。

\*2 〒611-0011 宇治市五ヶ庄 京都大学生存圏研究所循環材料創成分野

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

\*3 京都大学生存圏研究所生存圏電波応用分野、\*4 京都大学農学研究科、\*5 近畿大学医学部、\*6 大阪府環境農林水産総合研究所、\*7 大阪府立公衆衛生研究所、\*8 大阪府木材連合会、\*9 有限会社ホーム・アイ、\*10 中山倉庫株式会社

かす材料として、繊維方向に対し直交方向にスリット加工を施すことで表面に木口面を露出させた材料（以下「スギスリット材」）が実用化段階にある。しかし、スギスリット材を実大空間へ使用した場合における空気浄化機能と調湿能やヒトに与える作用を検証した例はない。

また、木材の抽出成分である精油にはストレス症状緩和の効果があること<sup>2,3)</sup>や、木材に含まれるセドロールの吸入による睡眠内容の改善などの効果<sup>4)</sup>も確認されているが、木材を居住空間に用いてその効果を確認した既往の研究報告は見当たらない<sup>5)</sup>。

シックハウス症候群や化学物質過敏症などの問題に対処する方法の1つとして、これらの疾病に関連する症状や抑うつ、不安、不眠等を呈する居住者の家屋において、無垢の木材（特にスギ材）による内装仕上げを行ったところ、症状の改善が施工者により観察されている。今後、このような木質住環境のヒトへの効果を科学的に検証することは、現在、人工林面積の43%を占めるスギ材の利用拡大と有効活用を図る上で重要と考える。

本研究の目的は、木材、特にスギ材の作用によるヒトへの心理的・生理的な効果を実証し、居住者の健康改善や健康増進に寄与できる新たな材料の開発や居住空間を提案することにある。本報では、スギ材の空気質に関わる特性解明と木質住環境の空気質の分析、さらに、ヒトへの視覚・生理・心理効果の統合的な実験と解析として、以下に示す5つの課題について報告する。

課題1. 木材の空気汚染物質浄化吸収機能の解明とその強化技術の開発研究

課題2. 木材から放出されるVOCの分析とヒトの生理・心理に及ぼす影響の解析

課題3. 木質住環境の空気質とヒトの生理応答

課題4. 木質住環境の見えと心理評価

課題5. 木材の抽出成分がヒトの健康に及ぼす影響についての細胞レベルでの検証

なお、木材抽出成分は処理する温度や方法によって量や質が変化することが確認されている<sup>6)</sup>。そこで、課題2から4の実験では60℃以下の低温で乾燥したスギ材を用いることで、課題間での条件の統一を図った。

## 2. 木材の空気汚染物質浄化吸収機能の解明とその強化技術の開発研究<sup>7,8)</sup>

### 2.1 本研究の目的

本研究では、形状および乾燥処理方法の異なる試料を用いて二酸化窒素（NO<sub>2</sub>）通気実験を行うことで、スギ材のNO<sub>2</sub>収着における仮道管内表面と抽出成分の影響を検討した。加えて、屋内に設置した保管庫内の天井と壁面にスギスリット材を設置し、実大保存空間としての性能評価を行った。

### 2.2 実験方法

#### 2.2.1 NO<sub>2</sub>収着能の評価

大阪府および熊本県産の約40年生のスギ心材から、形状および乾燥処理方法（天然乾燥、人工乾燥：45℃、45℃遠赤パネル併用、60℃、60℃遠赤パネル併用、105℃）の異なる種々の試料を作成し、含水率約10%に調製した後、実験に用いた。通気実験に用いた試料形状を図1に示す。20℃恒温のインキュベータ内で試料に一定濃度（1,000ppb）のNO<sub>2</sub>を流し（流速560ml/min、56%RH）、試料通過前後のNO<sub>2</sub>濃度の差からNO<sub>2</sub>収着量や収着率等を算出した。

#### 2.2.2 保存空間の評価

供試保管庫の仕様を図2に示す。実験には床面に合板を使用した亜鉛メッキ鋼板製の保管庫（幅1,560×奥行1,840×天井高1,975mm、壁面4ヶ所に通気口あり）を用いた。スギスリット材は天然乾燥した和歌山県産スギ板目材にスリット加工（凹部幅6、凸部幅7、深さ6mm）を施したものをを用い、その使用量は未使用、天井のみ使用、天井と壁3面に使用の3条件とした。また、床材による影響を検証するため、表面にビニルシートを施工した条件を設けた。計5種類の保管庫内における温湿度とアルデヒド類の測定、金属暴露試験を1年間（2011年1月7日から2012年1月6日）行い、保存空

間におけるスギスリット材の及ぼす影響を検討した。





	木粉	小片	板状木口試験片	円盤状木口試験片
試料				
形状	粒径:0.151~0.25、 0.251~0.5、 0.51~1.0mm	直方体状 L方向:1.5、3.0、5.0mm	R方向:50mm T方向:100mm L方向:1.5、3.0、5.0mm	L方向:1.5mm 直径:10mm
産地	大阪府	大阪府	熊本県	熊本県

図1：試料形状






					
	C1	C2	W1	W2	W3
天井	鋼板	鋼板	スギスリット材	スギスリット材	スギスリット材
壁	鋼板	鋼板	鋼板	鋼板	スギスリット材
床	合板	ビニルシート	合板	ビニルシート	ビニルシート

図2：供試保管庫の仕様

## 2.3 結果および考察

### 2.3.1 NO<sub>2</sub> 収着能の評価

NO<sub>2</sub> ガスを仮道管内に通過させた試料(円盤状木口試験片)と仮道管横断面上を通過させた試料(板状木口試験片)の単位時間・重量当りのNO<sub>2</sub> 収着量を図3に示す。円盤状木口試験の収着量は板状木口試験片よりも6倍以上多いことから、仮道管内表面における寄与が高いことが明らかになった。さらに、収着量はガスと接触可能な仮道管内表面積に依存すること、収着は木口面からL方向約3mmの範囲で生じ、木口面表面に近いほど効果が大いこと等が示唆される結果を得た。

各乾燥処理方法における脱抽出処理前後のNO<sub>2</sub> 収着率を図4に示す。処理前は、低温処理した試料ほど収着率は高くなる傾向を示したが、処理後では各収着率に有意な差が認められなかったことから、収着量は抽出成分量に依存することが考えられた。

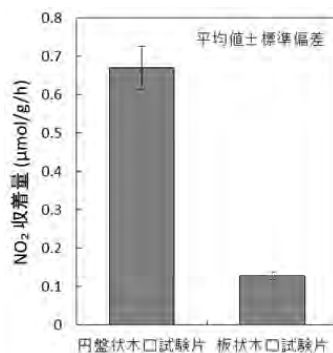


図3：ガス接触環境の異なる試料のNO<sub>2</sub> 収着量

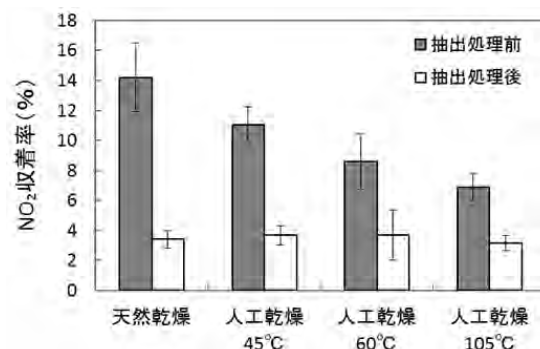


図4：各乾燥処理方法における脱抽出処理前後のNO<sub>2</sub> 収着率 (遠赤パネル使用は除く)

### 2.3.2 保存空間の評価

代表例として、梅雨（2011年5月22日から7月8日）における保管庫の気積（5.67m<sup>3</sup>）に対するスギスリット材の使用面積比と湿度変化率（保管庫内日較差/倉庫内日較差×100）の関係を図5に示す。スギスリット材使用量の増加とともに調湿能は高くなる傾向を示し、高い相関を得たことから、スギスリット材による調湿機能を実大保存空間においても確認することができた。また、本実験期間内において、アルデヒド類濃度は時間経過に従って濃度の低下、金属保存状態は保管庫間で大差が認められなかったことから、今後継続して観察を続ける予定である。

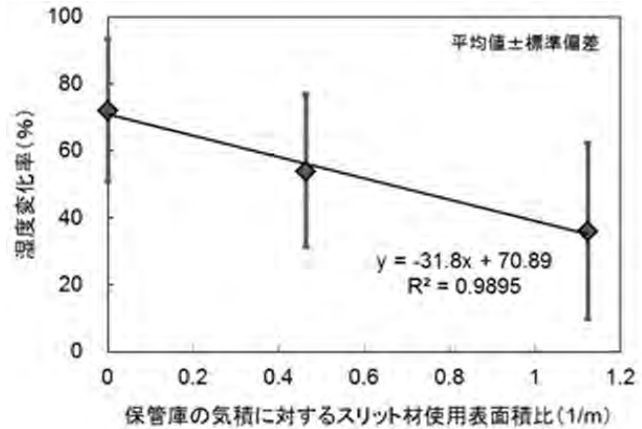


図5：梅雨における保管庫内へのスギスリット材使用量と湿度変化率の関係

注) 湿度変化率：各保管庫内における日較差/倉庫内日較差×100、梅雨：2011年5月22日から7月8日

## 3. 木材から放出される VOC の分析と人の生理・心理に及ぼす影響の解析<sup>9,10)</sup>

### 3.1 本研究の目的

木材から放出される VOC の分析と人の生理・心理に及ぼす影響の解析に関する一連の研究のうち、本報では、スギ材を居住空間に用いた場合の居住者の心理的・生理的な影響について検討することを目的とし、被験者実験を実施した。

### 3.2 実験方法

#### 3.2.1 供試空間と被験者

各室の内装を図6に示す。実験は2011年2月に、スギ材による内装を施したスギ環境室と隣接する対照室（5,075×3,630×2,555mm）で行った。スギ環境室には奈良県黒滝産スギ材（55℃人工乾燥）を用い、内装木材量は等しく配置場所や使用部位が異なる3条件とした。被験者は健康な成人男性6名と女性7名（年齢：22.8±1.6歳）とした。なお、本実験は京都大学大学院農学研究科実験倫理小委員会の承認により実施した。

#### 3.2.2 実験の手順

実験手順を図7に示す。対照室、スギ環境室（15分）、対照室の順に移動し、各室の臭気および温熱環境に対する主観評価とスギ環境室への介入前後に対照室において唾液アミラーゼ活性による生理指標と POMS（Profile of Mood States）による心理指標を測定した。



図6：実験室の内装

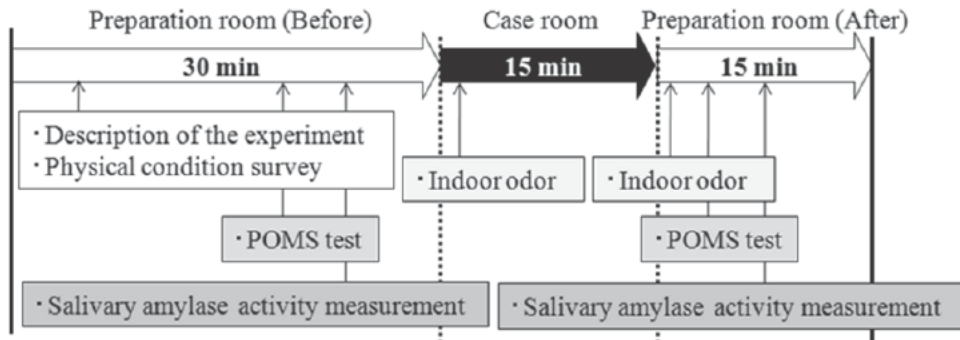


図7：実験手順

### 3.3 結果および考察

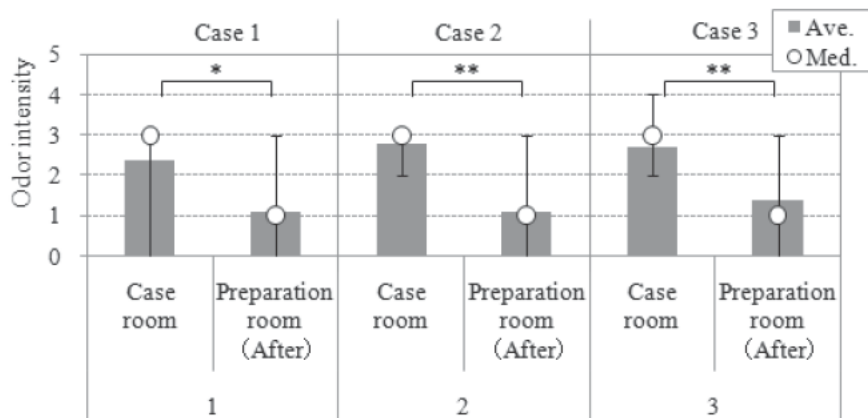
室内の臭気強度を図8、室内臭気快不快度を図9に示す。臭気強度（「0：無臭」～「5：強烈なにおい」6段階尺度）はスギ環境室が「3.楽に感知できるにおい」程度と対照室に比べて有意に高く、臭気快不快度（「-4：極端に不快」～「+4：極端に快」9段階尺度）も有意に快適側だった。実験条件による違いはみられず、いずれの条件においてもスギ環境室のにおいは対照室に比べてスギ材のにおいによって被験者には快適に感じられていたと考えられる。

POMSによる感情プロファイル検査結果を図10に示す。「活気（V）」を除く5項目が条件1および2で有意に減少しており、「疲労（F）」は全ての条件で減少していた。本実験と同条件下で行なった見た目の印象評価実験より、条件3は条件1や2に比べて快適感が低く、「気が散る」などと評価されていたこと<sup>3)</sup>が影響したと考えられるが、変化率（入室後/入室前）については実験条件による有意差はみられなかった。

唾液アミラーゼ活性の結果を図11に示す。スギ環境室への入室前後や条件による有意差はなく、本実験条件ではスギ材設置による生理反応への影響は確認できなかった。

各条件下における空気質分析の結果を表1に示す。条件による違いはみられなかったが、スギ環境室からはβ-オイデスマール（2.6～3.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）が特異的に検出されたことが分かった。なお、セドロールは検出限界以下であった。また、条件2のスギ環境室においてトルエン濃度が厚生労働省の指針値（260 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）を超えており、対象室も条件1や3に比べて高かったことから、外気および実験室周辺の環境からの影響等考えられるが、本研究においては被験者の実験室への入室時間は短時間であり被験者の健康に及ぼす影響はなかったと考えられる。

以上の結果から、スギ環境室と対照室では、臭気強度や臭気の快・不快度に違いがみられ、スギ環境室への入室前後では、POMSによる心理的指標に違いがみられた。心理的指標には見た目の印象の違いが影響することも示唆された。本実験では、生理的指標との関連性はみられなかったが、実験条件や統制方法を見直し引き続き検討を行なう予定である。



※ Bonferroni-adjusted Wilcoxon matched-pairs signed-rank test \* $p < 0.05$  \*\* $p < 0.01$

図8：室内臭気強度

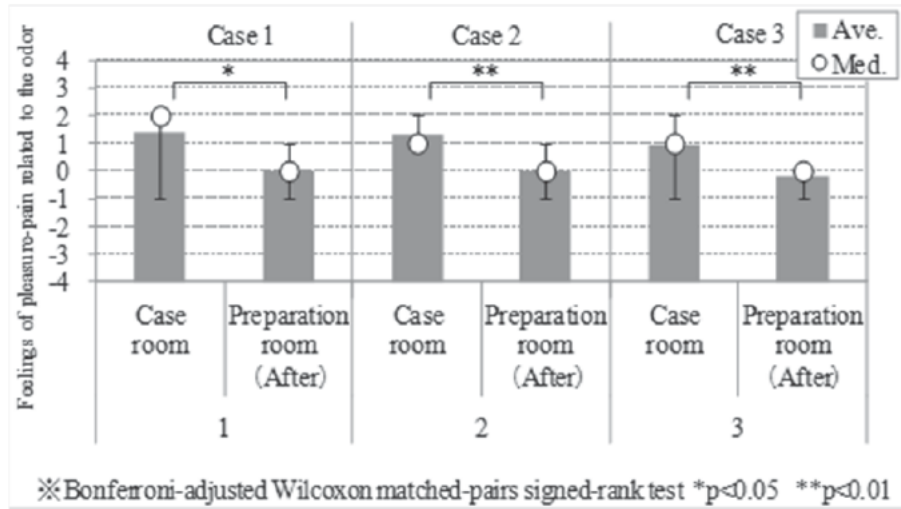


図9：室内臭気快不快度

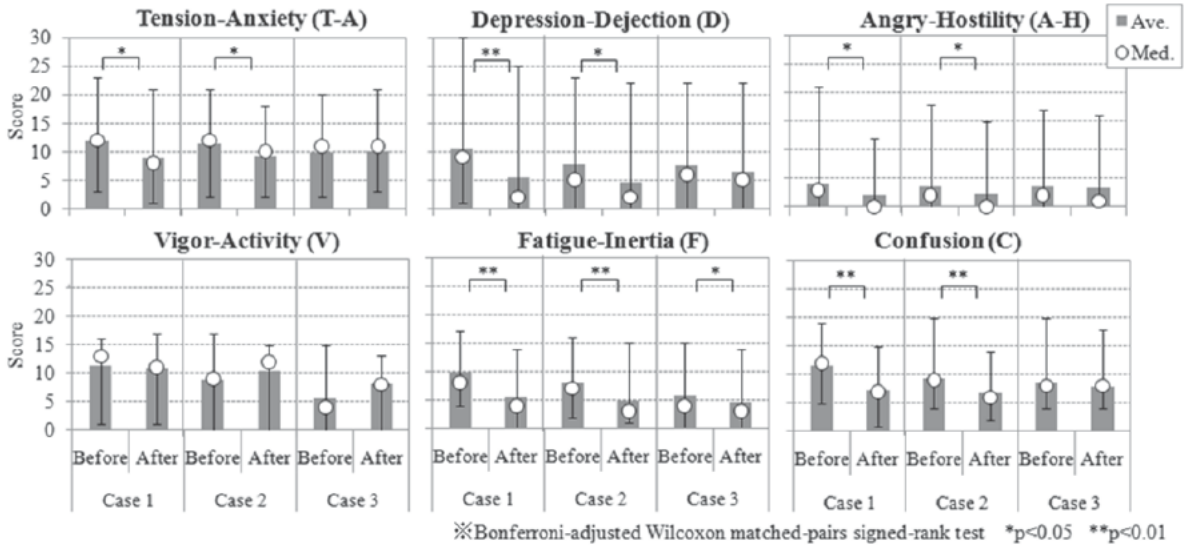


図10：POMSの結果

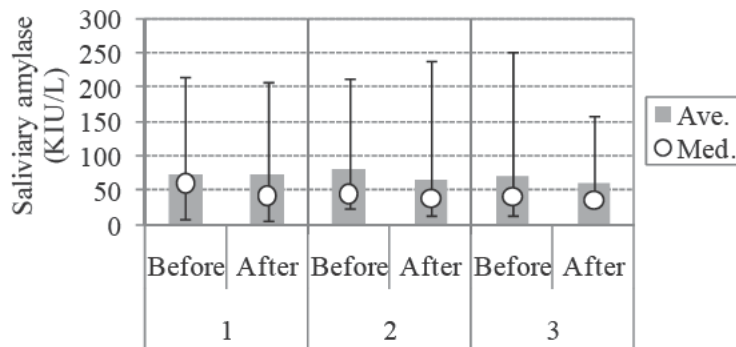


図11：唾液アミラーゼ活性値測定の結果



表 1 : 実験室空気質分析の結果

	Case 1		Case 2		Case 3		
	Preparation room	Case room	Preparation room	Case room	Preparation room	Case room	
( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )							
Formaldehyde	6.3	4.9	10.4	13	8.6	11.3	
Acetaldehyde	3.9	5.5	8.8	13.2	5.3	16.5	
VOCs	Aromatic hydrocarbons (Toluene)	47.5 (39.1)	81.5 (75.5)	103.6 (69.5)	332.1 (291.0)	83.1 (35.8)	108 (32.3)
	Aliphatic hydrocarbons	12.6	6.9	25.7	31.8	29.5	39.7
	Terpenes ( $\alpha$ -pinene)	1.8 ( $< 0.5$ )	2.1 (1.5)	2.5 (0.5)	4.4 (2.8)	2 ( $< 0.5$ )	4.7 (3.3)
	Alcohols	15.4	14	14.6	20.9	21.6	25.3
	Ketones	13.9	13.8	28.2	38	25.5	32.2
	Halogens	2.4	1.9	8.4	8.6	9.9	6.9
	Esters	2.9	2.6	20.4	16.7	6.8	7.2
	Aldehydes <sup>※1</sup>	12.7	6.5	7.9	12.2	8.6	10
	TVOC <sup>※2</sup>	230	1400	338	2170	266	1870
$\beta$ -eudesmol <sup>※3</sup>	N.D.	3.4	N.D.	2.6	N.D.	3.8	
Cedrol	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	

※1 Aldehydes include nonanal and decanal, except formaldehyde and acetaldehyde.

※2 TVOC was calculated as the sum total of each quantitative value of 43 components detected within the range from hexane to hexadecane and total of reduced value to the toluene of unknown components.

※3  $\beta$ -eudesmol and cedrol were measured three times in each condition, and the average value was shown in the table.

#### 4. 木質住環境の空気質とヒトの生理応答<sup>11)</sup>

##### 4.1 本研究の目的

スギスリット材を用いた室内空間の居住性、特に空気質とヒトの生理応答に与える影響について明らかにすることを目的としている。一連の研究の中で、ここではスギスリット材の観察による視覚刺激がヒトの生理面に及ぼす影響を明らかにするための基礎的検討のうち、板目材とスリット材を壁面内装に用い、それらの違いがヒトの自律神経活動に与える影響について、心理面との対応を含めて報告する。

##### 4.2 実験方法

###### 4.2.1 供試内装

実験室内の配置を図 12、壁面内装のデザインを図 13 に示す。熊本県小国産スギ (45°C人工乾燥) の板目材とスリット材 (凹部幅 6・凸部幅 7・深さ 6mm) を用いたパネルを各 3 種類作成した。これらのパネルによりデザインの異なる 3 種類 (Type1~3) の壁面内装を実験室 (幅 3,630×奥行 5,075×天井高 2,555mm) 内に作成し、比較対照として未施工の壁面の実験室を加えた計 7 種類の壁面内装を実験に用いた。なお、実験室内の温湿度は 24°C・50%、照度は 800lx に調整した。

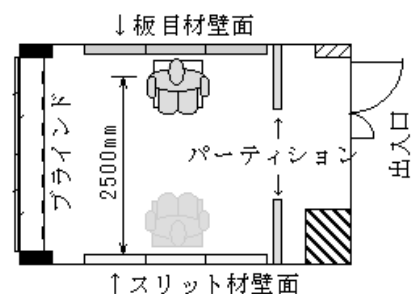


図 12 : 実験室内の配置

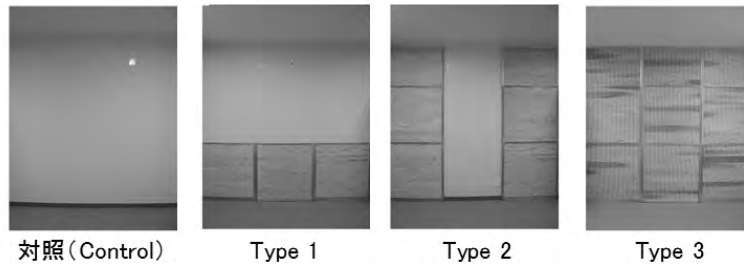


図 13：壁面内装のデザイン

#### 4.2.2 被験者

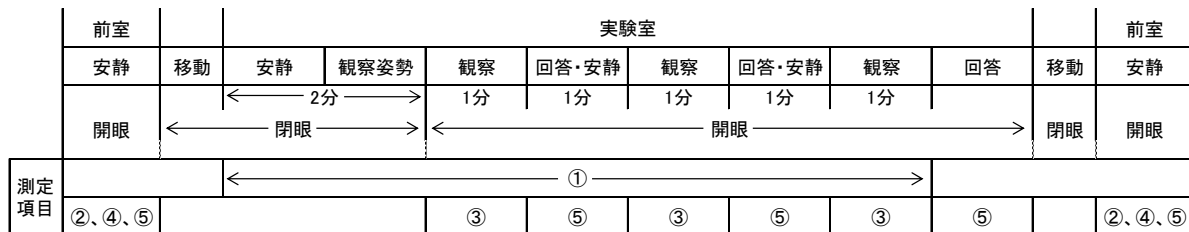
健康かつ裸眼もしくはソフトコンタクトレンズ装用で正常な視力（視力：1.2±0.4）を有する男性 11 名（年齢：22.6±1.7 歳）とした。なお、本実験は京都大学大学院農学研究科実験倫理小委員会の承認により実施した。

#### 4.2.3 測定項目

自律神経活動の指標として、脈拍数と収縮・拡張期血圧、心拍 R-R 間隔、唾液アミラーゼ活性を測定した。また、心理面の状態を POMS 短縮版（Profile of Mood States-Brief Form）により調べた。

#### 4.2.4 実験の流れ

実験の流れを図 14 に示す。まず、前室にて車椅子に座った状態で各種センサを取り付け、質問紙への回答と唾液の採取を行った。次に、臭気遮断用の活性炭マスクを装着し、閉眼状態で車椅子にて実験室へ移動した。実験室内では、閉眼・安静をとらせた後、観察姿勢により開眼を促すことで刺激の提示を開始した。刺激の提示は、観察と質問紙への回答・安静を 3 回繰り返すことで行った。刺激提示終了後、閉眼状態で前室へ移動し、質問紙への回答と唾液の採取を行った。



①: 脈拍数、血圧、心拍変動性、②: 唾液アミラーゼ活性、③: 視線追跡、④: POMS短縮版、⑤: その他質問紙

図 14：実験の流れ（5. の測定項目を含む）

#### 4.3 結果および考察

刺激提示前後における収縮期血圧の変化を図 15 に示す。自律神経活動の測定結果のうち、代表例として刺激提示前後における収縮期血圧の変化をみると、Control の壁面では刺激提示後に上昇する傾向がみられたのに対し、スギ材を用いた壁面では低下する傾向がみられた。壁面デザイン毎にみると、Type 1 では刺激提示前に比べ有意に低下したのに対し、Type 2・3 では板目材を用いた壁面において全体として有意な低下は認められず、スリット材を用いた壁面では有意に低下した。

POMS 短縮版において測定される 6 つの指標のうち、入室前後における「活気 (V)」 T 得点の変化量を図 16 に示す。壁面デザイン毎にみると、Type 1 では同等の得点を示したのに対し、Type 2・3 ではスリット材は板目材に比べ低い得点となる傾向を示した。

本実験の結果から、板目材とスリット材を用いた壁面では異なる自律神経活動および気分・感情の変化を示すこと、スギ材使用量やデザインの条件により、スリット材壁面は板目材壁面に比べ生体を鎮静状態とすること、つまり視覚ストレスを緩和する可能性が示唆された。

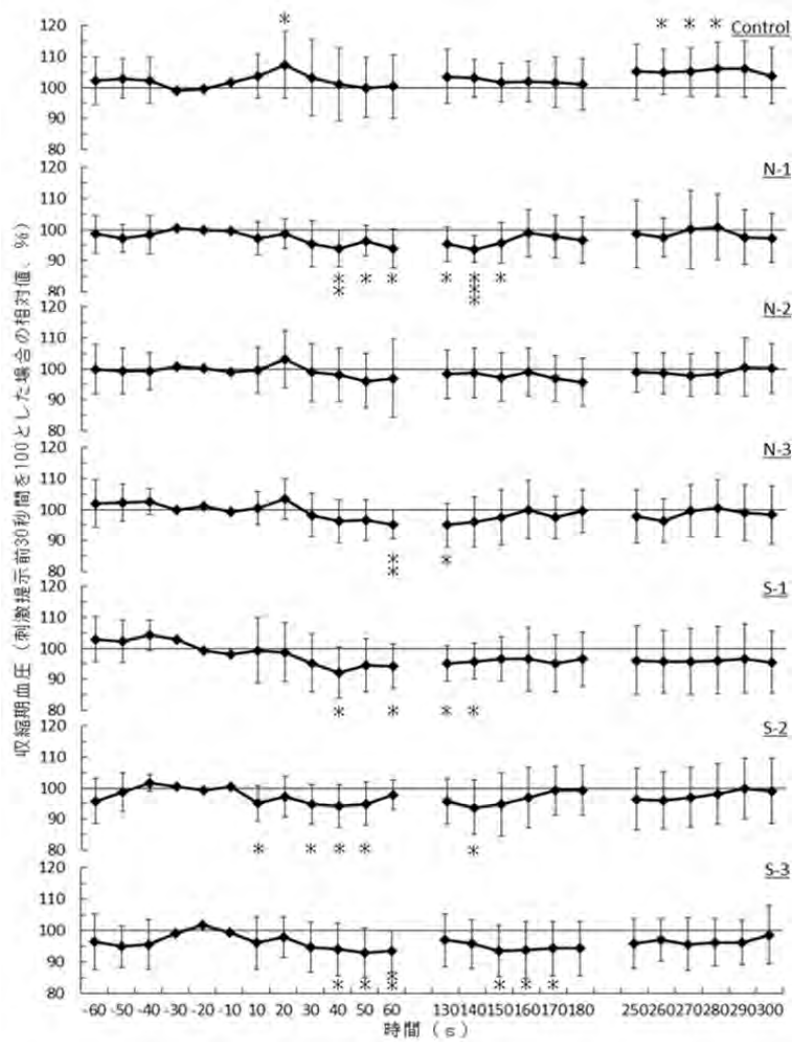


図 15：刺激提示前後における収縮期血圧の変化

注) N：スギ板目材、S：スギスリット材、1-3：Type1-3、n=10-11、平均値±標準偏差、\*：p<0.05、\*\*：p<0.01、\*\*\*：p<0.001（対応のある t 検定：刺激提示前 30 秒間の平均値と刺激提示後の測定値との間）

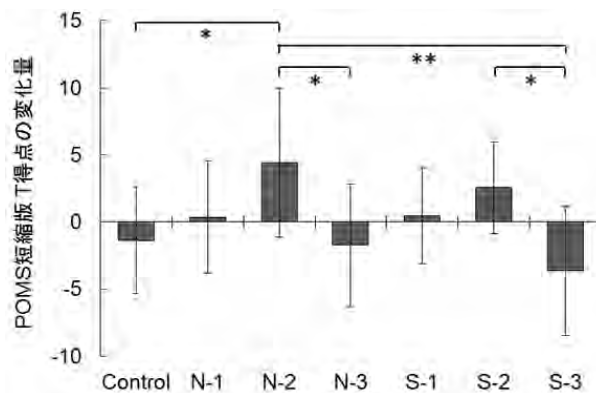


図 16：入室前後における POMS 短縮版「活気 (V)」T 得点の変化量

注) N：スギ板目材、S：スギスリット材、1-3：Type1-3、n=11、平均値±標準偏差、n=11、\*：p<0.05、\*\*：p<0.01（Tukey HSD の方法）

## 5. 木質住環境の見えと心理評価<sup>12)</sup>

### 5.1 本研究の目的

スギスリット材の空気浄化機能や調湿性能を住空間において存分に発揮させるには、スリット加工された面を内装側にあらわしにする必要がある。この場合、スリットによる陰影が観察者の視覚に周期的な図地反転を引き起こす可能性があり、せつかくの木材による意匠が阻害されるだけでなく、居住者に視覚的な不快感やストレスを与えてしまう恐れがある。本研究では、スギスリット材を実空間の壁面意匠として設置し、これを観察する被験者の視線の動きを追跡するとともに壁面の見た目の印象を申告させ、スリットの無い場合との比較を行った。

### 5.2 実験方法

#### 5.2.1 供試内装と被験者

供試内装は4.と同様とした(図13参照)。また、被験者は裸眼もしくはソフトコンタクトレンズ装用で正常な視力(視力:1.2±0.4)を有する男性11名(年齢:22.6±1.7歳)とした。なお、本実験は京都大学大学院農学研究科実験倫理小委員会の承認を得て行われた。

#### 5.2.2 内装観察

臭気遮断のためのマスクを着用した被験者は、閉眼状態で車椅子にさせられ、各内装室に誘導された。開眼指示後、被験者は2500mmの距離から1分間眼前の壁面を自由に観察した。その間の被験者の視線の動きが被験者の頭部に装着されたアイマークレコーダ(ナック、EMR-8)で記録された。続いて被験者は、現在の目の疲労感や心理状態に関する自己評価を行った。1分間の自由観察と自己評価を3回繰り返し、最後に内装の見た目の印象に関する主観評価(両極尺度、7段階評価)を行った被験者は、閉眼状態で内装室を退室した。これら実験プロトコルの詳細は、図14の通りである。

#### 5.2.3 停留点解析

アイマークレコーダが記録した被験者の視線の位置情報に基づき、自由観察中に視線が0.1秒以上留まった点を被験者の注意が向けられた停留点とし、その位置(座標)と停留時間を抽出した。ここでは、各内装における平均停留回数、停留点分布の面積および細長比、停留点移動長を算出し、木内装におけるスリットの有無の影響を比較した。

### 5.3 結果および考察

各供試内装における停留点の分布範囲を図17、停留点分布の面積を図18、停留点の移動量を図19に示す。Type1~3の木内装は対照内装に比べて停留回数が多く、停留点分布が扁平で、停留点の移動量が大きかった。しかし、壁面デザインが同じ場合、スリットの有無が停留回数や停留点分布に及ぼす影響は小さかった。

また、木材を壁面全体に貼ったType3の場合、スリットがある方が無い場合よりも停留点の分布面積および移動量が増加する傾向にあった。

各内装の印象プロフィールを図20に示す。印象評価に及ぼすスリットの有無の影響は全体的に

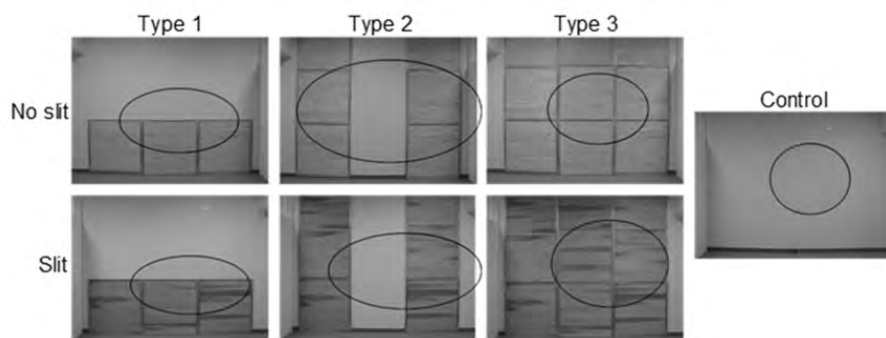


図17：停留点の分布範囲

注) 楕円の中心：停留点分布の重心、楕円の長径：横座標の標準偏差の2倍、楕円の短径：長径に縦横比の平均値を乗じたもの

小さかった。Type 3においては、スリットの無い方が有意に「感じのよい」「好き」「快適」などの好評価を受けたが、スリットのある壁面がマイナス評価を受けたわけではない。

今回の観察条件の場合、あらわしになったスギスリット材は視覚ストレスになりにくい、言い換えると、被験者はスリットの有無にさほど頓着しなかったことが停留点解析および主観評価から示唆された。ただし、スリットによる単純縞パターンは観察距離次第で過剰な視覚刺激となりうるので、今後、観察距離を変えた場合の被験者の反応を調べる必要があると考えている。

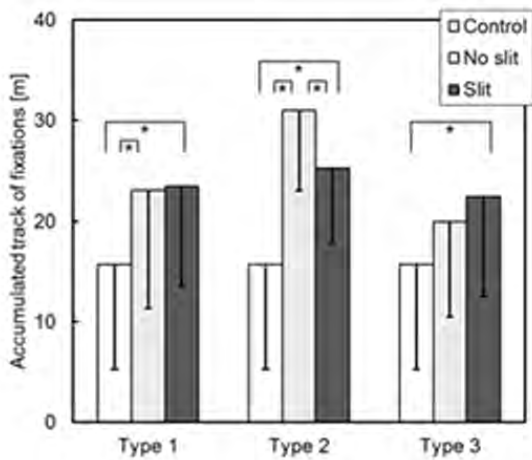


図 18：停留点分布面積の比較

注) \*：危険率 10%未満で有意差有り（片側 t 検定）、エラーバー：標準偏差

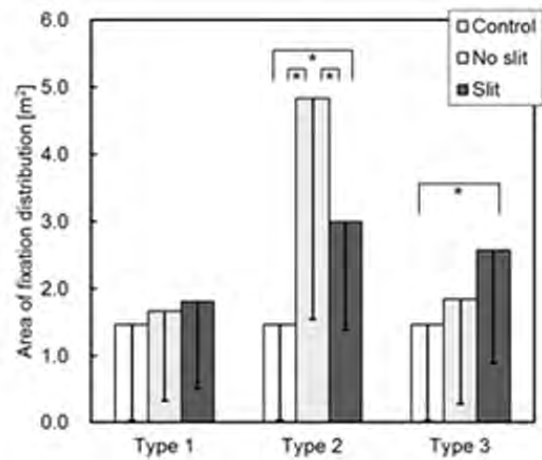


図 19：停留点の移動量の比較

注) \*：危険率 10%未満で有意差有り（片側 t 検定）、エラーバー：標準偏差

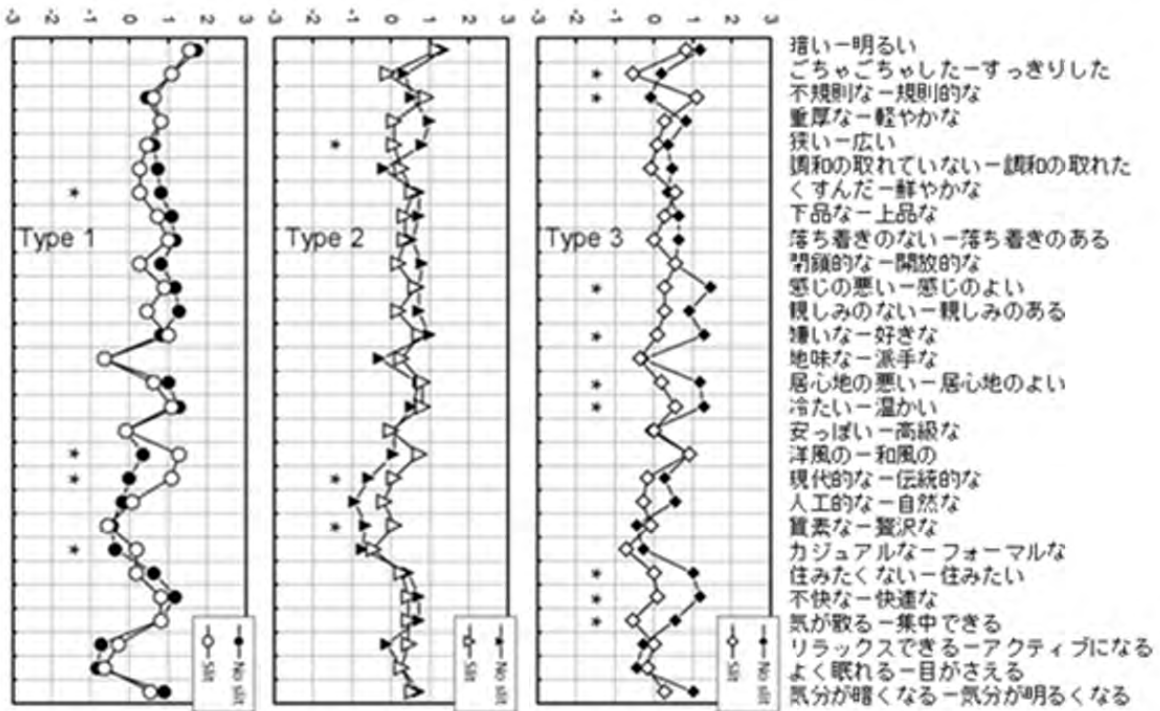


図 20：各内装の印象プロフィール

注) \*：危険率 10%未満で有意差有り（対応のある t 検定）

## 6. 木材の抽出成分がヒトの健康に及ぼす影響についての細胞レベルでの検証

### 6.1 本研究の目的

スギ材抽出成分がヒトの健康に及ぼす影響を評価する一環として、細胞レベルにおける応答を検索するとともに、有意な細胞応答について、そのメカニズムの解明を目指す。

これまでに膵島細胞における電磁場の影響を評価し、糖尿病治療の可能性を検索してきている。糖尿病の発症には、サイトカイン（免疫システムの細胞から分泌されるタンパク質で、特定の細胞に情報伝達をするもの）によるインスリン分泌細胞へのダメージがある。このダメージを薬物で抑制できれば医療応用の可能性がある。サイトカインによるインスリン分泌細胞の機能障害には、酸化による損傷の関与が示唆されているので、この系で効果があれば、他の酸化損傷に起因する病態にも応用が可能と考えられる。

### 6.2 実験方法

スギ材抽出成分には、有機溶剤抽出物 1 mg を 1 ml DMSO に溶解後フィルター濾過滅菌したもの、熱抽出物 0.5 mg を 500 $\mu$ l DMSO に溶解後フィルター濾過滅菌したものをを用いた。細胞は、ラット膵島由来のインシュリン分泌細胞を用いた。

スギ材抽出成分 1 $\mu$ g/ml は培地中にスギ材抽出成分ストックを 1/1000 量、スギ材抽出成分 1ng/ml は培地中にスギ材抽出成分ストックを 1/10-6 量入れて作成した。また、DMSO の 2 種類の濃度は DMSO 濃度を合わせたコントロールで行い、培地に DMSO のみ添加した。

サイトカインの選択として、過去の文献により通常使われているもの（IL-1 $\beta$  (50 units/ml) + IFN- $\gamma$  (100 units/ml) 72 時間処理) で行った<sup>13,14)</sup>。WST-1 assay について以下に示す。細胞増殖能力や細胞生存能力を発色測定により定量した。生細胞中のミトコンドリア脱水素酵素によるテトラゾリウム塩のホルマザン色素への変換を利用したものである。生存細胞数が増加すれば、サンプル中のミトコンドリア脱水素酵素の全体の活性が増加する。この酵素活性の増加が、ホルマザン色素の生成増加を導くため、ホルマザン色素と培地中の代謝活性のある細胞の数とは直線的な相関を示すことになる。このホルマザン色素の増加をプレートリーダーで測定した。

### 6.3 結果および考察

膵島細胞におけるサイトカイン刺激に対するスギ材抽出成分の影響評価の結果を図 21 に示す。少なくとも、スギ材抽出成分 1 $\mu$ g/ml、1 ng/ml には細胞増殖に対する毒性はないことが判明した。また、スギ材抽出成分、特に熱抽出成分に酸化損傷の抑制効果傾向が観察されるが、DMSO コントロールも抑制しており、これだけでは結論を導くことはできなかった。

この系の過去の検討によると NO<sub>2</sub>-+NO<sub>3</sub>-濃度測定による結果の方が安定しているので、今後それに期待して追加データを取り、判断する予定である。また、NO<sub>2</sub>-+NO<sub>3</sub>-濃度測定の結果次第ではあるが、微量 DMSO の酸化活性抑制の報告もあり、この系の検討続行は明確な結果を導きにくい印象もぬぐえない。従って、他の検討系に移行する方が良いと思われる。

細胞影響の検討系を変えんとするならば、例えば、HUVEC の遊走能への影響研究にシフトする方法がある。HUVEC とは、ヒト由来血管内皮細胞であり、血管内皮細胞の遊走は、血管新生プロセス (angiogenesis) の重要なプロセスの 1 つである。スギ材抽出成分が遊走を抑制するか、あるいは促進するか検討することにより、遊走を阻害するならば血管新生阻害タイプの抗癌剤、遊走を促進するならば虚血性疾患に対する薬剤として、それぞれ医療への応用が期待できるデータと成り得る。また、スギ材抽出成分がストレス緩和に効果的であることを細胞レベルで検証するとしたら、例えば、ストレス誘導蛋白産生への影響を検索することも 1 つであると考えられる。

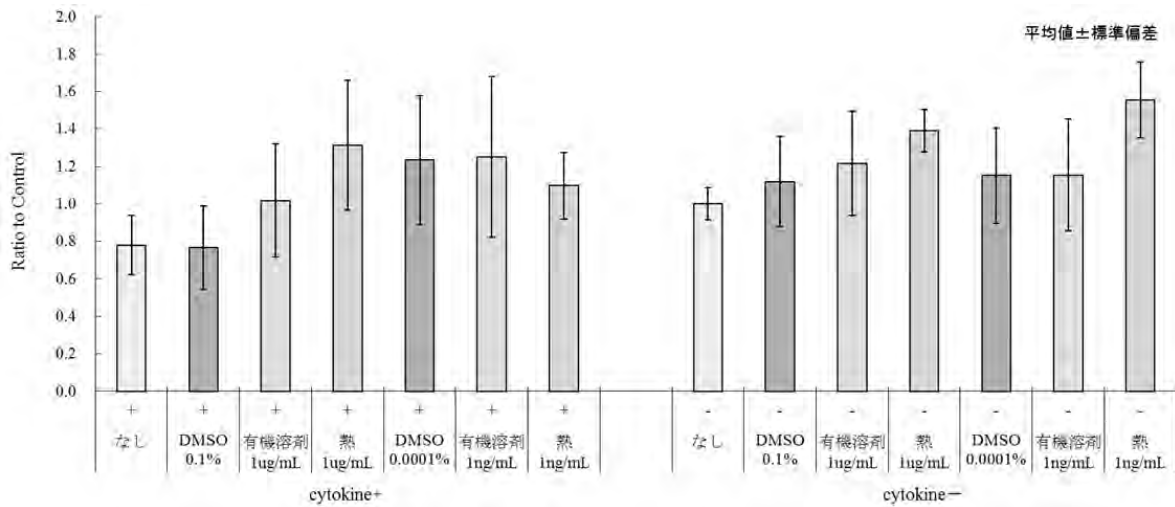


図 21：膝島細胞におけるサイトカイン刺激に対するスギ材抽出成分の影響評価

## 7. 今後の展開

スギ材の空気汚染物質浄化吸収機能の解明については、これまで検討を進めてきた NO<sub>2</sub> 収着能の更なる解明に加え、他の物質について検討を行う。以上の研究成果を基に、新たな強化技術や材料の開発などの実用化に向けた研究を進める。

木材から放出される VOC の分析とヒトの生理・心理に及ぼす影響の解析については、長時間スギ材の設置している時間に滞在した場合の影響として、スギ材を配置した環境とスギ材のない環境における睡眠時の生理・心理反応を観察し、スギ材が入眠や睡眠内容改善に及ぼす影響について検討する予定を行うことで、木材の居住環境及びそこで生活するヒトに対する効果や影響を明らかにしたいと考える。

木質住環境の見えや空気質とヒトの心理・生理応答については、今年度得られた知見を基に、更なるデータの蓄積を図る。加えて、実空間での検証として、学習空間へのスギ材使用と集中力維持・向上および健康改善・増進（免疫機能の向上など）との関係について、疫学調査によりその解明を試みる。

スギ材の抽出成分がヒトの健康に及ぼす影響についての細胞レベルでの検証については、今年度得られた知見を基に、スギ材抽出成分の細胞レベルにおける応答の検索を行い、有意な細胞応答についてはそのメカニズムの解明を進める。加えて、スギ材抽出成分がストレス緩和に与える効果について細胞レベルでの検証を試みる。

以上の研究を進めることで、スギ材の機能によるヒトへの心理的・生理的な効果を実証し、ヒトの健康改善・増進に寄与できる新たな居住空間や材料の提案を目指す。

## 参考文献

- 1) 川井秀一, 辻野喜夫, 藤田佐枝子, 山本堯子, 木材による調湿と空気浄化, Clean Technology, 2010年7月号, 1-4, 2010.
- 2) Yada Y., Sadachi H., Nagashima Y., Suzuki T., Overseas Survey of the Effect of Cedrol on the Autonomic Nervous System in Three Countries, Journal of Physiological Anthropology, 26, 349-354, 2007.
- 3) 花輪尚子, 才木祐司, 山口昌樹, 日本古来の香りが日本人にもたらす交感神経活動の鎮静作用, 日本生理人類学会誌, 13(1), 49-56, 2008.
- 4) 山本由華吏, 白川修一郎, 永嶋義直, 大須弘之, 東條聡, 鈴木めぐみ, 矢田幸博, 鈴木敏幸, 香気成分セ

- ドロールが睡眠に及ぼす影響, 日本生理人類学会誌, 8(2), 69-73, 2003.
- 5) 木村彰孝, スギ材の香りがヒトの生理反応に与える作用, AROMA RESEARCH, 13(3), 24-28, 2012.
  - 6) 澁谷栄, 小幡谷英一, 花田健介, 土居修一, 木材保存, 32(5), 196-202, 2006.
  - 7) 中川美幸, 木村彰孝, 梅村研二, 川井秀一, スギ材の二酸化窒素吸着における仮道管内表面の寄与, 第62回日本木材学会全国大会研究発表要旨集, CD-ROM, 2012.
  - 8) 中川美幸, 木村彰孝, 中山雅文, 藤田佐枝子, 辻野喜夫, 梅村研二, 川井秀一, 保存空間に施工したスギスリット材の調湿効果, 第62回日本木材学会全国大会研究発表要旨集, CD-ROM, 2012.
  - 9) 萬羽郁子, 東賢一, 仲村匡司, 甲田勝康, 藤田佐枝子, 辻野喜夫, 上堀美知子, 川井秀一, 居住空間におけるスギ材の心理的及び生理的効果に関する研究—内装仕様の違いが及ぼす影響に関する検討—, 平成23年度室内環境学会学術大会講演要旨集, 94-95, 2011.
  - 10) Banba I., Azuma K., Nakamura M., Fujita S., Tsujino Y., Uebori M., Kouda K., Kawai S., Effects of Japanese Cedar on Psychological and Physiological Factors in an Indoor Environment: The Influence of Interior Specifications, Proceedings of Healthy Buildings 2012 10th International Conference, Brisbane, 2012.
  - 11) 木村彰孝, 仲村匡司, 藤田佐枝子, 川井秀一, スリット加工が施されたスギ材の観察がヒトに及ぼす影響I 自律神経活動および気分・感情の変化について, 第62回日本木材学会全国大会研究発表要旨集, CD-ROM, 2012.
  - 12) 仲村匡司, 木村彰孝, 藤田佐枝子, 川井秀一, スリット加工が施されたスギ材の観察がヒトに及ぼす影響 II 視線移動および主観評価に及ぼす影響, 第62回日本木材学会全国大会研究発表要旨集, CD-ROM, 2012.
  - 13) Sakurai T., Kiyokawa T., Miyakoshi J., K02b.10 extremely low frequency magnetic fields enhance cytokine-mediated beta-cell dysfunction, The XXIX General Assembly of the International Union of Radio Science (Union Radio Scientifique Internationale-URSI), Chicago, 2008.
  - 14) Sakurai T., Terashima S., Miyakoshi J., Effects of strong static magnetic fields used in magnetic resonance imaging on insulin-secreting cells, Bioelectromagnetics, 30, 1-8, 2009.



## SPring-8 による木質文化財調査

田鶴(水野)寿弥子\*\*, 杉山 淳司 \*\*

### Identification of wood of archaeological heritages

### by SPring-8

Suyako Tazuru-Mizuno\*\* and Junji Sugiyama \*\*

#### 1. 研究概要

古くより樹種特性と用途における明確な体系を確立してきた日本では、木質文化財のうち特に、宗教・信仰の対象物である木彫像や建造物の制作には、何らかの意味・重要性をもつ樹種が選択されたと想像できる。こうした樹種選択に認められる古の人々が構築し継承してきた「知」を、科学的手法を活用することで多角的に十分に解明・理解することは、千年持続してきた材料の秘密を深く掘り下げることに関わり、更には人類が歩もうとしている未来への確かな道標となると考える。そのために以下の①②について従来の研究を基盤とした研究を展開してきた。

①新手法シンクロトロン放射光X線マイクロトモグラフィーを用いた樹種識別法の構築とデータベース化：従来、樹種識別調査では木片から薄片を作成して顕微鏡観察を行う方法が一般的であった。一方、国宝や重要文化財では入手可能な試料の状態に問題が多いため、試料の状態（サイズ、劣化度）に依らず識別が可能となる新手法、シンクロトロン放射光X線マイクロトモグラフィーによる識別法を構築した。この手法は非破壊・非侵襲であり、2次元像しか得られないプレパラート観察に比べて組織観察が容易である他、X線の吸収差により、結晶の有無なども容易に検知できることが画期的である。2011年度は、体系的な調査が進んでいる仏像に比べて非公開を前提とされ調査機会が乏しかった神像や狛犬について、調査地域を拡大し新たに120試料の樹種調査を行った。その結果、古代から中・近世に至る造像の展開を通観できる日本神像史の一端を構成するデータベース構築に寄与できた。

②歴史的建造物における樹種の科学的調査とデータベース化：樹種調査では、未だ博物館や建造物修理工事の現場担当者などの采配や予算に依存している場合も多い。しかし、木質文化財の樹種識別適用不均衡を正し、遍く調査を進めることが、古の「知」を十分に理解する上で必要である。そこで、特に関西・北陸地域を中心に、歴史的建造物に指定されている建造物の修理工事などに伴う部材の樹種調査並びに樹種情報のデータベース化を進めてきた結果、特に北陸地方におけるアスナロ属利用の歴史と変遷の一端を解明できた。

#### 2. 研究の背景と目的

資源・エネルギーの大量使用に依存した地球規模での過度の生産、消費、廃棄パターンは恩恵

---

\* 2012年10月26日受理

\*\* 〒611-0011 宇治市五ヶ庄 京都大学生存圏研究所バイオマス形態情報分野  
E-mail: tazurusuyako@rish.kyoto-u.ac.jp

を齎した一方、地球上の有限な資源を浪費し、物質循環を軽視してきた傾向がみられる。変革が急務とされる現代を生きる我々には、未来を見据えた新技術の開発はもちろんのこと、今改めて顧みるべきは、我が国が古くから蓄積してきた知恵である。世界最古の建造物群が途絶えることなく人々の手によって保存されてきたことから明らかなように、我が国の形成には古から伝わる適材適所の材料利用、技術の伝承、文化の形成が不可欠であった。すなわち、日本人は適正な管理と整備を行えば、生命体の寿命を遥かに越え、木材資源に代表される炭素が材料として極めて長期間固定可能な材料であるということを知る民族のはずである。そのような類い稀なる「知」を、我々は多角的に理解できているのだろうか。古の知が作り上げてきた物質の一側面のみを見て満足しているだけなのではないだろうか。そのために今、研究領域の枠を超え、古の「知」を一側面ではなく多角的に十分に解明・理解することにより、千年持続可能な材料の秘密を深く掘り下げること、そしてそれらを未来へ伝えることこそが、未来への道標となるはずである。そのために、筆者らは、①新手法シンクロトロン放射光X線マイクロトモグラフィーを用いた樹種識別法の構築とデータベース化、②歴史的建造物における樹種の科学的調査とデータベース化、について研究を進めてきた。①：木質文化財の樹種識別では、識別の可否が試料の状態に拠るところが大きく、従来の光学顕微鏡では限界があった。そこで、新たにシンクロトロン放射光X線マイクロトモグラフィー( $\mu$ -CT)による識別手法を構築し、例えば興福寺世親菩薩立像、朝鮮半島由来の古面、神像、狛犬、木床義歯といった木質文化財の破片で識別を可能としてきた。更にそれぞれ得られた結果から美術史、考古学、宗教、民俗学、歯科史学といった学際領域に新たな知見と考察を付与してきた。 $\mu$ -CTは解像度が大変高いため、年輪幅程度しか観察できなかった従来のCT法に比べ、識別に必要な木材組織の観察まで可能である。また木材内部構造の画像が一連の電子データで得られるために、コンピューター上で任意の断面像を様々な角度から観察することができる他、撮影後の試料を後世に残せることも文化財調査にとって非常に有益であることが判明した。

近年、東京国立博物館により8-10世紀の仏像彫刻の多くが従来考えられてきたヒノキ製ではなく、カヤ製であることが科学的に明らかにされ、美術や宗教の分野に激震が襲った<sup>1) 2) 3)</sup>。本研究は、日本彫刻史の中でも仏像に比べ遥かに調査の機会に乏しく、遅れをとっている分野であった神像彫刻や狛犬に注目し、古代から中・近世に至る造像の展開を通観できる日本神像史解明に向けた体系的樹種データの蓄積を目的としている。これらの神像彫刻には、形態学の観点から仏像制作の影響を明確に看取することが出来ることから、制作に当たった工人は主として仏像制作に携っていた者であったと推察されている。昨年度までに関西地域を中心とした神像・狛犬計70点についての樹種識別調査を行ってきた。そこで、2011年度は、関西・北陸地域を中心に、新たに神像・狛犬をはじめとした120体の試料について調査を進めることとした。②：歴史的建造物では、1897年に古社寺保存法が制定されて以来、多くの歴史的建造物の保存修理が実施されてきた。修理工事では、構造・技術・文献・意匠などの調査が行われ、記録された修理報告書は建築史研究に大いに寄与してきた。中でも樹種情報は、建造物の修理工事後、補材選択に重要となるだけでなく、部材の樹種選択の地域性や修理における部材選択の変遷などの把握にも重要な情報となる。これまでの研究で、樹種調査は古文書などの記載との比較により当時の木材流通の解明にも繋がった他、植生解明にも有益であることが判明してきた。しかし、修理現場担当者の采配や予算問題で、現在も目視による調査が大部分を占めているのが実状である。本研究では、引き続き関西・北陸地方に注目し、歴史的建造物の修理工事に際して部材の樹種調査、年輪情報の蓄積、並びに木取りなどの調査を行うことで、使用樹種の時代・地域的な変遷を追うことを目的とした。

### 3. 研究の結果および考察

①新手法シンクロトロン放射光X線マイクロトモグラフィーを用いた識別法の構築とデータベ

ース化：昨年度までに九州・関西地域の神像・狛犬計 70 点についての樹種識別調査を行ってきた。その結果、仏像の制作に使用されていることが近年明らかとなってきたカヤが、神像・狛犬においても使用されている例を発見することができた。しかしながら、これまでの調査数だけでは、日本神像史の体系的な解明に繋がるだけのデータ数ではなかったことから、本年度継続して神像・狛犬における試料の獲得、ならびに SPring-8 での調査を進めた。その結果、仏像のような記銘が無いために、明確な年代については今後の年輪年代測定法や AMS 法(放射性炭素年代測定法の一つ) などによる年代決定が課題となっているが、特に木彫像が多く残存している滋賀県を中心に使用樹種の歴史の変遷や地域性を知る上で必要となるデータの蓄積が可能となってきた。

②歴史的建造物における樹種の科学的調査とデータベース化：昨年度までの調査に引き続き、新たに北陸・関西地域の複数の歴史的建造物の修理工事に際して部材の樹種調査、年輪情報の蓄積、並びに木取りなどの調査を行ってきた。その結果、特に福井県や石川県の建造物でアスナロ属の使用が認められることが判明した。このことから樹種選択の地域性のみならず、当時の青森をはじめとした東北地方と北陸との木材交易との関連性が示唆される結果が得られた。現在 AMS 法による年代測定を行い、より確実な年代と樹種との情報の抽出を進めている。

#### 4. 今後の展開

宗教・信仰の対象物とされてきた木彫像や建造物の制作には、何らかの意味・重要性をもつ樹種が選択されたと想像できる。それら古の「知」を、多角的に十分に解明・理解するために、SPring-8 をはじめとした先端科学などを利用してきたが、今後はこれら微細な試料で、加えて年代測定を行ったり、より非破壊的な手法である識別手法を開発したりすることで、様々な学際領域で「知」を共有できればと考えている。

また近年、文化財科学の研究分野は急成長しており、注目度が増している。2011 年度は大型放射光施設 SPring-8 の利用者懇談会の中に文化財研究会が設置された他、日本木材学会でも木質文化財研究会ができた。筆者らは両会に発足人として参画させて頂いているが、次世代を担う若手として、先端科学を利用した文化財に関する研究を行うことで、研究成果を様々な学際領域で多面的に役立てたいと考えている。

#### 引用文献

- 1) Kaneko H, Iwasa M, Noshiro S, Fujii T (1998) Wood Types and Material Selection for Japanese Wooden Statues of the Ancient Period Particularly the 7<sup>th</sup>-8<sup>th</sup> century. MUSEUM: The Bimonthly Magazine of the Tokyo National Museum, No.555, 3-54.
- 2) Kaneko H, Iwasa M, Noshiro S, Fujii T (2003) Wood Types and Material Selection for Japanese Wooden Statues of the Ancient Period, (Particularly of the 8<sup>th</sup>-9<sup>th</sup> centuries). MUSEUM: The Bimonthly Magazine of the Tokyo National Museum No.583, 5-44.
- 3) Kaneko H, Iwasa M, Noshiro S, Fujii T (2010) Wood types and material selection for Japanese wooden statues of the ancient period, III: Further thoughts on 8<sup>th</sup> and 9<sup>th</sup> century sculptures, MUSEUM: The Bimonthly Magazine of the Tokyo National Museum, No.625, 61-78.

#### 付記(学会発表・論文)

##### 学会発表

- 1) Mizuno S, Sugiyama J (2011) Wood identification of wooden Komainu using synchrotron X-ray microtomography, The 177th Symposium on Sustainable Humanosphere Wood Culture and Science Kyoto 2011, Japan, August 6-9<sup>th</sup>.
- 2) Mizuno S, Sugiyama J (2011) Wood identification of the wooden articles in Japan using synchrotron X-ray Society of Wood Science & Technology (KSWST), Korea, April 21-22<sup>nd</sup>.
- 3) 水野寿弥子 杉山淳司, シンクロトロン放射光X線トモグラフィーを用いた、木質文化財の樹

種データベース構築, 日本文化財科学会第28回大会, 2011.

- 4) 水野寿弥子 杉山淳司, 歴史的建造物の樹種調査における放射光X線マイクロトモグラフィーの適用, 建築史学会2011年度大会, 2011.

#### 論文

- 1) 水野寿弥子 杉山淳司, 国宝明通寺三重塔古材の樹種識別調査, 建築史学, 57, p43-51, 2011.
- 2) 水野寿弥子 杉山淳司, 重要文化財知恩院集会堂における建築用材の樹種識別調査, 建築史学, 56, 124-136, 2011.
- 3) 水野寿弥子 高瀬克彦 杉山淳司, シンクロトロン放射光X線トモグラフィー(SRX-ray  $\mu$ CT)を用いた木質文化財の樹種識別, 考古学と自然科学, 62, p1-11, 2011.
- 4) 田鶴(水野)寿弥子 高瀬克彦 杉山淳司, 木床義歯の樹種識別調査, 生存圏研究, 京都大学生存圏研究所/京都大学生存圏研究所編, 7, p29-34, 2012.

## MUレーダー全国国際共同利用専門委員会

### 1. 共同利用施設および活動の概要

信楽 MU 観測所は、滋賀県甲賀市信楽町神山の国有林に囲まれた山中に 1982 年に開設された。観測機器の中核を担う MU レーダー（中層・超高層大気観測用大型レーダー；Middle and Upper atmosphere radar）（図 1）は、アジア域最大の大気観測用大型レーダーであり、高度 2 km の対流圏から、高度 400 km の超高層大気(熱圏・電離圏)にいたる大気の運動、大気循環を観測する。1984 年の完成以来、全国共同利用に供され、超高層物理学、気象学、天文学、電気、電子工学、宇宙物理学など広範な分野にわたる多くの成果を上げている。

MU レーダーの最大の特徴は、アンテナ素子毎に取り付けた小型半導体送受信機（合計 475 個）を個別制御することにより、1 秒間に 2500 回という高速でレーダービーム方向を変えることが可能であり、また、25 個のサブアレイアンテナに分割して使用することも可能である点である。こうした柔軟なシステム設計のため、大型大気レーダーとしての感度は世界 4-5 番目ではあるものの、開発後 28 年を経た今も世界で最も高機能な大型大気レーダーとして活躍を続けている。なお、2010 年 9 月 3-4 日には MU レーダー 25 周年記念祝賀式典および 25 周年記念国際シンポジウムが京都大学宇治キャンパス宇治黄檗プラザにおいて開催された。

なお、MU レーダーシステムには、レーダー、計算機工学の進歩に合わせ最新のレーダー観測技術を導入しシステム拡充が行なわれている。1992 年に「実時間データ処理システム」、1996 年に「高速並列レーダー制御システム」、2004 年に「MU レーダー観測強化システム」が導入された。特に、最近導入された MU レーダー観測強化システムでは、空間領域及び周波数領域の柔軟なレーダーイメージング観測が可能となった。

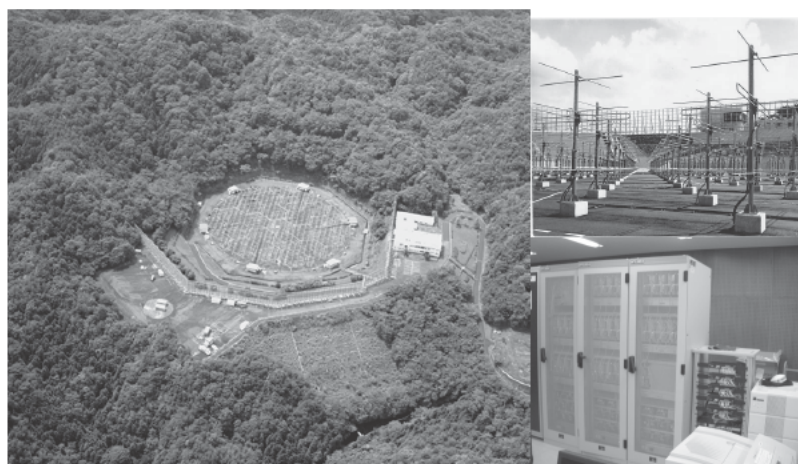


図 1: 信楽MU観測所全景（左）と MU レーダーアンテナアレイ(右上)、MU レーダー観測強化システムで導入された超多チャンネルデジタル受信機（右下）。

信楽 MU 観測所には、アイオノゾンデ、ラジオゾンデ受信機、レイリー・ラマンライダー装置、L帯境界層レーダー、RASS 用音波発射装置等の機器が設置されている他、地上気象観測装置、雨滴粒径分布測定装置による地上の気圧・気温・湿度・風向・風速・降雨の同時測定が行なわれ共同利用に供されている。アイオノゾンデは地上から送信電波周波数を変化させながら電波を発射し、電離層からの反射波を受信することで電子密度の高度分布を観測する。一方で、ラジオゾンデ観測は、ヘリウムを充填した小型気球に観測装置を取り付けて放球し、高度 30km 付近以下の気圧、気温、湿度、風向、風速分布を測定する。なお、1999 年には「レーダー・ライダー複合計測システム」によりレイリー・ラマンライダーシステムおよび下部熱圏プロファイラレーダー(LTPR)が導入され、中層大気及び下部熱圏の観測体制が強化された。

信楽 MU 観測所は、MU レーダーと協同観測するさまざまな大気観測機器の開発フィールドとしても活用されている。例えば、MU レーダーが観測できない高度 2km 以下の風速を測定するために開発された下部対流圏レーダー(LTR)は、気象庁の全国 33 カ所の現業用ウインドプロファイラとして採用されている。

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

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



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

## 2. 共同利用研究の成果

下記に、近年の共同利用研究の成果を記述する。また主な修士論文、博士論文のリスト、共同利用研究の成果による学術賞および学術論文誌に発表された論文リストを文末に示す。

### 航空機と MU レーダーによる鉛直風速の同時観測

研究代表者：東京大学大学院理学系研究科・小池真

鉛直風速度は、エアロゾルから雲粒への活性化を決める重要な要素であり、近年の航空機によるエアロゾル雲観測においても航空機上において鉛直風速計測が実施され始めている。しかしながら秒速 100m/s 程度で飛行する航空機上において、良い精度で鉛直風速を測定することは容易ではない。そこで本研究では、信楽の MU レーダー上空において航空機により鉛直風速度を測定し、これを MU レーダーの観測値と比較し、その精度の検証を試みる。

2012 年 2 月に 2 回程度、観測機を用いて MU レーダー上空を観測飛行し、MU レーダーとの同時の風速度観測を試みる。MU レーダー直上を機体が通過すると MU レーダーのデータに影響を及ぼす可能性があるため、1km 程度離れた場所を 4 回通過した。高度は 5km であった。

このデータを用いて鉛直風速度は時空間変動が大きいため、その大きさの頻度分布 (probability density function, PDF) などでの比較を実施する。これらの研究により、これまで地上観測との比較があまり試みられたことがない航空機からの鉛直風速度の比較手法が開発できることが期待される。また意味のある比較が実現できれば、航空機観測手法の検証としてその科学的価値が高いと期待される。

## 3. 共同利用状況

MU レーダー観測全国国際共同利用の公募は年間 2 回 (6~11 月期と 12~5 月期) にわけて実施している。応募課題は「MU レーダー全国国際共同利用専門委員会」によって審査され観測スケジュールが決定されている。その運用時間は年間約 3,000 時間以上であるが、申請される観測延べ時間は共同利用観測に供することのできる合計を上回るため「大気圏」および「電離圏」の標準的観測を定期的に設けて、複数の研究課題が同じ標準観測データを共用している。また、観測時間を重点的に割り当てる「キャンペーン観測」も行われている。表 1 に過去 8 年間の採択課題数および共同利用者数の推移を示す。またこれまでの共同利用課題数と観測時間の推移を図 4 に示す。観測データのうち標準観測については観測後直ちに、その他の観測については 1 年を経過したデータを「生存圏データベース共同利用」の一環として共同利用に供している。

表 1: 過去 8 年間の採択課題数、共同利用者数

年度 (平成)	16	17	18	19	20	21	22	23
採択 課題数*	48 (0)	48 (2)	54 (6)	49 (2)	59 (8)	54 (10)	51 (5)	52(8)
共同利用 者数 **	223	162	102	215	310	261	292 学内 103 学外 189	267 学内 122 学外 145

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

4. 専門委員会の構成及び開催状況 (平成 23 年度)

○委員会開催実績:

第 1 回委員会 2011 年 9 月 5 日 14:00-16:00

○委員会構成:

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

なお、共同利用の更なる発展を図るため、平成 24 年 6 月から MU レーダー／赤道大気レー  
 ダー全国国際共同利用専門委員会として統合することとした。

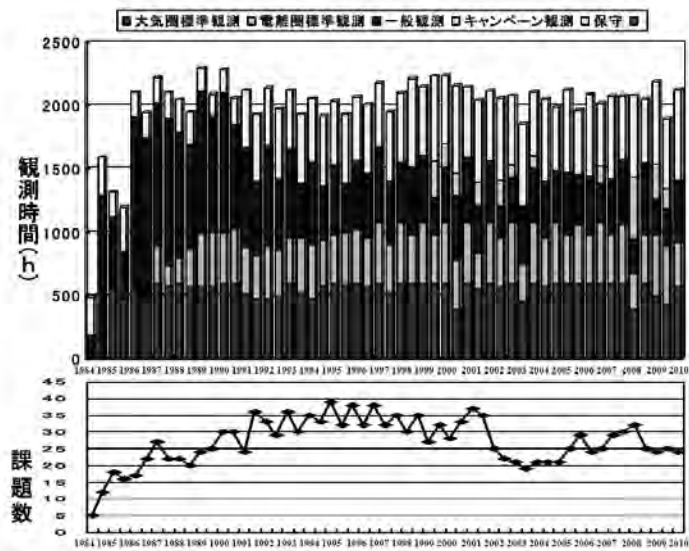


図 6: MU レーダー観測共同利用の観測時間及び課題数の年次推移



### 修士論文

- 橋本 大志、「南極大気レーダートレーニングシステムを用いた航空機クラッター抑圧」、  
京都大学大学院情報学研究科修士論文、2012.
- 宮脇力、「水蒸気・エアロゾル観測のための紫外・可視域ラマンライダーに関する研究」、  
京都大学大学院情報学研究科修士論文、2012.
- 池野伸幸、「可搬型 X 帯及び Ka 帯気象レーダーの開発に関する研究」、京都大学大学院情  
報学研究科修士論文、2011.
- 脇阪洋平、「ソフトウェア無線技術を用いたウィンドプロファイラー用デジタル受信機の  
開発」、京都大学大学院情報学研究科修士論文、2011.

### 学術論文

- Luce, H., N. Nishi, J. L. Caccia, S. Fukao, M. K. Yamamoto, T. Mega, H. Hashiguchi, T. Tajiri, and  
M. Nakazato, Kelvin-Helmholtz billows generated at a cirrus cloud base within a tropopause  
fold/upper-level frontal system, *Geophys. Res. Lett.*, 39, L04807, doi: 10.1029/2011GL050120,  
2012.
- Ueda, H., T. Fukui, M. Kajino, M., Horiguchi, H. Hashiguchi, and S. Fukao, Eddy Diffusivities for  
Momentum and Heat in the Upper Troposphere and Lower Stratosphere Measured by MU Radar  
and RASS, and a Comparison of Turbulence Model Predictions, *J. Atmos. Sci.* 69, 1, 323-337,  
doi: 10.1175/JAS-D-11-023.1, 2012.
- Chen, J.S. and J. Furumoto, A Novel Approach to Mitigation of Radar Beam Weighting Effect on  
Coherent Radar Imaging Using VHF Atmospheric Radar, *IEEE Trans. on Geosci. Remote  
Sensing.*, 49, 3059-3070, 2011.
- Fukao, S., H. Luce, T. Mega, and M.K. Yamamoto, Extensive studies of large-amplitude  
Kelvin-Helmholtz billows in the lower atmosphere with VHF middle and upper atmosphere radar,  
*Q. J. Royal Meteor. Soc.*, 137, 657, 1019-1041, doi: 10.1002/qj.807, 2011.
- Furumoto, J., T. Shinoda, A. Matsugatani, and T. Tsuda, Measurement of detailed temperature  
profile within the radar range gate using range imaging technique, *J. Atmos. Ocean. Tech.*, 28,  
22-36, 2011
- Fritts, D. C., D. Janches, W. K. Hocking, N. J. Mitchell, and M. J. Taylor, Assessment of gravity  
wave momentum flux measurement capabilities by meteor radars having different transmitter  
power and antenna configurations, *J. Geophys. Res.*, 117, doi:10.1029/2011JD017174, 2012.
- Kero, J., C. Szasz, T. Nakamura, T. Terasawa, H. Miyamoto, and K. Nishimura, A meteor head echo  
analysis algorithm for the lower VHF band, *Annal. Geophys.*, 30, 639-659, 2011.
- Kero, J., C. Szasz, T. Nakamura, D. D. Meisel, M. Ueda, Y. Fujiwara, T. Terasawa, H. Miyamoto,  
and K. Nishimura, First results from the 2009-2010 MU radar head echo observation programme  
for sporadic and shower meteors: the Orionids 2009, *Mon. Notice Roy. Astro. Soc.*, 416 , 4,

2550-2559, doi: 10.1111/j.1365-2966.2011.19146.x, 2011.

Yamamoto, M.K., T. Mega, N. Ikeno, T. Shimomai, H. Hashiguchi, M. Yamamoto, M. Nakazato, T. Tajiri, and Y. Ohigashi, Assessment of radar reflectivity and Doppler velocity measured by Ka-band FMCW Doppler weather radar, *J. Atmos. Elect.*, 31, 2, 85-94, 2011.

Yamamoto, M. K., T. Mega, N. Ikeno, T. Shimomai, H. Hashiguchi, M. Yamamoto, M. Nakazato, T. Tajiri, and T. Ichiyama, Doppler Velocity Measurement of Portable X-Band Weather Radar Equipped with Magnetron Transmitter and IF Digital Receiver, *IEICE Trans. On Comm. E94B*, 6, 1716-1724, doi: 10.1587/transcom.E94.B.1716, 2011.

Unnikrishnan, K., S. Kawamura, A. Saito, T. Yokoyama, and S. Fukao, Multi-instrumental observation of weak magnetic storms occurred during the period, 18-21 March 2002, *J. Atmos. Solar-Terr. Phys.*, 73, 13, 1653-1664, doi: 10.1016/j.jastp.2011.02.019, 2011.

## 電波科学計算機実験装置（KDK）全国共同利用専門委員会

### 1. 共同利用施設および活動の概要

電波科学計算機実験装置（KDK）は宇宙プラズマ、超高層・中層大気中の波動現象および宇宙電磁環境などの計算機実験による研究を推進させるために導入された専用計算機システムである。電波科学計算機実験装置は京都大学学術情報メディアセンターに設置されており、富士通製 SPARC ENTERPRISE M9000 の 2.5 ノード（1 ノードあたり 128 コア、1TB 共有メモリ）および約 80TB の補助記憶装置を使用している。また、生存圏研究所内に 190TB の容量を持つ RAID 型補助記憶装置と解析用ワークステーションを有している。

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

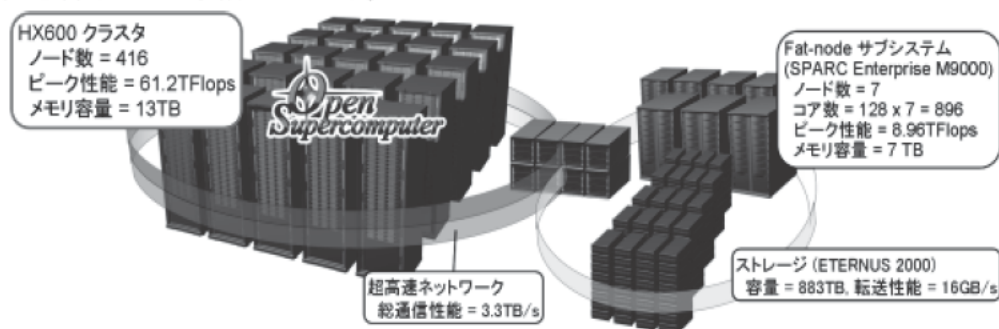


図 1： 計算機実験装置（京都大学学術情報メディアセンターに設置）

### 2. 共同利用研究の成果

#### 2.1 研究課題

電波科学計算機実験装置 全国共同利用では以下の課題を募集しており、今年度の利用代表者数は 25 名である。

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

#### 2.1 公表論文

1. Ashida et al., Thrust evaluation of a magnetic sail by flux-tube model, Journal of Propulsion and Power, in press.

2. Usui, H., et al., International Conference on Computational Science, *Procedia Computer Science*, 4, 2337-2343 (2011).
3. 臼井英之、惑星間航行システム開発に向けたマルチスケール粒子シミュレーション、*応用物理*、第80巻、第7号、p.0602-0605, 2011.
4. 臼井英之、惑星間航行システム開発に向けたマルチスケール粒子シミュレーション、*日本計算工学会誌「計算工学」*、16, No.3, 2011.
5. Kajimura, Y. and H. Nakashima, Verification of hybrid particle-in-cell simulation model for advanced plasma propulsions: Magneto plasma sail and magnetic nozzle for laser fusion rocket, *Journal of Space Technology and Science*, Vol. 25, No. 2, pp. 34-54, 2011.
6. Kajimura, Y., et al., Quantitative evaluation of ion kinetic effect in magnetic field inflation by injection of plasma jet. *Transactions of the Japan Society for Aeronautical and Space Sciences*, Vol. 54, No.184, pp. 90-97, 2011.
7. Kajimura, Y., et al., 3D Hybrid simulation of pure magnetic sail on ion inertial scale in laboratory. *ISTS-special issue*, in press.
8. Kajimura, Y., et al., Thrust and attitude evaluation of a magnetic sail by 3D hybrid PIC code, *Journal of Propulsion and Power*, in press.
9. Katoh, Y. and Y. Omura, Amplitude dependence of frequency sweep rates of whistler mode chorus emissions, *J. Geophys. Res.*, 116, A07201, doi: 10.1029/2011JA016496, 2011.
10. Kondoh, Y. et al., Multi-point observations of earthward fast flow in the plasma sheet by virtual satellites located in the MHD simulation domain, *Adv. Space Res.*, 48, 287-291, 2011
11. Matsuda K., et al., The role of the electron convection term for the parallel electric field and electron acceleration in MHD simulations, *Physics of Plasmas*, 18, 082901, doi: 10.1063/1.3622204, 2011.
12. 松本正晴、梶村好宏、臼井英之、船木一幸、篠原育、*日本航空宇宙学会論文集*, accepted, 2011.
13. Miyake, Y., et al., Effects of the Guard Electrode on the Photoelectron Distribution Around an Electric Field Sensor, *Journal of Geophysical Research*, Vol. 116, A05211, 2011.
14. Moritaka, T., M. Nunami, H. Usui, and T. Matsui, *Journal of Plasma and Fusion Research Special*, 6, 2401101, 2011.
15. Moritaka, T., et al., Momentum transfer of solar wind plasma in a kinetic scale magnetosphere, *Physics of Plasmas*, in press, 2011.
16. Nariyuki, Y., On entropy-maximized velocity distributions in circularly-polarized finite amplitude Alfvén waves, *Phys. Plasmas* 18, 052112, 2011.
17. Nariyuki, Y., et al., A new numerical method for simulating the solar wind Alfvén waves: Development of the Vlasov-MHD model, *Planet and Space Sci.*, 59(8), 767-771, 2011.
18. Niwa, N., et al., Numerical analysis of generator performance of experimental DCW-MHD generators with circular and square cross-section, 18th International Conference on MHD Energy Conversion, AIAA-2011-3598, 2011.

19. Omura, Y., and D. Nunn, Triggering process of whistler mode chorus emissions in the magnetosphere, J. Geophys. Res., 116, A05205, doi:10.1029/2010JA016280, 2011.
20. Rong-Lin Jiang, et al., Detailed analysis of fan-shaped jets in three dimensional numerical simulation, Research in Astronomy and Astrophysics, 11, 701, doi:10.1088/1674-4527/11/6/010, 2011.
21. Shoji, M., and Y. Omura, Simulation of electromagnetic ion cyclotron triggered emissions in the inner magnetosphere, J. Geophys. Res., 116, A05212, 2011.
22. Shoji, M., et al., Electromagnetic ion cyclotron waves in helium branch induced by multiple electromagnetic ion cyclotron triggered emissions, Geophys. Res. Lett., 38, L17102, 2011.
23. Yamamoto, M. K., New observations by wind profiling radars, in Doppler Radar, ISBN:979-953-307-352-0, in press.
24. 山本真之ほか, 赤道大気レーダーとミーライダーによる熱帯域中層雲の鉛直観測, 第 29 回レーザセンシングシンポジウム予稿集, pp. 24-25, 2011.
25. 山本真之ほか, 赤道大気レーダーと偏光ライダーによる層状性降水内の鉛直・降水粒子落下速度・偏光解消度の同時観測, 第 29 回レーザセンシングシンポジウム予稿集, pp. 86-87, 2011.
26. 山本真之ほか, 赤道大気レーダー・偏光ライダーによる層状性降水の詳細観測, 第 5 回赤道大気レーダーシンポジウム (第 182 回生存圏シンポジウム) プロシーディング, pp. 26-27 2011.

### 2.3 学位論文 (平成 23 年度取得)

小路真史 (京都大学・博士論文)、芦田康将 (京都大学・修士論文)、小澤裕幸 (神戸大学・修士論文)、北原理弘 (東北大学・修士論文)、佐藤弘規 (愛媛大学・修士論文)、高野裕一郎 (愛媛大学・修士論文)、田中宏樹 (愛媛大学・修士論文)、橋本昭彦 (神戸大学・修士論文)、宮下優 (京都大学・修士論文)、山本拓実 (神戸大学・修士論文) 以上、10 件

### 2.4 学会賞

1. 小路真史、URSI Young Scientist Award
2. 松田和也、地球電磁気・地球惑星圏学会 学生発表賞 (オーロラメダル)

## 3. 共同利用状況

### 3.1 共同利用課題採択件数及び共同利用者数

年度 (平成)	16	17	18	19	20	21	22	23
採択 課題数	43	44	37	35	32	27	23	25
共同 利用者数 *	114	76	92	89	85	68	51 学内 19 学外 32	61 学内 20 学外 41

\* 研究代表者および研究協力者の延べ人数

### 3.2 利用実績（平成 23 年 4 月～平成 24 年 1 月）

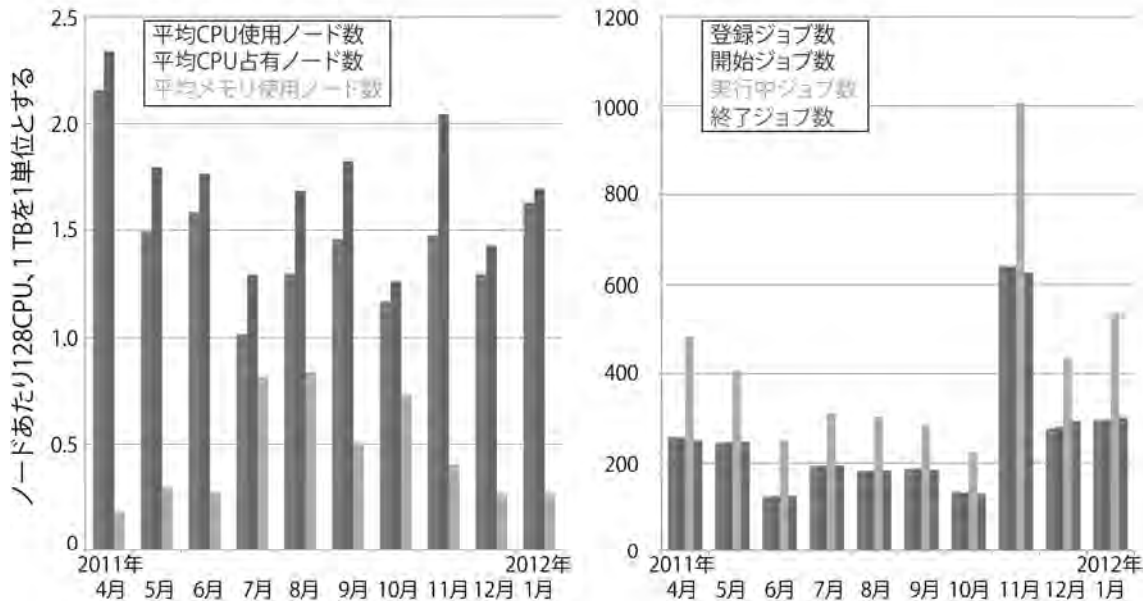


図 2 : 主システム (FAT システム) の月別利用状況

## 4. 専門委員会の構成及び開催状況

### 4.1 専門委員会の構成

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

### 4.2 専門委員会の開催状況

日時 : 平成 24 年 2 月 22 日 (水) 13 時 30 分～15 時 30 分  
 場所 : 京都大学生存圏研究所 中会議室 (S243)  
 主な議題 : 平成 24 年度電波科学計算機実験装置利用申請課題の審査  
 内規改定の審議等

## 5. 特記事項

- 電波科学計算機実験装置のウェブページ  
<http://www.rish.kyoto-u.ac.jp/kdk/>
- KDK シンポジウム開催 (第 196 回生存圏シンポジウム)  
 日時 : 平成 24 年 2 月 21, 22 日  
 場所 : 京都大学生存圏研究所 木質ホール

## METLAB 全国国際共同利用専門委員会

### 1. 共同利用施設および活動の概要

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

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

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

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

平成 22 年度に導入された A-METLAB は  $34.0\text{m(L)} \times 21.0\text{m(W)} \times 9.97\text{m(H)}$  の建物(建築面積  $714.00 \text{ m}^2$ 、述べ床面積  $824.72 \text{ m}^2$ )の内部に設置された  $18\text{m(L)} \times 17\text{m(W)} \times 7.3\text{m(H)}$  の電波暗室と、 $10\text{m}\phi$ 、 $10\text{t}$ 、 $10\text{kW}$  のフェーズドアレーを測定可能な plane-polar 型の近傍界測定装置で構成される。暗室には  $1\text{W/cm}^2$  に耐える電波吸収体を備え、class 100,000 のクリーブースとしても利用できるようになっているため、将来のマイクロ波エネルギー伝送を行うための人工衛星(最大  $10\text{m}\phi$ 、 $10\text{t}$ 、 $10\text{kW}$  のフェーズドアレー衛星を想定)を測定することが出来る世界唯一の実験設備である。

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

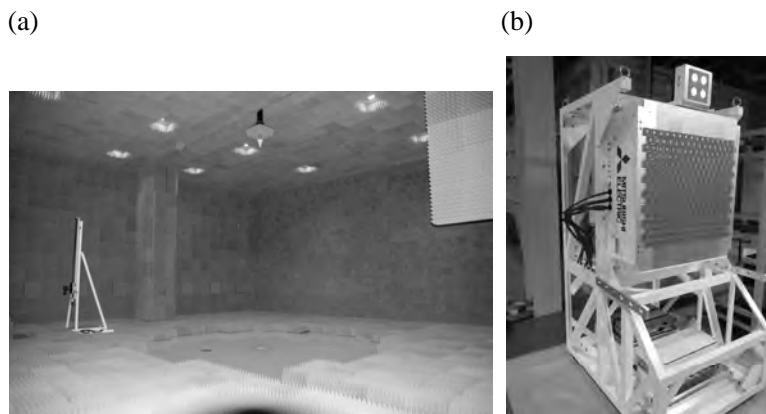


図1：(a) A-METLAB 暗室 (b) 高度マイクロ波電力伝送用フェーズドアレーシステム

A-METLAB 及び高度マイクロ波電力伝送用フェーズドアレー・受電レクテナシステムの披露会およびデモ実験が、2011年9月28日に宇治キャンパスにおいて行われた(図2)。当初は本研究所が2011年5月に共催した国際学会2011 IEEE MTT-S International Microwave Workshop Series on Innovative Wireless Power Transmission: Technologies, Systems, and Applications (IMWS-IWPT2011)の前日に実施予定であったが、震災の影響により延期したものである。当日は、松本紘 総長の式辞の後、澤川和宏 文部科学省研究振興局学術機関課長、佐々木進 宇宙航空研究開発機構研究開発本部高度ミッション研究グループ長(宇宙科学研究所教授)、本城和彦 IEEE MTT-S Japan Chapter Chair・電気通信大学教授から祝辞があり、篠原真毅 生存圏研究所教授による研究装置の紹介を行った。デモ実験では、導入された近傍界測定装置を用いて高度マイクロ波電力伝送用フェーズドアレーによるマイクロ波エネルギー伝送実験の測定を行い、直径10メートルの擬似電力試験衛星の披露も行った。披露会には140名を超える関係各位のご参加をいただき、SPSや無線電力伝送の現在の研究や、将来の構想について熱心に見学して頂いたほか、テレビ・新聞・web等のマスコミでも以下のように広く取り上げられた。

- ・ '11.9.28 KBS 京都「京プラス」



- ・ '11.9.28 ABC テレビ「NEWS ゆう+」
- ・ '11.9.29 日経新聞
- ・ '11.9.29 web 日経新聞
- ・ '11.9.29 京都新聞
- ・ '11.9.29 web 京都新聞
- ・ '11.9.29 日経 BP web Tech On!
- ・ '11.10.30 日経新聞
- ・ '11.11.11 ロシア国営テレビ
- ・ '11.11.19 TBS 「報道特集」
- ・ '11.12.22 テレビ東京「宇宙ニュース」
- ・ '12.1 日経サイエンス
- ・ '12.1.7 朝日新聞
- ・ '12.1.8 BS フジ 「ガリレオ X」
- ・ 他 Yahoo!ニューストップ, 2ちゃんねるスレッド等

(a)

(b)



図 2 : A-METLAB 及び高度マイクロ波電力伝送用フェーズドアレー・受電レクテナシステムの披露会およびデモ実験 (a) 松本京大総長による式辞 (b) デモ実験見学の様子

## 2. 共同利用研究の成果

毎年年度末には共同利用の成果を元にシンポジウムを実施しており、毎年電子情報通信学会通信ソサイエティ無線電力伝送研究会との共催で実施されている。これまでの採択課題から研究課題を大まかに分けて示すと、次のように多彩な方面で利用されている。「無線送電関係」: バッテリーレスセンサネットワークの基礎研究、F級負荷装荷レクテナの開発、マイクロ波エネルギー伝送駆動による火星飛行探査機の研究、移相器電力損失を考慮したフェーズドアレイアンテナの位相最適化による宇宙太陽発電所送電システムの高効率化、宇宙太陽光発電におけるフェーズドアレイアンテナのビーム最適化手法に関する研究、マイクロ波無線電力伝送システムに関する研究、GaNを用いたレクテナの開発、宇宙太陽発電

用マイクロ波エネルギー伝送に関する研究、SPS用薄型送電パネルの評価試験、他。「アンテナ関係」：地上／衛星共用携帯電話システム技術の研究開発、固体惑星内部探査用レーダ試作モデルの性能評価実験、多偏波共用平面アンテナの開発、電波天文用広帯域フロントエンドの開発、他。「その他」：マイクロ波加熱機構の解明－電波暗室を使った低バックグラウンド下の周波数分解と分子振動の観測－、他。

その一例として地上／衛星共用携帯電話システム技術の研究開発を取り上げる。本共同利用研究は、「地上衛星共用携帯電話システム (STICS)」の実現を目指して直径 30m クラスの反射鏡アンテナを衛星に搭載する研究を進めているものである。そのために開発したフェーズドアレイ給電部と反射鏡 (メッシュ鏡面) 組み合わせたパターン測定試験を実施し、設計結果と測定結果を比較し、マルチビーム形成の研究を実施することを目的としてきた。本共同利用研究は A-METLAB の近傍界測定装置を利用してアンテナパターン測定を行った。アンテナ径が 3m 程度メッシュ反射鏡と送受信系の組合せ試験を今後実施するため、一次放射ホーンと組み合わせた予備測定を実施した。

### 3. 共同利用状況

表 1 : METLAB 共同利用状況

年度 (平成)	16	17	18	19	20	21	22	23
採択 課題数	8	12	10	16	14	9	9	14
共同利用 者数 *	45	52	69	112	69	54	49 (学内 14 学外 35)	73 (学内 19 学外 54)

\*\* 研究代表者および研究協力者の延べ人数

### 4. 専門委員会の構成及び開催状況 (平成 23 年度)

- ・佐々木 進 (JAXA/ISAS, 教授)
- ・高野 忠 (日本大学理工学部電子情報工学科, 教授)
- ・藤野 義之 (NICT新世代ワイヤレス研究センター 宇宙通信ネットワークグループ, 主任研究員)
- ・野木 茂次 (岡山大学大学院 自然科学研究科, 教授)
- ・多氣 昌生 (首都大学東京大学院理工学研究科 電気電子工学専攻, 教授)
- ・大平 孝 (豊橋技術科学大学 情報工学系, 教授)
- ・臼井 英之 (神戸大学大学院 システム情報学研究科, 教授)
- ・川崎 繁男 (JAXA/ISAS, 教授)
- ・北野 正雄 (京都大学大学院工学研究科電子工学専攻, 教授)

- ・佐藤 亨 (京都大学大学院 情報学研究科通信情報システム専攻, 教授)
- ・宮坂 寿郎 (京都大学大学院農学研究科地域環境科学専攻, 助教)
- ・渡邊 隆司 (生存圏研究所 バイオマス変換分野, 教授)
- ・山本 衛 (生存圏研究所 レーダー大気圏科学分野, 教授)
- ・篠原 真毅 (委員長)(生存圏研究所 生存圏電波応用分野, 教授)
- ・小嶋 浩嗣 (生存圏研究所 宇宙圏電波科学分野, 准教授)
- ・橋口 浩之 (生存圏研究所 レーダー大気圏科学分野, 准教授)
- ・三谷 友彦 (生存圏研究所 生存圏電波応用分野, 助教)
- ・Tatsuo Itoh (国際委員(アドバイザー))(TRW Endowed Dept. of Electrical Engineering, UCLA, Chair)

平成 23 年度は平成 24 年 3 月 16 日に専門委員会を開催した。あわせて第 11 回宇宙太陽発電と無線電力伝送に関する研究会を実施し、共同利用成果の発表を行なった。

## 5. 特記事項

本共同利用設備は特に開発結果を測定に来る利用方法であるために、随時申請を受け付け、審査を行っている。また後期に利用が集中する傾向にある。また、実験型の運用であるため、実験補助員は必須であるが、現状では研究所スタッフがこれを勤めており、今後は実験補助員の充当が必要である。

平成 23 年度共同利用研究活動の中で作成された修士論文、博士論文  
共同利用研究の成果による学術賞および学術論文誌に発表された論文

1) 著書

- 篠原 真毅, “電気自動車のためのワイヤレス給電とインフラ整備 (監修: 堀洋一, 横井行雄)  
第 I 編 7 章 マイクロ波ワイヤレス給電(電気自動車)”, シーエムシー出版, 2011, pp.78-88  
篠原 真毅, 東長靖, 石坂晋哉編, “持続型生存基盤論グロッサリー”, 京都大学東南アジア研  
究所, 2011  
篠原 真毅(監修), “ワイヤレス給電の最前線”, シーエムシー出版, 2011

[解説記事]

- 大野康夫, “共振器結合による無線インターコネクション技術”, 電子情報通信学会誌, vol.94,  
no.12, 2011.12, pp.1046-1049  
篠原真毅, “無線電力伝送の概要と動向”, 電子情報通信学会誌, vol.95, no.1, 2012.1, pp.34-37  
篠原真毅, “マイクロ波給電システムの開発と応用”, KEC 情報, no.220, 2012.1, pp.18-23  
篠原真毅, “災害時における無線電力供給技術を活用した通信確保技術”, 電子情報通信学  
会誌, 2012.3

2) 学術論文誌

- K. Kashimura, J. Fukushima and M. Sato: Oxygen Partial Pressure Change with Metal Titanium  
Powder Nitriding under Microwave Heating, ISIJ International, Vol.51, No.2 (2011) 181 – 185  
Naoki Shinohara, “Beam Efficiency of Wireless Power Transmission via Radio Waves from Short  
Range to Long Range“, Journal of the Korean Institute of Electromagnetic Engineering and  
Science, Vol.10, No.4, 2011, pp.224-230  
Tomohiko Mitani, Masafumi Oyadomari, Hiroaki Suzuki, Katsuyuki Yano, Naoki Shinohara,  
Takashi Watanabe, Takahiko, Tsumiya and Hisayuki Segoe, “A Feasibility Study on a  
Continuous-Flow-Type Microwave Pretreatment System for Bioethanol Production from Woody  
Biomass”, 日本エネルギー学会誌, Vol.90, No.9, 2011, pp.881-885  
Naoki Shinohara, “Power without Wires”, IEEE Microwave Magazine, Vol.12, No.7, pp.S64-S73,  
2011  
Mayumi Matsunaga, Toshiaki Matsunaga and Masanori Nakano, “Indoor propagation analysis  
considering inhabitants”, IEICE Electronics Express, Vol. 8, No. 21 pp.1795-1800, 2011  
J. Fukushima, K. Kashimura, and M. Sato: Chemical bond cleavage induced by electron heating  
-Gas emission behavior of titanium-metalloid compounds (titanium nitride and oxide) in a  
microwave field -, Materials Chemistry and Physics, Vol. 131 (2011) 178-183  
J. Fukushima, K. Kashimura, S. Takayama and M. Sato: Microwave-energy Distribution for  
Reduction and Decrystallization of Titanium Oxides, Vol. 41, Chem. Lett. (2012) 39 - 41  
Mayumi Matsunaga, Kenji Kakemizu, and Toshiaki Matsunaga,, “A cross shaped spiral antenna  
radiating omnidirectional circularly and linearly polarized waves”, IEICE Electronics Express,  
in print, 2012  
S. Oshigami, S. Okuno, Y. Yamaguchi, M. Ohtake, J. Haruyama, T. Kobayashi, A. Kumamoto, and  
T. Ono, “The layered structure of lunar maria: Identification of the HF-radar reflector in Mare

Serenitatis using multiband optical images”, ICARUS, in print, 2012

Masahiro Yanagawa, Keiichiro Kashimura, Miyuki Hayashi, Motoyasu Sato, Kazuhiro Nagata, Tomohiko Mitani and Naoki Shinohara, “Development of Microwave Rotary Kiln Furnace for Iron Making - Effect of Kiln Shell Rotation on Refractory and Pig Iron Production -”, submitting to ISIJ International, 2012

### 3) 修士論文

辻直樹, “マイクロ波電力伝送用レクテナ群の最適配置と飛行実験”, 平成 22 年度九州工業大学大学院修士論文, 2011

渡邊宏弥, “固体天体地下浅部探査を目指した地中レーダーの検討”, 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻修士論文, 2011

飯田崇一朗, “Fe, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> 成形体のマイクロ波場での加熱特性及び Fe-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> 複合体化に伴う Fe の加熱特性向上メカニズムの解明”, 広島大学大学院工学研究科修士論文, 2011

横田真吾, “起伏のある地形における地下構築物内の電波伝搬に関する研究”, 福岡工業大学大学院工学研究科情報通信工学専攻修士論文, 2011

阿部まみ, “オープンリング共振器を用いた高周波帯非接触インターフェイスの研究”, 徳島大学大学院ソシオテクノサイエンス研究部修士論文, 2011

岡大介, “誘電体動き検出FDTDシミュレーション”, 愛媛大学大学院理工学研究科電子情報工学専攻修士論文, 2012

掛水健司, “偏波共用単層平面アンテナ”, 愛媛大学大学院理工学研究科電子情報工学専攻修士論文, 2012

中野雅則, “集合住宅における複数空間の人や窓ガラスの影響を考慮した電波伝搬”, 福岡工業大学大学院工学研究科情報通信工学専攻修士論文, 2012

椎原功太, “複数近接する建造物周辺の電界強度分布に関する研究”, 福岡工業大学大学院工学研究科情報通信工学専攻修士論文, 2012

石川峻樹, “パネル構造型宇宙太陽発電所のためのパネル位置推定を用いたビーム形成技術の研究”, 京都大学大学院工学研究科電気工学専攻修士論文 (博士連携コース), 2012

北野 遼, “個体惑星内部探査レーダ用超広帯域Vivaldi Antennaの研究”, 大阪府立大学大学院工学研究科航空宇宙海洋系専攻修士論文, 2012

### 4) 学士論文

朝田耕司, “マイクロ波整流用 GaN ショットキーダイオードの特性評価”, 徳島大学工学部学士論文, 2011

橋爪康佑, “損失のあるデジタル移相器を用いたフェーズドアレイアンテナにおけるエッジテーピングと不等素子間隔の効果”, 京都大学工学部電気電子工学科学士論文, 2011

T. Ito, “Performance evaluation of a breadboard model of a ground penetrating radar for subsurface sounding of solid bodies of the solar system”, 大阪府立大学工学部航空宇宙工学科学士論文, 2012

岩井亮佑, “誘電体障害物を考慮した室内伝搬解析”, 愛媛大学工学部電気電子工学科学士論文, 2012

高橋弘敬, “給電構造を考慮した平面アンテナ解析”, 愛媛大学工学部電気電子工学科学士論文, 2012

黒田悠平, “平面アンテナの折りたたみによる影響の検討”, 愛媛大学工学部電気電子工学科

学士論文, 2012

吉川大貴, “金属対応超小型アンテナの考察”, 愛媛大学工学部電気電子工学科学士論文, 2012

西田雄大, “アライメントに起因するホーンアンテナの交差偏波測定誤差”, 愛媛大学工学部電気電子工学科学士論文, 2012

森田亮祐, 日野諒一, “コンクリート建造物室内における人の位置を考慮した電界強度分布”, 福岡工業大学情報工学部情報通信工学科学士論文, 2012

野中亮, 藤本裕太郎, “ビル等の建築物を透過する電磁波について”, 福岡工業大学情報工学部情報通信工学科学士論文, 2012

新見優季, 松下貴春, “方形建造物における一部の壁面の媒質が異なる場合の電界強度分布”, 福岡工業大学情報工学部情報通信工学科学士論文, 2012

市原卓哉, “ZigBee 端末への間欠マイクロ波無線電力供給システムの研究開発”, 京都大学工学部電気電子工学科学士論文, 2012

平岡京, “マイクロ波電力伝送による MAV の飛行能力の検証”, 九州工業大学工学部機械知能工学科学士論文, 2012

5) 学会発表

(Invited) Motoyasu Sato, Kazuhiro Nagata, and Naoki Shinohara, “The MW Technology and Activities in Japan”, Microwave Processing of Materials, 2011.

(Invite) Naoki Shinohara, “Wireless Power Transmission”, Short Course at Thaikand-Japan MicroWave 2011 (TJMW2011), Bangkok, 2011.8.10-12, Proceedings pp.80-110

(Keynote) Naoki Shinohara, “Power from Space ; Space Solar Power Satellite/Station and Wireless Power Transmission”, TriSAI: Triangle Symposium on Advanced ICT., Korea, 2011.8.25-26

(Keynote) Naoki Shinohara, “Power from Space in Future and Present”, CIGR International Symposium on “Sustainable Bioproduction – Water, Energy, and Food”, Tokyo, 2011.9.19-23

(Plenary) Naoki Shinohara, “Possibility of Wireless Charging System via Microwaves for Electric Vehicle”, International Forum on Electric Vehicle (IFEV2011), Korea, 2011.11.17-18

Mayumi Matsunaga, Kenji Kakemizu, Massimo Candotti and Toshiaki Matsunaga, “A Multi-Polarization and Multi-Frequency Single Layered Planar Antenna,” Proceedings of the Fifth European Conference on Antennas and Propagation (EuCAP) 2011 (Rome, Italy), pp. 647 - 650, April. 11 - 15, 2011.

Naoki Shinohara, “Development of Rectenna with Wireless Communication System”, 5<sup>th</sup> European Conference on Antenna and Propagation (EuCAP2011), Roma, 2011.4.10-15, CD-ROM 1569379251.pdf (pp.4139-4142)

Kazuhiro Nishida, Yuhei Taniguchi, Kenji Kawakami, Yukihiro Homma, Hiroyuki Mizutani, Moriyasu Miyazaki, Hiroshi Ikematsu, and Naoki Shinohara, “5.8GHz High Sensitivity Rectenna Array”, 2011 IEEE MTT-S International Microwave Workshop Series on Innovative Wireless Power Transmission: Technologies, Systems, and Applications (IMWS-IWPT2011), Kyoto, 2011.5.12-13, Proceedings pp.19-22

Kenji Harauchi, Yuichi Iwasaki, Mami Abe, Jin-Ping Ao, Naoki Shinohara, Hiroshi Tonomura and Yasuo Ohno, “Power Transmission through Insulating Plate Using Open-Ring Resonator Coupling and GaN Schottky Diode”, 2011 IEEE MTT-S International Microwave Workshop Series on Innovative Wireless Power Transmission: Technologies, Systems, and Applications

- (IMWS-IWPT2011), Kyoto, 2011.5.12-13, Proceedings pp.33-36
- Yoshinori Tsuyama, Koji Yamanaka, Koji Namura, Shin Chaki and Naoki Shinohara, “Internally-matched GaN HEMT High Efficiency Power Amplifier for SPS”, 2011 IEEE MTT-S International Microwave Workshop Series on Innovative Wireless Power Transmission: Technologies, Systems, and Applications (IMWS-IWPT2011), Kyoto, 2011.5.12-13, Proceedings pp.41-44
- Yukihiro Homma, Takuro Sasaki, Koji Namura, Fuminori Sameshima, Tsuyoshi Ishikawa, Hiroki Sumino and Naoki Shinohara, “New Phased Array and Rectenna Array Systems for Microwave Power Transmission Research”, 2011 IEEE MTT-S International Microwave Workshop Series on Innovative Wireless Power Transmission: Technologies, Systems, and Applications (IMWS-IWPT2011), Kyoto, 2011.5.12-13, Proceedings pp.59-62
- Akihito Nagahama, Tomohiko Mitani, Naoki Shinohara, Naoki Tsuji, Keita Fukuda, Yoshitaka Kanari, and Koichi Yonemoto, “Study on a Microwave Power Transmitting System for Mars Observation Airplane”, 2011 IEEE MTT-S International Microwave Workshop Series on Innovative Wireless Power Transmission: Technologies, Systems, and Applications (IMWS-IWPT2011), Kyoto, 2011.5.12-13, Proceedings pp.63-66
- Takaki Ishikawa and Naoki Shinohara, “Study on Optimization of Microwave Power Beam of Phased Array Antenna for SPS”, 2011 IEEE MTT-S International Microwave Workshop Series on Innovative Wireless Power Transmission: Technologies, Systems, and Applications (IMWS-IWPT2011), Kyoto, 2011.5.12-13, Proceedings pp.153-156
- Tomohiro Takahashi, Tomohiro Mizuno, Manabu Sawa, Takuro Sasaki, Toru Takahashi, and Naoki Shinohara, “Development of Phased Array for High Accurate Microwave Power Transmission”, 2011 IEEE MTT-S International Microwave Workshop Series on Innovative Wireless Power Transmission: Technologies, Systems, and Applications (IMWS-IWPT2011), Kyoto, 2011.5.12-13, Proceedings pp.157-160
- Ken Hatano, Naoki Shinohara, Tomoniko Mitani, Kenjiro Nishikawa, Tomohiro Seki, and Ken Hiraga, “Development of Class-F Load Rectennas”, 2011 IEEE MTT-S International Microwave Workshop Series on Innovative Wireless Power Transmission: Technologies, Systems, and Applications (IMWS-IWPT2011), Kyoto, 2011.5.12-13, Proceedings pp.251-254
- Yuichiro Ozawa, Takahiro Hirano, Eiichiro Fujiwara, Teruo Fujiwara, and Naoki Shinohara, “Phase Control System of SSPS -Automatic Correction of Phase Variations Generated at Power Amplifier-“, 2011 IEEE MTT-S International Microwave Workshop Series on Innovative Wireless Power Transmission: Technologies, Systems, and Applications (IMWS-IWPT2011), Kyoto, 2011.5.12-13, Proceedings pp.263-266
- Ken-ichiro Maki, Masashi Takahashi, Kengo Miyashiro, Koji Tanaka, Susumu Sasaki, Kousuke Kawahara, Yukio Kamata, and Kimiya Komurasaki, “Microwave Characteristics of a Wireless Power Transmission Panel Toward the Orbital Experiment of a Solar Power Satellite”, 2011 IEEE MTT-S International Microwave Workshop Series on Innovative Wireless Power Transmission: Technologies, Systems, and Applications (IMWS-IWPT2011), Kyoto, 2011.5.12-13
- Koji Tanaka, Maki Kenichiro, Masashi Takahashi, Tadasi Ishii and Susumu Sasaki, “Development of Bread Board Model for Microwave Power Transmission Experiment from Space to Ground Using Small Scientific Satellite”, 2011 IEEE MTT-S International Microwave Workshop Series on Innovative Wireless Power Transmission: Technologies, Systems, and Applications

- (IMWS-IWPT2011), Kyoto, 2011.5.12-13
- Mayumi Matsunaga, Toshiaki Matsunaga, Massimo Candotti and Kazufumi Inomata, "A Study of Electromagnetic Wave Propagation for the Estimation of Human Density inside Rooms," Proc. of CSIT vol.5, pp.64 - 69, May 2011.
- Mayumi Matsunaga, Kenji Kakemizu, Massimo Candotti and Toshiaki Matsunaga, "An Omni-Directional Multi-Polarization and Multi-Frequency Antenna," Proceedings of the 2011 IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium (APSURSI) (Spokane, WA, USA), pp. 2765 - 2768, July. 3 - 8, 2011.
- Naoki Shinohara, "Wireless Charging System of Electric Vehicle with GaN Schottky Diodes", IMS2011 Workshop WFA, Baltimore, 2011.6.10, CD-ROM
- T. Mitani, S. Tanaka and Y. Ebihara, "Experimental Study on One-dimensional Phased Array Antenna Including Lossy Digital Phase Shifters for Transmitting Power Maximization", The XXX General Assembly of the International Union of Radio Science, Proceedings CHGBDJK.6, Istanbul, Turkey, Aug. 13-20, 2011.
- Naoki Shinohara, "New Research Facilities of Phased Array and Anechoic Chamber for SPS", International Union of Radio Science (URSI) General Assembly 2011, Istanbul, 2011.8.13-20, CD-ROM CHGBDJK-7.pdf
- Naoki Shinohara, Kenjiro Nishikawa, Tomohiro Seki, and Ken Hiraga, "Development of 24 GHz Rectennas for Fixed Wireless Access", International Union of Radio Science (URSI) General Assembly 2011, Istanbul, 2011.8.13-20, CD-ROM C6-3.pdf
- Yuichi Iwasaki, Kenji Harauchi, Jin-Ping Ao, Naoki Shinohara, Hiroshi Tonomura and Yasuo Ohno, "Open-Ring Resonator Coupling with GaN SBD for Microwave Power Transmission", 2011 9th Topical Workshop on Heterostructure Microelectronics (TWHM2011), Gifu, 2011.8.28-31
- Naoki Shinohara and Takaki Ishikawa, "High Efficient Beam Forming with High Efficient Phased Array for Microwave Power Transmission", 2011 International Conference on Electromagnetics in Advanced Applications (ICEAA'11), Turin, 2011.9.12-16, pp.729-732
- Mayumi Matsunaga, Toshiaki Matsunaga and Masanori Nakano, "Modelling and Measurement Techniques for Propagation of Indoor Wireless Communications Taking into Account Building's Structures and Human Bodies," Proc. of 2011 Loughborough Antennas and Propagation Conference (LAPC), pp. 1 - 4, (Loughborough) Nov. 14 - 15, 2011
- M. Sato, J. Fukushima, K. Kashimura and M. Tanaka: Studies on reaction kinetics under coherent microwave irradiations, SPIE (2011) p. p. 8121 - 8135
- J. Fukushima, K. Kashimura and M. Sato: Reduction Enhancement of Copper oxide during Microwave Heating, AMPERE (2011) 9/8
- J. Fukushima, K. Kashimura, M. Sato and M. Tanaka: Theory of Microwave Non-Thermal Effects, AMPERE (2011) 9/8
- M. Sato, J. Fukushima and K. Kashimura: Energy Transfer Analysis to Clear Microwave Effects in Materials: An Over View ICMAT (2011) 6/26 - 7/1 (Singapore)
- K. Ishiyama, A. Kumamoto, T. Ono, Y. Yamaguchi, N. Terada, Y. Katoh, J. Haruyama, M. Ohtake, and S. Oshigami, "Estimation of the permittivity in the lunar surface layer based on Lunar Radar Sounder, terrain camera, and multiband imager onboard Kaguya Spacecraft (SELENE)," The 6th KAGUYA (SELENE) Science Working Team Meeting, U. Nagoya, Jan. 10-12, 2012.
- (招待) 松永利明, "アンテナの特性及び損失誘電体近傍の電磁界の振る舞いにおける実験的



- 検討について～ マイクロ波からサブミリ波まで ～”, 電子情報通信学会アンテナ・伝播研究会, 2012年1月19日
- (招待) 松永利明, “損失誘電体近傍の電磁界の振る舞い及びマイクロ波からサブミリ波までのアンテナ特性における実験的検討”, 映像情報メディア学会放送技術研究会, 2012年1月26日
- (招待) 大野康夫, “オープンリング共振器を用いたマイクロ波電力伝送”, Microwave Workshop and Exhibition 2011, WS19, 2011.11.30-12.2
- 宮本英昭, 西堀俊幸, 真鍋武嗣, 渡邊宏弥, 平田直之, 北野遼, 春山純一, “小惑星の内部構造とレーダー探査,” 第2回はやぶさ2から考えるサイエンス研究会, 東京, January 13, 2011.
- 氏原秀樹, 市川隆一, 小山泰弘, 木村公洋, 松本浩平, 小川英夫, 川口則幸, “有限要素法ソフトによるアンテナシミュレーション(II)”, 日本天文学会 2011年春季年会 2011.3.16-19
- 辻直樹, 福田敬大, 可成理高, 長濱章仁, 三谷友彦, 米本浩一, “マイクロ波電力伝送レクテナ群の最適配置と飛行実験,” 日本機械学会九州支部第64期総会・講演会, 九州大学伊都キャンパス, 2011年3月17日
- 宮本英昭, 西堀俊幸, 真鍋武嗣, 渡邊宏弥, 平田直之, 北野遼, 春山純一, “太陽系小天体の表面プロセス: 小惑星の内部構造と、その探査に向けて,” 日本地球惑星科学連合2011年大会, PPS022-07, 千葉, May 26, 2011.
- 橋爪康佑, 田中俊二, 三谷友彦, 蛭原義雄, “デジタル移相器の損失を考慮したフェーズドアレイアンテナによる無線送電の効率化 - エッジテーパリングと不等素子間隔の効果の検討”, 第55回システム制御情報学会研究発表講演会, pp.339-340, 2011.5.17-19
- 原内健次, 岩崎裕一, 林野耕平, 赦金平, 篠原真毅, 外村博史, 大野泰夫, “オープンリング共振器と GaN ショットキーダイオードを用いた無線電力伝送”, 電子情報通信学会ソサイエティ大会, 2011.9.13-16, C-10-6
- 岩崎裕一, 原内健次, 福居和人, 赦金平, 大野泰夫, “電力伝送用オープンリング共振器無線接続の評価”, 電子情報通信学会ソサイエティ大会, 2011.9.13-16, C-2-31
- 三谷友彦, 矢野克之, 鈴木宏明, 篠原真毅, 大代正和, 親泊政二三, 都宮孝彦, 瀬郷久幸, 桂陽子, 渡辺隆司, “木質バイオマス前処理用連続処理型マイクロ波照射装置の開発”, 電子情報通信学会ソサイエティ大会, 2011.9.13-16,
- 中野雅則, 松永利明, 松永真由美, “集合住宅内における複数空間の人の影響を考慮した電波伝搬”, H23年電気関係学会九州支部連合大会論文集, 10-2A-11, 2011年9月27日
- 椎原功太, 松永利明, 松永真由美, “建造物外壁の媒質が異なる密集する集合住宅による周囲への電磁波散乱”, 10-2A-12, 2011年9月27日
- 猪俣和史, 松永利明, 松永真由美, 内田一徳, “人の影響を考慮した壁面の一部の媒質が異なる方形建造物内の電波伝搬”, 2011年度電子情報通信学会九州支部学生会講演会・講演論文集, B-3, 2011年9月28日
- 長濱章仁, 三谷友彦, 篠原真毅, 辻直樹, 可成理高, 米本浩一, “火星飛行探査機への無線電力供給を想定したフェーズドアレイ送電システムの研究”, 電子情報通信学会第8回無線電力伝送研究会, 2011.10.12-14, 信学技報 WPT2011-08 (2011-10)
- 原内健次, 岩崎裕一, 林野耕平, 赦金平, 篠原真毅, 外村博史, 大野泰夫, “オープンリング共振器と GaN SBD を用いたマイクロ波電力伝送”, 電子情報通信学会第8回無線電力伝

- 送研究会, 2011.10.12-14, 信学技報 WPT2011-09 (2011-10)
- 掛水健司, 松永真由美, 松永利明, “1.5/2.45GHz 二偏波共用単層アンテナ,” 信学技報(マイクロ波 MW2011-108), vol. 111, No. 250, pp125-129, 2011年10月21日
- 永田和宏, 佐藤元泰, 原京介, 堀田雅弘, 北村洋平, 林幸, 檜村京一郎, 三谷友彦, 福島潤: マイクロ波高炉とその耐火物, 第10回環境と耐火物研究会, 東京工業大学 (東京) 2011/11/22
- 北野遼, 真鍋武嗣, 西堀俊幸, 春山純一, 宮本英昭, “固体惑星内部探査レーダ用超広帯域 Vivaldi antenna の設計,” 平成23年電気関係学会関西連合大会, 30P1-2, 姫路, Nov. 29-30, 2011.
- 三谷友彦, 長濱章仁, 木村光利, 篠原真毅, “電力可変型位相制御マグネトロンを用いたマイクロ波強度分布制御の可能性”, 第5回日本電磁波エネルギー応用学会シンポジウム, 2011.11.29-12.1
- 檜村京一郎, 福島潤, 佐藤元泰, 三谷友彦, 篠原真毅: マイクロ波による金属チタンの大気圧下窒化に関する考察, 第5回日本電磁波エネルギー応用学会シンポジウム, パシフィコ横浜 (神奈川) 2011/12/1
- 佐藤元泰, 永田和宏, 篠原真毅, 三谷友彦, 檜村京一郎: フェーズドアレイアンテナを使った工業用マイクロ波アプリケーションの概念設計, 第5回日本電磁波エネルギー応用学会シンポジウム, パシフィコ横浜 (神奈川) 2011/12/1
- 福島潤, 檜村京一郎, 佐藤元泰: マイクロ波による酸化金属の還元, 第5回日本電磁波エネルギー応用学会シンポジウム, パシフィコ横浜 (神奈川) 2011/12/1
- 辰巳隆二, 松永真由美, 松永利明, “差分法による誘電体の移動速度及び厚みの検出シミュレーション”, 信学技報(マイクロ波), 2011年12月16日
- 岡大介, 松永真由美, 松永利明, “移動する誘電体境界を扱う2次元FDTD解析の有効性の検討”, 信学技報(マイクロ波), 2011年12月16日
- 松室堯之, 石川容平, 篠原真毅, “球面電磁波のエネルギー、角運動量の保存に関する一考察”, 輻射科学研究会, 2011.12.21, 資料RS11-12
- 椎原功太, 松永利明, 松永真由美, “複数の近接する集合住宅間の外壁の媒質が異なる建造物周辺の電界強度分布”, 映像情報メディア学会放送技術研究会, 2012年1月26日
- 中野雅則, 松永利明, 松永真由美, “集合住宅における複数室間の壁や窓および人の影響を考慮した電界強度分布”, 映像情報メディア学会放送技術研究会, 2012年1月26日
- 猪俣和史, 松永利明, 松永真由美, 内田一徳, “窓ガラスがある方形建造物内および近傍の電波伝搬”, 映像情報メディア学会放送技術研究会, 2012年1月26日
- 西堀俊之, “地下探査レーダシステム,” 第二回月と火星の縦孔・溶岩チューブ探査研究会, 富士河口湖町中央公民館, Mar. 10, 2012.
- 原内健次, 岩崎裕一, 林野耕平, 赦金平, 篠原真毅, 外村博史, 大野泰夫, “オープンリング共振器とGaNSBDを用いたマイクロ波電力伝送”, 応用物理学会, 2012.3.15-18
- 市原卓哉, 三谷友彦, 篠原真毅, “ZigBee 端末への間欠マイクロ波電力伝送の研究”, 電子情報通信学会第11回無線電力伝送研究会, 2012.3.16, in print
- 波多野健, 篠原真毅, 三谷友彦(京大生存研), 関智弘, 川島宗也, “24GHz帯F級負荷装荷レクテナの改良”, 電子情報通信学会第11回無線電力伝送研究会, 2012.3.16, in print
- 原内健次, 岩崎裕一, 林野耕平, 塩入達明, 福居和人, 赦金平, 大野泰夫, 篠原真毅, 外村博史, “GaNSBDとオープンリング共振器を用いた非接触マイクロ波電力伝送”, 電子情報通信学会第11回無線電力伝送研究会, 2012.3.16, in print

- 北野遼、真鍋武嗣、伊藤琢博、西堀俊幸、春山純一、宮本英昭、“固体惑星内部探査レーダ用 Vivaldi Antenna の広帯域化”，電子情報通信学会第 11 回無線電力伝送研究会，2012.3.16, in print
- 松永真由美、松永利明、“偏波共用スパイラルアンテナ”，電子情報通信学会第 11 回無線電力伝送研究会，2012.3.16, in print
- 小澤雄一郎、藤原暉雄、藤原栄一郎、篠原真毅、三谷友彦、“レクテナアレイの特性評価”，電子情報通信学会第 11 回無線電力伝送研究会，2012.3.16, in print
- 石川峻樹、篠原真毅、“パネル構造型宇宙太陽発電所のためのパネル位置推定を用いたビーム形成技術の研究”，電子情報通信学会第 11 回無線電力伝送研究会，2012.3.16, in print
- 田中俊二、三谷友彦、蛭原義雄、“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による無線伝送電力最大化—励振振幅と励振位相の同時最適化—”，電子情報通信学会第 11 回無線電力伝送研究会，2012.3.16, in print
- 平岡京、福田敬大、鳴海智博、松本剛明、米本浩一、長濱章仁、三谷友彦、篠原真毅、“マイクロ波電力伝送による MAV の飛行能力検証”，電子情報通信学会第 11 回無線電力伝送研究会，2012.3.16, in print
- 本間幸洋、佐々木拓郎、篠原真毅、“マイクロ波エネルギー伝送に関する研究”，電子情報通信学会第 11 回無線電力伝送研究会，2012.3.16, in print
- 田中孝治、高橋将司、牧謙一郎、佐々木進、“マイクロ波を用いた無線送電実験のためのアレイアンテナの特性評価”，電子情報通信学会第 11 回無線電力伝送研究会，2012.3.16, in print
- 氏原秀樹、川口則幸他 (TBD)、“電波天文用広帯域フロントエンドの開発 (TBD)”，電子情報通信学会第 11 回無線電力伝送研究会，2012.3.16, in print
- 織笠光明、藤野義之、佐藤正樹、浜本直和、辻宏之、“地上衛星共用電話システム用反射鏡付き小規模受信 DBF 装置の基礎実験”，電子情報通信学会第 11 回無線電力伝送研究会，2012.3.16, in print
- 佐藤元泰他 (TBD)，“マイクロ波加熱機構の解明—電波暗室を使った低バックグラウンド下の周波数分解と分子振動の観測— (TBD)”，電子情報通信学会第 11 回無線電力伝送研究会，2012.3.16, in print
- 市原卓哉、篠原真毅、三谷友彦、“ZigBee 端末への間欠マイクロ波無線電力供給システムの研究開発”，電子情報通信学会総合大会，2012.3.20-23, in print
- 石川峻樹、篠原真毅、“パネル構造型 SPS におけるビーム補正のための送電パネル位置推定に関する研究”，電子情報通信学会総合大会，2012.3.20-23, in print
- 長濱章仁、三谷友彦、篠原真毅、福田敬大、平岡京、米本浩一、“火星飛行探査機へのマイクロ波無線電力供給用送電システムの自動追尾と電力制御実験”，電子情報通信学会総合大会，2012.3.20-23, in print
- 織笠光明、藤野義之、佐藤正樹、浜本直和、辻宏之、“地上衛星共用携帯電話システム用小規模給電回路の放射パターン測定および評価”，電子情報通信学会総合大会，2012.3.20-23, in print
- 北野遼、真鍋武嗣、西堀俊幸、春山純一、宮本英昭、“個体惑星内部探査レーダ用超広帯域 Vivaldi Antenna”，電子情報通信学会総合大会，2012.3.20-23, in print
- 塩入達明、岩崎裕一、原内健次、福居和人、敖金平、大野泰夫、“オープンリング共振器無線送電への水濡れの影響”，電子情報通信学会総合大会，2012.3.20-23, in print
- 福居和人、竹内太郎、林野耕平、原内健次、岩崎裕一、敖金平、大野泰夫、“マイクロ波整流用

GaN ショットキーダイオードの特性改善”, 電子情報通信学会総合大会, 2012.3.20-23, in print  
林野耕平, 原内健次, 岩崎裕一, 福居和人, 敖金平, 大野泰夫, “GaN ショットキーダイオードを用いたレクテナ回路の損失分析”, 電子情報通信学会総合大会, 2012.3.20-23, in print

## 赤道大気レーダー全国国際共同利用専門委員会

### 1. 共同利用施設および活動の概要

#### 1. 1. 概要

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

#### 1. 2. 共同利用に供する設備

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

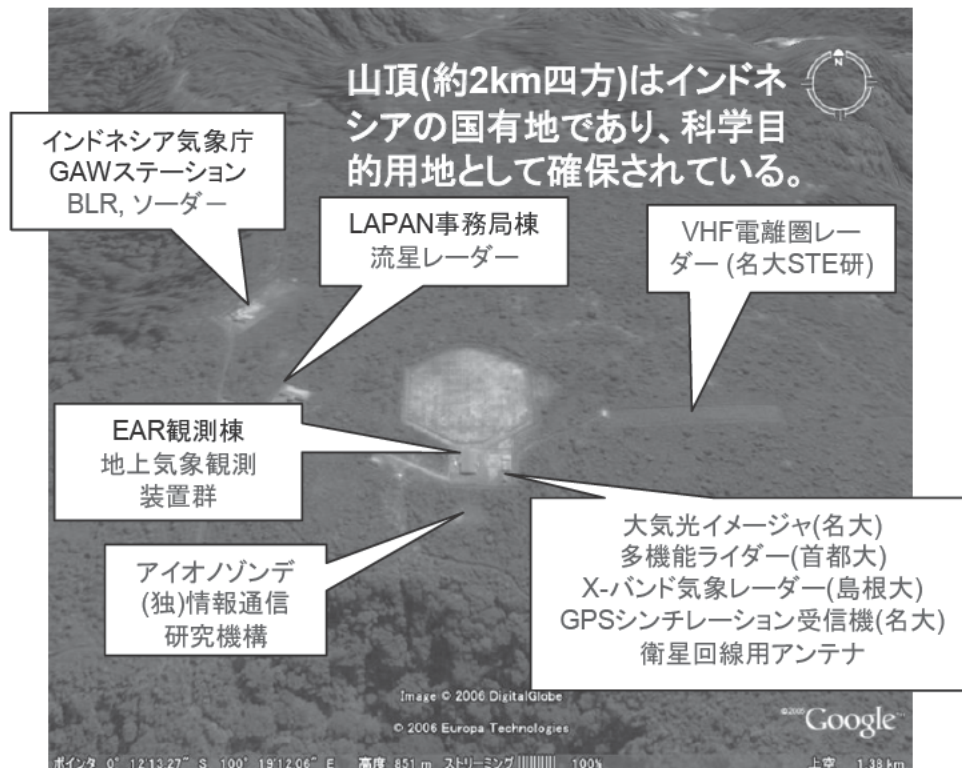


図 1 : 赤道大気レーダー (中央) を含む観測所全景と観測装置群

### 1. 3. 共同利用の公募

共同利用の公募は年 1 回としており、赤道大気レーダーのホームページ (<http://www.rish.kyoto-u.ac.jp/ear/>) に掲載すると共に、各種メーリングリストでも案内している。専門委員会において、応募課題の審査や EAR 運営状況について議論し、観測時間の割当て等を行う。国際的な共同研究プログラムからの観測依頼など、緊急を要する場合は専門委員長が採否を決定する。必要に応じて電子メールベースで委員に回議する。

### 1. 4. 長期連続観測と観測モード

EAR は平成 13 年の完成以来、長期連続観測を実施してきた。観測時間の実績を図 2 に示す。主たる長期連続観測のモードは高度 20 km 程度までの対流圏・下部成層圏観測である。また EAR は電離圏の研究にも有用であり、電離圏イレギュラリティ (FAI) 観測も適宜実施されている (図 2 の濃色で示した期間)。22 年 7 月からは、科学技術戦略推進費 (旧 科学技術振興調整費) 「インドネシア宇宙天気研究の推進と体制構築」 (22~24 年度; 山本衛代表) の課題に対応するため、対流圏・下部成層圏・電離圏の切替観測を標準的に実施している。観測データについては、一次解析で得られる風速、スペクトル幅、エコー強度等の 10 分値を、ホームページ (<http://www.rish.kyoto-u.ac.jp/ear/data/>) において公開している。

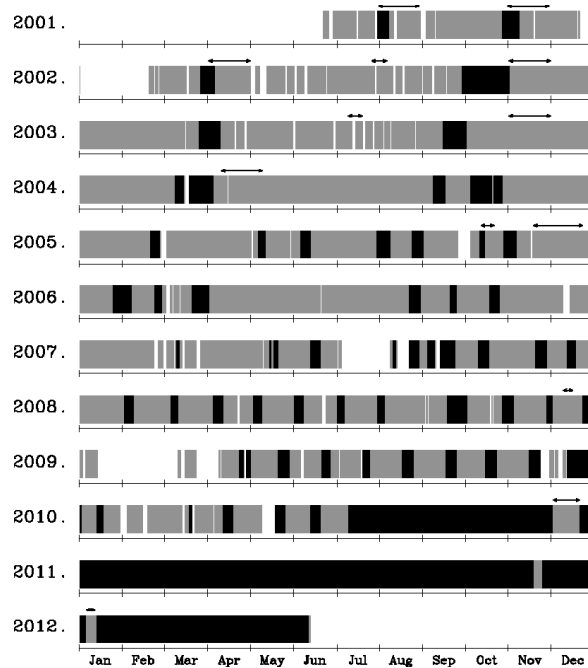


図 2 : 赤道大気レーダー長期連続観測の実績

(濃色部分 : 電離圏観測を同時実施、矢印: ラジオゾンデ観測を同時実施)

### 1. 5. 運営と予算状況

EAR の運営はインドネシア航空宇宙庁 (LAPAN) との MOU に基づき共同で行なっており、例えば現地オペレータには LAPAN 職員が就いている。その他の運営費は日本側の負担であり、装置維持費と特別教育研究経費の一部が充てられている。運営費は決して充分ではな

いため、時々競争的資金を活用している。

## 2. 共同利用研究の成果

### ○熱帯性降雨に関する研究

赤道域では、強い日射と豊富な水蒸気量に伴い降水量が非常に多いため、降雨に関する研究が数多く行なわれている。EAR・X 帯気象レーダー・地上降雨の長期データ解析による季節内変動に伴う降水活動の研究（柴垣他）、EAR・境界層レーダー・ディストロメータによる降雨粒径分布の研究（古津・下舞・Findy 他）、EAR・ライダーによる層状性降水特性の研究（山本(真)・妻鹿・阿保他）、静止気象衛星データを用いた降水雲伝搬特性の研究（Marzuki・橋口他）、X 帯気象レーダーを用いた衛星回線降雨減衰統計に関する研究（前川他）などが行われている。

### ○大気層の構造に関する研究

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

### ○ライダーによる対流圏・成層圏・中間圏の観測

高性能ライダーが設置されており、対流圏から成層圏にかけてのエアロゾル層、目に見えない薄い巻雲が長期間連続に観測され、EAR との比較研究が行われている（阿保・山本(真)他）。レイリーライダーによる成層圏～中間圏領域及びラマンライダーによる対流圏上部～成層圏領域の気温分布や、中間圏上部に存在する金属原子層の観測が行われ、赤道域における非常に貴重なデータを提供している。下部対流圏における気温分布を観測するためのカリウム原子フィルターを用いた高スペクトル分解能ライダーや、対流圏界面領域のオゾン分布を高分解能で観測可能なライダーの開発が進められている（長澤・阿保・柴田他）。

### ○電離圏イレギュラリティの研究

磁気赤道を中心として低緯度電離圏にはプラズマバブルと呼ばれる強い電離圏イレギュラリティ (FAI) が発生し、衛星＝地上間の通信に大きな悪影響を与える。EAR・大気光イメージャ・GPS 受信機・VHF レーダー・イオノゾンデを駆使した研究が展開中である（山本衛・大塚・塩川・石井・長妻他）。例えば、対流圏～中間圏界面で発生した大気重力波が熱圏へ伝搬することによって発生した中規模伝搬性電離圏擾乱 (MSTID) に関して、その伝搬特性などが研究されている（大塚・塩川他）。また、真夜中過ぎ電離圏擾乱について、5～8月に最も出現率が高く、太陽活動度と逆相関であること、擾乱出現の数時間前から電離圏高度が上昇することなどが明らかになりつつある（西岡・津川他）。

### 3. 共同利用状況

本共同利用は平成 17 年度に開始されており、下表に示すとおり、利用件数は 20～30 件程度で順調に推移している。また当初から国際共同利用を実施しており（17～18 年度はインドネシア国内からの申請のみに制限したが、19 年度からはその制限をなくした）、約 3 割が国際共同利用課題である。平成 19 年度からは毎年度に赤道大気レーダーシンポジウムを開催しており、平成 23 年度には 9 月 8～9 日に第五回を開催した。

表：EAR 共同利用状況

年度 (平成)	17	18	19	20	21	22	23
採択課題件数 *	21 (4)	22 (2)	33 (9)	34 (10)	30 (9)	25 (7)	26 (9)
共同利用者数 **	108	165	205	214	190	156 (学内 42 学外 114)	167 (学内 48 学外 119)

\* ( )内数字は国際共同利用課題数

\*\* 研究代表者および研究協力者の延べ人数

### 4. 専門委員会の構成及び開催状況（平成 23 年度）

委員会の構成

橋口浩之(委員長、京大 RISH)	津田敏隆(京大 RISH)	山本衛(京大 RISH)
矢野浩之(京大 RISH)	山本真之(京大 RISH)	長澤親生(首都大)
山中大学(海洋研究開発機構)	大塚雄一(名大 STE 研)	古津年章(島根大)
国際委員(アドバイザー) Dr. Thomas Djamaludin (インドネシア LAPAN 次官)		

平成 24 年 2 月 20 日に専門委員会を開催し、平成 24 年度申請課題の選考を行った。

### 5. 特記事項

EAR が完成から 10 周年を迎えたことを記念して、平成 23 年 9 月 22 日にジャカルタにおいて記念式典・祝賀パーティを開催した。式典では、Suharna Surapranata インドネシア研究技術 (RISTEK) 大臣、鹿取克章 駐インドネシア特命全権大使（島田順二 公使による代読）、澤川和宏 文部科学省研究振興局学術機関課長、塩田浩平 京都大学理事・副学長らから、祝辞が述べられた。その後、2 日間にわたって開催された記念国際シンポジウムでは、16 件の口頭発表と 34 件のポスター発表が行われ、これまでの研究成果がレビューされるとともに、最新の研究成果や今後の研究計画について活発な議論がなされた。

共同利用の更なる発展を図るため、平成 24 年 6 月から MU レーダー／赤道大気レーダー全国国際共同利用専門委員会として統合することとした。



## 6. 論文リスト

### ・修士論文

福島大祐, Study of nighttime equatorial ionospheric disturbances in 630-nm airglow images (630nm 大気光撮像観測による夜間赤道域の電離圏擾乱の研究), 名古屋大学大学院工学研究科電気情報システム専攻, 修士論文, 2012.

### ・学士論文

占部享史, 赤道大気レーダーによる熱帯対流圏のレンジイメージング観測, 京都大学工学部電気電子工学科, 2011.

下家猛, 赤道大気レーダー・降雨レーダーを用いた熱帯対流活動の研究, 大阪電気通信大学情報通信工学部通信工学科, 2011.

### ・学術論文誌

Tabata, Y., H. Hashiguchi, M.K. Yamamoto, M. Yamamoto, M.D. Yamanaka, S. Mori, Fadli Syamsudin, and Timbul Manik, Lower Tropospheric Horizontal Wind over Indonesia: A Comparison of Wind-profiler Network Observations with Global Reanalyses, *J. Atmos. Solar-Terr. Phys.*, **73(9)**, 986-995, doi:10.1016/j.jastp.2010.09.016, 2011.

Tabata, Y., H. Hashiguchi, M.K. Yamamoto, M. Yamamoto, M.D. Yamanaka, S. Mori, Fadli Syamsudin, and Timbul Manik, Observational Study on Diurnal Precipitation Cycle in Equatorial Indonesia using 1.3-GHz Wind Profiling Radar Network and TRMM Precipitation Radar, *J. Atmos. Solar-Terr. Phys.*, **73(9)**, 1031-1042, doi:10.1016/j.jastp.2010.10.003, 2011.

Fudeyasu, H., K. Ichianagi, K. Yoshimura, S. Mori, N. Sakurai, Hamada, J.-I., M. D. Yamanaka, J. Matsumoto, and F. Syamsudin, Effects of large-scale moisture transport and mesoscale processes on precipitation isotope ratios observed at Sumatera, Indonesia, *J. Meteor. Soc. Japan*, **89A**, 49-59, 2011.

Mori, S., Hamada J.-I., N. Sakurai, H. Fudeyasu, M. Kawashima, H. Hashiguchi, F. Syamsudin, A.A. Arbain, R. Sulistyowati, J. Matsumoto, and M.D. Yamanaka, Convective systems developed along the coastline of Sumatera Island, Indonesia, observed with an X-band Doppler radar during the HARIMAU2006 Campaign, *J. Meteor. Soc. Japan*, **89A**, 61-81, 2011.

Kawashima, M., Y. Fujiyoshi, M. Ohi, T. Honda, S. Mori, N. Sakurai, Y. Abe, W. Harjupa, F. Syamsudin, and M. D. Yamanaka, Case study of an intense wind event associated with a mesoscale convective system in west Sumatera during the HARIMAU2006 campaign, *J. Meteor. Soc. Japan*, **89A**, 239-257, 2011.

前川泰之・柴垣佳明・佐藤亨・山本衛・橋口浩之・深尾昌一郎, 赤道域 Ku 帯衛星回線伝搬

- 路における降水雲分布の影響, *信学技報*, **AP2011**, 1-6, 2011.
- Marzuki, W.L. Randeu T. Kozu, T. Shimomai, and H. Hashiguchi, Raindrop Axis Ratios, Fall Velocities and Size Distribution over Sumatra from 2D-Video Disdrometer Measurement, *Atmospheric Research*, **97**, doi:10.1016/j.atmosres.2011.08.006, 2011.
- Sakurai, N., S. Mori, M. Kawashima, Y. Fujiyoshi, HAMADA J.-I., S. Shimizu, H. Fudeyasu, Y. Tabata, W. Harjupa, H. Hashiguchi, M. D. Yamanaka, J. Matsumoto, Emrizal, and F. Syamsudin, Migration process and 3D wind field of precipitation systems associated with a diurnal cycle in West Sumatera: Dual Doppler radar analysis during the HARIMAU2006 campaign, *J. Meteor. Soc. Japan*, **89**, 309-329, 2011.
- Dhaka, S. K., R. Bhatnagar, Y. Shibagaki, H. Hashiguchi, S. Fukao, T. Kozu, and V. Panwar, Characteristics of gravity waves generated in a convective and a non-convective environment revealed from hourly radiosonde observation under CPEA-II campaign, *Ann. Geophys.*, **29**, 2259-2276, doi:10.5194/angeo-29-2259-2011, 2011.
- Sapra, R., S.K. Dhaka, V. Panwar, R. Bhatnagar, K.P. Kumar, Y. Shibagaki, M.V. Ratnam and M. Takahashi, Long-term variations in outgoing long-wave radiation (OLR), convective available potential energy (CAPE) and temperature in the tropopause region over India, *J. Earth Syst. Sci.*, **120**, 807-823, 2011
- Rao, N.V., Y. Shibagaki, and T. Tsuda, Diurnal variation of short-period (20-120 min) gravity waves in the equatorial mesosphere and lower thermosphere and its relation to deep tropical convection, *Ann. Geophys.*, **29**, 623-629, doi:10.5194/angeo-29-623-2011, 2011
- Yokoyama, T., M. Yamamoto, Y. Otsuka, M. Nishioka, T. Tsugawa, S. Watanabe, and R. F. Pfaff, On post-midnight low-latitude ionospheric irregularities during solar minimum: 1. Equatorial Atmosphere Radar and GPS-TEC observations in Indonesia, *J. Geophys. Res.*, **116**, A11325, doi:10.1029/2011JA016797, 2011.
- Tsunoda, R. T., M. Yamamoto, T. Tsugawa, T. L. Hoang, S. Tulasi Ram, S. V. Thampi, H. D. Chau, and T. Nagatsuma, On seeding, large-scale wave structure, equatorial spread F, and scintillations over Vietnam, *Geophys. Res. Lett.*, **38**, L20102, doi:10.1029/2011GL049173, 2011.
- Liu, H., M. Yamamoto, S. Tulasi Ram, T. Tsugawa, Y. Otsuka, C. Stolle, E. Doornbos, K. Yumoto, and T. Nagatsuma, Equatorial electrodynamics and neutral background in the Asian sector during the 2009 stratospheric sudden warming, *J. Geophys. Res.*, **116**, A08308, doi:10.1029/2011JA016607, 2011.
- Kenpankho, P., K. Watthanasangmechai, P. Supnithi, T. Tsugawa, and T. Maruyama, Comparison of GPS TEC measurements with IRI TEC prediction at an equatorial latitude station, Chumphon, Thailand, *Earth, Planets, and Space*, **63**, 365-370, 2011.

- Kenpankho, P., P. Supnithi, T. Tsugawa, and T. Maruyama, Variation of ionospheric slab thickness observations at Chumphon equatorial magnetic location, *Earth, Planets, and Space*, **63**, 359-364, 2011.
- Bagiya, M. S., K. N. Iyer, H. P. Joshi, S. V. Thampi, T. Tsugawa, S. Ravindran, R. Sridharan, and B. M. Pathan, Low-latitude ionospheric-thermospheric response to storm time electrodynamic coupling between high and low latitudes, *J. Geophys. Res.*, **116**, A01303, doi:10.1029/2010JA015845, 2011.
- Wichaipanich, N., P. Supnithi, T. Tsugawa, and T. Maruyama, Thailand low and equatorial F2-layer peak electron density and comparison with IRI-2007 model, *Earth, Planets, and Space*, in press, 2012.
- Watthanasangmechai, K., P. Supnithi, S. Lerkvaranyu, T. Tsugawa, T. Nagatsuma, and T. Maruyama, TEC prediction with neural network for equatorial latitude station in Thailand, *Earth, Planets, and Space*, in press, 2012.

・受賞

地球電磁気・地球惑星圏学会 学生発表賞（オーロラメダル）

福島大祐・塩川和夫・大塚雄一・西岡未知・久保田実・津川卓也・長妻努・Patrick A. Roddy, 南北両半球での赤道域プラズマバブルの熱圏・電離圏総合観測, 第130回地球電磁気・地球惑星圏学会講演会, 神戸大学, 2011年11月3-6日.



## 木質材料実験棟全国国際共同利用専門委員会

### 1. 共同利用施設および活動の概要

木質材料実験棟 (Wood Composite Hall) は、1994年2月に完成した大断面集成材を構造材とする三階建ての木造建築物である (写真1)。1階には、木質構造耐力要素の性能評価用試験装置、木質由来新素材開発研究用の加工、処理、分析・解析装置等が備えられている。3階には、140名程度収容可能な講演会場の他、30名程度が利用できる会議室がある。付属的施設として実験住宅「律周舎」(写真2)の他に、北山丸太の活用法をアピールする木質系資材置き場 (写真3)が平成22年から新たに加わった。



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



写真4：堅型油圧試験機

写真5：鋼製反力フレーム

写真6：X線光電子分析装置

1階の実験室に設置されている主たる設備と活動状況は以下の通り

- 1) 1000 kN 堅型サーボアクチュエーター試験機 (写真4)：試験体最大寸法は高さ 2.5 m、幅 0.8 m、奥行き 0.8 m 程度まで適用可能。集成材各種接合部の静的・動的繰り返し加力実験、疲労実験、丸太や製材品の実大曲げ実験、実大座屈実験その他に供用されている。
- 2) 500 kN 鋼製反力フレーム水平加力実験装置 (写真5)：試験体最大寸法：高さ 2.8 m、長さ 4.5 m (特別の治具を追加すれば 6 m まで可能)、奥行き 1 m。PC 制御装置と最大ストローク 500 mm の静的正負繰り返し加力用オイルジャッキを備えている。耐力壁、木質系門型ラーメン、その他構造耐力要素の実大 (部分) 加力実験に供用されている。木質材料実験棟で稼働率が非常に高い装置の一つである。
- 3) X線光電子分析装置 (ESCA) (写真6)：試料の最表面 (5 nm) を分析可能。イオンエッチングを行うことで深さ方向の分析も可能である。現在の所、主に、木質系炭素材料の表

面分析に供用されている。

4) 木造エコ住宅（律周舎：写真2）：平成18年11月に完成した自然素材活用型木質軸組構法実験棟。金物を一切使わず、木、竹、土等の自然素材だけで構造体を構築したユニークな木造実験住宅である。各種外壁材の耐候性実験、振動性能評価実験、床下菌類の分布計測実験、シロアリの木造住宅食害実験、屋根裏温度分布の計測等を継続中。

平成23年度の採択課題数は17件で、表1に平成23年度の受付課題名、代表研究者、所内担当者の一覧を示す。

表1：平成23年度木質材料実験棟共同利用採択課題一覧

課題番号	研究課題	研究代表者名(共同研究者数)所属・職名/所内担当者
23WM-01	木質起源物質の化学修飾と炭素化物への物質変換	木島正志(1) 筑波大学大学院数理物質科学研究科・准教授/畑 俊允
23WM-02	エネルギーデバイスへの応用を目的とした小角X線散乱および小角電子線散乱を用いた多孔質炭素材料の構造解析	押田京一(5) 独立行政法人国立高等専門学校機構 長野工業高等専門学校・教授/畑 俊允
23WM-03	横引張力を起因とする接合部における破壊のクライテリアの検討	神戸 渡(3) 東京理科大学 工学部第一部 建築学科・助教/森 拓郎
23WM-04	木口挿入型接合具を用いた木材接合法の設計法の検討	井上正文(5) 大分大学工学部福祉環境工学科建築コース・教授/森 拓郎
23WM-05	熱電変換材料の構造解析と物性評価	北川裕之(2) 島根大学 総合理工学部・准教授/畑 俊允
23WM-06	京都府産木材の有効活用に関する研究	明石浩和(2) 京都府農林水産技術センター・主任/森 拓郎
23WM-07	住宅床下への木材劣化生物の侵入生態の把握とその予防に関する基礎的検討	築瀬佳之(4) 京都大学大学院農学研究科・助教/吉村 剛
23WM-08	LVLを用いた Cross-Lapped-Screwed (CLS) Joints 型モーメント抵抗接合法の開発	小松幸平(6) 京都大学生存圏研究所・教授/小松幸平
23WM-09	木質熱処理物のイオン交換性およびその金属錯体の微細構造	本間千晶(1) 地方独立行政法人 北海道立総合研究機構 森林研究本部 林産試験場・主査/畑 俊允
23WM-10	CLT(Cross laminated timber)を用いた中・大規模木造建築物の開発	中谷 誠(3) 宮崎県木材利用技術センター・主任研究職員/森 拓郎
23WM-11	強制腐朽処理接合部における残存耐力の定量評価に関する研究	野田康信(4) 地方独立行政法人 北海道立総合研究機構 森林研究本部 林産試験場・研究職員/森 拓郎
23WM-12	木質ラーメンフレームと構造用合板を用いた耐力壁を併用した門型フレームの水平加力実験	瀧野敦夫(2) 大阪大学大学院 工学研究科 地球総合工学専攻・助教/森 拓郎
23WM-13	クエン酸利用接着への微量塗布技術の適用とそれを用いた極薄積層材料の開発	山内秀文(1) 秋田県立大学木材高度加工研究所・准教授/梅村研二
23WM-14	直交積層圧縮木材板(Compressed Cross Laminated Plate: CCLP)と圧縮木材ダボを組合わせた接合システムのせん断性能	小松幸平(2) 京都大学生存圏研究所・教授/小松子平
23WM-15	ファイバー配合軽量土壁の開発と耐力性能評価	鄭 基浩(3) 静岡大学教育学部・准教授/北守顕久

23WM-16	循環資源型住宅に向けたプレファブ土壁工法のための仕口性能評価	脇田健裕 (4) 中部大学工学部建築学科・助教/北守顕久
23WM-17	木造建物における非構造部材が耐震性能に与える影響に関する研究	五十田 博 (4) 信州大学工学部・准教授/森 拓郎

2. 共同利用研究の代表的成果

1) 課題番号 23WM-03 「横引張力を起因とする接合部における破壊のクライテリアの検討」(代表: 神戸渡、東京理科大学) では、集成材に鋼棒を埋め込み接着剤で接合する Glued-in-Rod 接合部の繊維直交方向破壊現象(横引張を起因とする集成材の割裂破壊)を予測する独自の提案を行った。横引張破壊を予測する計算式は日本建築学会木質構造設計規準において提案されているが、学会提案式(図1では木規準: 破線)はあまりにも安全側に算出してしまうので、本研究では、破壊力学を用いて横引張破壊の推定を試み、切り欠き長さの違うコンパクトテンション試験(CT試験)を行い、切り欠き長さゼロに外挿することで、図1に示すように実測値と良く合う高い精度の推定(推定値: 実線)が可能となった。



写真7: 割裂破壊の様子

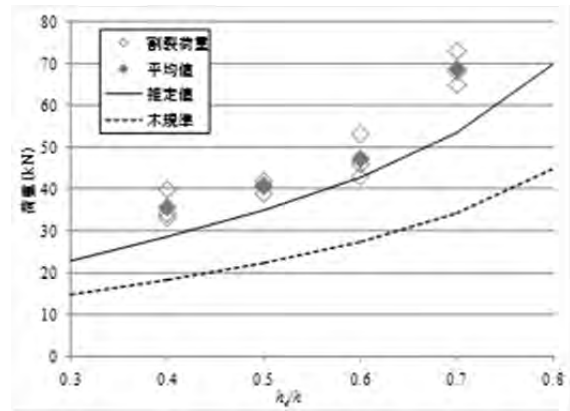


図1: 割裂耐力の実測値と推定値の比較

2) 課題番号 23WM-09

「木質熱処理物のイオン交換性およびその金属錯体の微細構造」(代表: 本間千晶、(地独)北海道立総合研究機構 林産試験場) では、木質熱処理物のイオン交換性を活用することにより、環境浄化資材、触媒等としての利用展開を期待して、木質熱処理

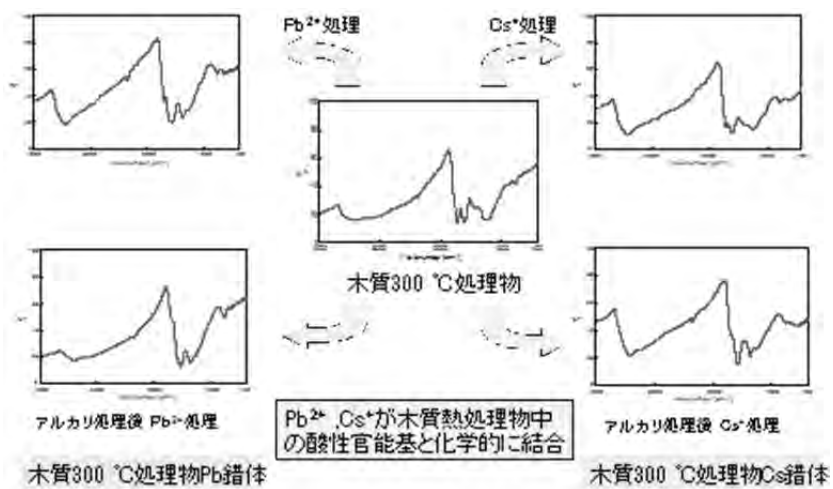


図2: 木質 300℃処理物の鉛イオン(Pb<sup>2+</sup>)処理、およびセシウムイオン(Cs<sup>+</sup>)処理に伴う FTIR スペクトル変化

物のイオン交換性官能基と金属錯体形成との関係、およびその微細構造に関する検討を行った。木質 300℃処理物およびその鉛錯体の FT-IR スペクトルおよび XPS 分析の結果、図 2 に示すように、木質 300℃処理物表面にカルボキシル基等イオン交換性官能基が多量に存在しており、それらと鉛イオン(Pb<sup>2+</sup>)が塩形成等により化学的に結合することが示された。セシウムイオン(Cs<sup>+</sup>)も木質 300℃処理物と同様の錯体を形成していると考えられた。

### 3. 共同利用状況

平成 18 年度から 23 年度までの共同利用状況の推移を表 2 に示す。

表 2：木質材料実験棟過去 6 年間の利用状況の推移

期間	平成 18 年 度	平成 19 年 度	平成 20 年 度	平成 21 年 度	平成 22 年 度	平成 23 年 度
採択課題数	20	20	22	15	16	17
共同利用者 数(延べ人 数)	97	105	111	74	81	69

### 4. 専門委員会の構成及び開催状況（平成 23 年度）

小松幸平（委員長、京大 RISH）、井上正文（大分大工）、巽太輔（九大農）、川瀬博（京大 防災研）、林知行（森林総研）、仲村匡司（京大農）、篠原直毅（京大 RISH）、山内秀文（秋田木高研）、野田康信（北林産誌）、矢野浩之（京大 RISH）、佐々木貴信（秋田木高研）、渡辺 浩（福岡大工）。平成 23 年度の専門委員会は、全てメール回議によって行った。

### 5. 特記事項

平成 23 年度共同利用研究活動の中で作成された修士論文、博士論文の代表的なものを以下に示す。

[修士論文・卒業論文]

- 23WM-04（代表：井上正文、大分大学）藤内和貴：接合金物と接着剤を併用した木材接合法の強度発現機構に関する研究 各種コネクターを用いた接合部の強度性能、平成 23 年度卒論（大分大学）
- 23WM-12（代表：瀧野敦夫、大阪大学）大築誠也：木質ラーメンフレームと構造用合板を用いた耐力壁を併用した門型フレームの水平加力実験耐力壁を併用した木質ラーメンフレームのせん断耐力に関する実験的研究、平成 23 年度修論（大阪大学）
- 23WM-03（代表：神戸渡、東京理科大学）野口雄司：接合金物と接着剤を併用した木材接合法の強度発現機構に関する研究 一繊維直交方向に挿入された場合の割裂耐力推定法の提案一、平成 23 年度修論（大分大学）



平成 23 年度共同利用研究活動の中で作成された研究の成果による  
学術賞および学術論文誌に発表された論文

[査読付き論文]

- 田中 圭、野口雄司、神戸 渡、森 拓郎、井上正文：集成材の繊維直交方向に挿入した GIR 接合部の割裂耐力推定法の提案、構造工学論文集、2012（投稿中）

[その他：学会口頭発表]

- 22WM-02（代表：井上正文、大分大学）天雲梨沙、野口雄司、田中 圭、森 拓郎、井上正文：接合金物と接着剤を併用した木材接合法の強度発現機構について その 9 繊維直交方向引抜きにおける縁距離が強度性能に与える影響、日本建築学会学術講演梗概集構造Ⅲ、pp.353-354、2011.
- 23WM-04（代表：井上正文、大分大学）田中 圭、野口雄司、井上正文、森 拓郎：繊維直交方向に埋め込まれた GIR(Glued-in-Rod)接合具の引抜耐力、第 18 回日本木材学会九州支部大会講演集、51-52、2011 年 8 月
- 22WM-12（代表：五十田博、信州大学）清水秀丸、森 拓郎、林 彦孝、五十田博、小松幸平：木造住宅における非構造部材が耐震性能に及ぼす影響（その 2）廻り階段の場合、日本建築学会学術講演梗概集構造Ⅲ、pp.141-142、2011.
- 22WM-12（代表：五十田博、信州大学）森 拓郎、清水秀丸、若林大介、五十田博、小松幸平：木造住宅における非構造部材が耐震性能に及ぼす影響（その 3）枠組壁工法の階段について、日本建築学会学術講演梗概集構造Ⅲ、pp.143-144、2011.
- 23WM-12（代表：瀧野敦夫、大阪大学）大築誠也、瀧野敦夫、森 拓郎、神戸 渡、宮本裕司：木質ラーメンフレームと構造用合板を用いた耐力壁を併用した門型フレームの水平加力実験、日本建築学会学術講演梗概集構造Ⅲ、pp.11-12、2011.

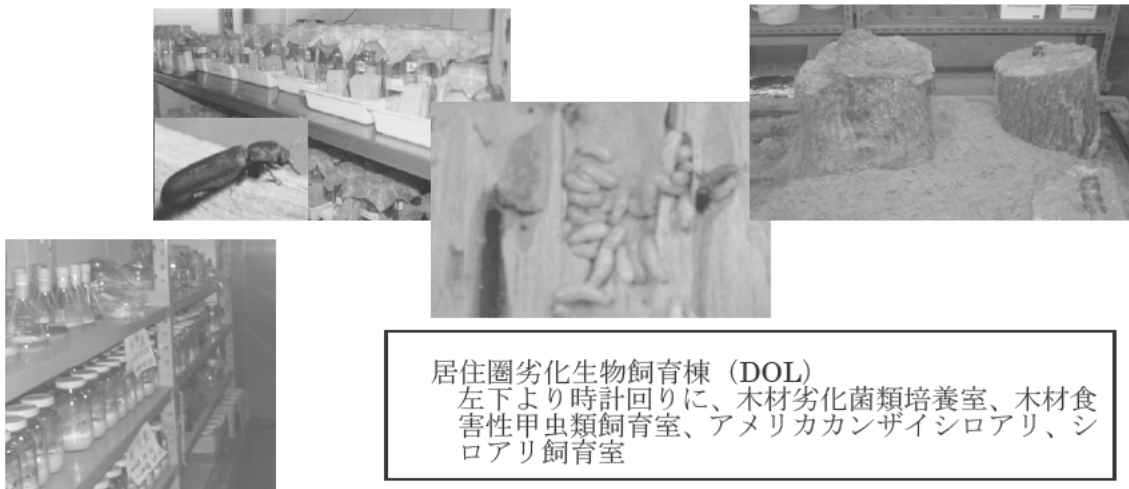


## 居住圏劣化生物飼育棟/生活・森林圏シミュレーションフィールド 全国国際共同利用専門委員会

### 1. 共同利用施設および活動の概要

平成 17 年 6 月から別個に全国共同利用施設としての使用を開始した京大生存圏研究所居住圏劣化生物飼育棟（以下 DOL と略記）と生活・森林圏シミュレーションフィールド（以下 LSF と略）は、平成 20 年度から統合され、全国・国際共同利用施設として新たな一歩を踏み出すことになった。年度の途中での統合決定であったことから、共同利用研究申請は従前通り、DOL と LSF がそれぞれ公募し、申請課題を採択した。平成 20 年度に入り、実質的に統合され、同時に両委員会が合体した。共同利用を開始以来、懸案であった国際共同利用を開始した。平成 23 年度は、国際共同利用 2 件を含む 14 件の研究課題を採択した。

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



一方 LSF は、鹿児島県日市吹上町吹上浜国有内に設置されたクロマツとニセアカシア、ヤマモモなどの混生林からなる約 28,000 平方メートルの野外試験地であり、日本を代表する 2 種の地下シロアリが高密度で生息し、これまで既に 30 年近くにわたって木材・木質材料の性能評価試験、木材保存薬剤の野外試験、低環境負荷型新防蟻穂の開発や地下シロア

りの生態調査、大気環境調査等に関して国内外の大学、公的研究機関及び民間企業との共同研究が活発に実施されてきた。



生活・森林圏シミュレーションフィールド (LSF)  
 左より時計回りに、LSF 入口、木材・木質材料の防  
 蟻野外試験、シロアリの生態調査

## 2. 共同利用研究の成果

以下に、代表的な共同利用研究の成果として、昨年度に引き続き採択された「餌-シロアリー腸内微生物叢」系を活用したアメリカカンザイシロアリの腸内微生物群集構造の解析とその利用」(研究代表者：筑波大学 青柳秀紀教授)、および3年目の継続課題である「金属ナノ粒子を用いた防蟻処理技術の開発」(研究代表者：富山県農林水産総合技術センター・木材研究所 栗崎 宏副主幹研究員)に関する研究成果概要とそれらの学術的意義について紹介する。また、共同利用研究の成果として学術論文誌に発表された論文も示す。

### (1) 「餌-シロアリー腸内微生物叢」系を活用したアメリカカンザイシロアリの腸内微生物群集構造の解析とその利用

外来種である下等シロアリのアメリカカンザイシロアリ(*Incisitermes minor*)は、甚大な被害を住居に及ぼし、近年、日本各地で社会問題化している。シロアリの木材分解には、腸内に共生している微生物叢が主要な役割を果たしていることが示唆されている。しかしながら、*I. minor*の腸内微生物群集構造(微生物叢)については不明な点が多い。本研究は、*I. minor*の腸内微生物叢の構成を分子生態学的手法により網羅的に解析すると共に、*I. minor*を各種人工餌で飼育した際に、*I. minor*と腸内微生物が受ける影響を解析し、木材の分解を担っている主要な微生物叢の解明を目指したものである。

DOLより供給された*I. minor*を様々な炭素源を含む人工餌で飼育し、① *I. minor*自身に与える影響、② *I. minor*の腸内原生動物に与える影響、③ *I. minor*の腸内細菌叢に与える影響を解析した。

その結果、*I. minor*の腸内細菌叢には、種々の炭素源を分解、利用できる腸内細菌群が存

在し、その最終代謝産物を *I. minor* が吸収していることが示唆された。さらに、大部分の *I. minor* の腸内原生動物が Cellulose の分解に関与していることが示唆された。

3 週間人工飼育した *I. minor* の腸内細菌叢を T-RFLP 法を用いて解析したところ、Cellulose の分解には *Spirochaetes*, *β proteobacteria* が携わっていることが示唆された。また、Glucose、Xylan の分解には *ε proteobacteria* が携わっていることが示唆された。Xylose フラグメントでは多くのピークが確認され、多くの細菌が利用している事が示唆された。Agar フラグメントについては、炭素源を含んでいないにも関わらず、多数のピークが見られ、多様な細菌叢であることが示された。アメリカカンザイシロアリの腸内に Agar もしくは Agar 由来のオリゴ糖を分解する細菌の存在が示唆された。

本研究は国内外を通じて、「餌—シロアリ-腸内微生物叢」系を活用した *I. minor* の腸内微生物群集構造の解析を行ったはじめての研究である。

## (2) 金属ナノ粒子を用いた防蟻処理技術の開発

これまで、木材保存処理剤の主成分はアミン性銅やアンモニア性銅が主であったが、最近アメリカにおいて 1 μm 前後に粉砕した銅化合物の微粒子を主成分とした保存処理剤が実用化され、これを注入処理した製材品のシェアが急増している。この銅微粒子剤の防腐防蟻性能について、海外での検討例はあるが、国内ではほとんど検討されていない。そこで本研究では、ナノサイズの金属微粒子剤(金属ナノ粒子剤)で処理した木材の防蟻性能を、JISK1571 野外防蟻試験により明らかにし、新しい耐久性向上技術としての応用の可能性を検討した。

Ag、Cu、Ni の 3 種類の金属ナノ粒子剤を減圧注入したスギ辺材について、JIS K1571 : 2004 4.3.2.1 (防蟻性能試験 野外試験 注入処理用) を LSF 内で平成 21 年度より実施している。

本年の調査では、Cu(OH)<sub>2</sub>、CuO の 2 種金属ナノ粒子が健全、Ag 粒子は処理材の一部に食害があるが食害指数は 2 であった。これら 3 種類の金属ナノ粒子は、JIS の性能基準 (2 年後も食害指数が 10 未満であること) に適合した。一方、粉砕不足の Ni(OH)<sub>2</sub> は食害指数が 64 で基準不適合であった。以上のように、銅系ナノ粒子剤には防蟻剤としての可能性が認められたが、銀系ナノ粒子ではわずかではあるが効力低下の兆候が認められた。

本研究は現在のところ日本における金属ナノ粒子処理に関する唯一の野外データであり、今後、野外試験を継続して実証データを蓄積するとともに、野外試験中の金属微粒子の材内挙動も測定して、持続性の推定も試みる予定である。

## (3) 学術論文誌に発表された論文リスト

Morina Adfa, Yosuke Hattori, Tsuyoshi Yoshimura, Kenichi Komura and Mamoru Koketsu: Antifeedant and termiticidal activities of 6-alkoxycoumarins and related analogs against *Coptotermes formosanus* Shiraki J. Chem. Ecol., 37, 598–606 (2011).

大村和香子、桃原郁夫、井上明生、吉村 剛 : 保存処理合板の防虫・防蟻性能、木材工業、66(8)、348-352 (2011).

Michael Lenz , James W. Creffield, Theodore A. Evans, Brad Kard, Charunee Vongkaluang, Yupaporn Sornuwat, Chow-Yang Lee, Tsuyoshi Yoshimura and

Kunio Tsunoda: Resistance of polyamide and polyethylene cable sheathings to termites in Australia, Thailand, USA, Malaysia and Japan: A comparison of four field assessment methods, Int. Biodeter. Biodegr., 66, 53-62 (2012).

### 3. 共同利用状況

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

\* ( )内数字は国際共同利用課題数

\*\* 研究代表者および研究協力者の延べ人数

### 4. 専門委員会の構成及び開催状況（平成 23 年度）

- (1)国内委員：角田邦夫(委員長、京大生存研)、吉村 剛(京大生存研)、上田義勝(京大生存研)、陀安一郎(京大生態学センター)、大村和香子(森林総合研究所)、青柳秀紀(筑波大)、栗崎 宏(富山県農林水産総合技術センター・木材研究所)、秋野順治(京都工芸繊維大)、森 満範(北海道立総合研究機構 森林研究本部・林産試験場)、板倉修二(近畿大学)
- (2)国際委員(アドバイザー)：Brian T. Forschler (ジョージア大学)、Chow-Yang Lee(マレーシア理科大学)

#### (3)専門委員会開催状況

平成 24 年 2 月 21 日（平成 23 年度第 1 回委員会）

議題：平成 24 年度申請課題の審査他

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

### 5. 特記事項

- (1)DOL/LSF で行われた研究成果を広く社会に公開するため、研究成果報告会を第 195 回生存圏シンポジウムとして平成 24 年 2 月 20 日に実施し、併せて成果要旨集を出版した。
- (2)平成 24 年 2 月 16 日に、温湿度計、気圧計、雨量計、風向・風量計から構成される気象測器の設置を行った。

## 持続可能生存圏開拓診断 (DASH) / 森林バイオマス評価分析システム

### (FBAS) 全国国際共同利用専門委員会

#### 1. 共同利用施設および活動の概要

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

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

本システムを構成する主要な機器と分析手法は以下の通りである。

#### 主要機器

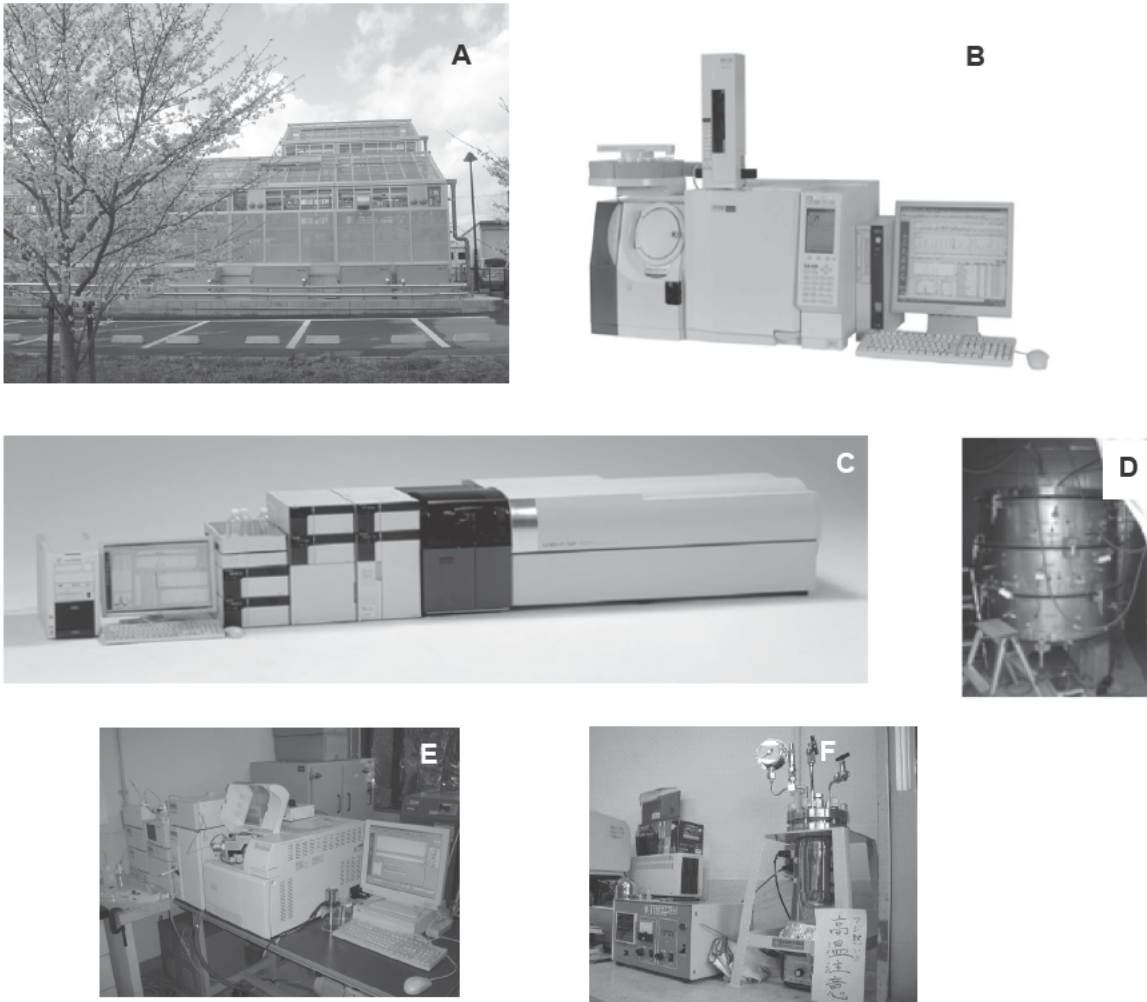
##### ・DASH 植物育成サブシステム

組換え植物育成用（8温室＋1培養室＋1準備処理作業室） [図 A]

大型の組換え樹木にも対応（温室の最大高さ6.9m）

##### ・DASH 分析装置サブシステム

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



図：DASH/FBAS 構成機器（抜粋）

・FBAS として共同利用に供する設備

四重極型ガスクロマトグラフ質量分析装置

高分解能二重収束ガスクロマトグラフ質量分析装置 [図 E ]

四重極型液体クロマトグラフ質量分析装置 [図 F ]

ニトロベンゼン酸化反応装置

その他の装置

核磁気共鳴吸収分光装置

透過型電子顕微鏡

主な分析手法

チオアシドリシス、ニトロベンゼン酸化分解（リグニン化学構造分析）

クラークソンリグニン法、アセチルブロマイド法（リグニン定量分析）



## 2. 共同利用研究の成果

共同利用研究の成果の代表的な例として、本年度は遺伝子組み換えユーカリに関する共同利用（学外）と、遺伝子組み換えダイズを用いた機能性物質生産に関する共同利用（所外）の2例を取り上げて後に紹介する。

また共同利用研究活動の中で作成された修士論文、博士論文のリスト、共同利用研究の成果による学術賞および学術論文誌に発表された論文リストは以下のとおりである。

### 共同利用の研究活動の中で作成された修士論文（平成23年度）

- ・ミヤコグサの根粒におけるリンゴ酸輸送体 LjALMT1 の発現と機能（菅 智博）
- ・熱帯樹オオバギのフラボノイド・プレニル基転移酵素の機能解析（清水 亮）
- ・イネ種子を用いた有用ペプチド大量生産システムの構築（恵京敦史）
- ・ダイズ種子における変異導入型 11S グロブリンの蓄積挙動解析（横山和典）
- ・外生菌根菌オオキツネタケの有機酸代謝変動に対するアルミニウム塩の効果（小篠貴臣）
- ・褐色腐朽菌オオウズラタケ (*Fomitopsis palustris*) のシュウ酸生合成に及ぼす銅の影響（久森弘道）
- ・*Erianthus ravennae* のリグノセルロース成分の解析（大竹雄一郎）

### 共同利用の研究活動の中で作成された博士論文（平成23年度）

- ・ホップの苦味酸生合成に関わるプレニル基転移酵素に関する研究（鶴丸優介）

### 共同利用研究の成果による学術賞、及び学術論文誌に発表された論文

#### <学会発表>

久森弘道、渡邊知樹、鈴木史朗、大川久美子、酒井温子、吉村 剛、梅澤俊明、銅耐性褐色腐朽菌オオウズラタケ (*Fomitopsis palustris*) のシュウ酸生合成におけるオキサロ酢酸加水分解酵素の役割、第62回日本木材学会大会

山村正臣、大竹雄一郎、野田壮一郎、服部武文、高部圭司、鈴木史朗、櫻井望、鈴木秀幸、池正和、徳安健、菊地淳、柴田大輔、梅澤俊明、*Erianthus ravennae* のリグニン及び関連物質の基本的性状と酵素糖化性、第29回日本植物細胞分子生物学会（福岡）大会・シンポジウム

野田壮一郎、鈴木史朗、山口雅利、西窪伸之、櫻井望、服部武文、鈴木秀幸、出村拓、柴田大輔、梅澤俊明、RING finger タンパク質 ATL54 の機能解析、第29回日本植物細胞分子生物学会（福岡）大会・シンポジウム

小柴太一、廣瀬孝江、向井まい、山村正臣、坂本正弘、鈴木史朗、服部武文、梅澤俊明、イネにおけるシリリングリグニン生合成経路の解明、第56回リグニン討論会

山村正臣、大竹雄一郎、野田壮一郎、服部武文、高部圭司、鈴木史朗、櫻井望、鈴木秀幸、池正和、徳安健、菊地淳、柴田大輔、梅澤俊明、エリアンサスのリグニン及び関連物質の量と酵素糖化率の節間変動解析、日本農芸化学会2012年度大会

- 小柴太一、村上真也、向井まい、服部武文、宮尾安藝雄、廣近洋彦、鈴木史朗、坂本正弘、梅澤俊明、イネの *brown-midrib* mutant の解析、植物生理学会 2012 年度大会
- 横山和典、澤田真千子、奥田英子、石本政男、寺川輝彦、内海 成、丸山伸之、  
ダイズ種子におけるアルツハイマー病エピトープ導入型 11S グロブリンの蓄積挙動解析、日本農芸化学会 2011 年度大会
- 黒田 昌治、斉藤 雄飛、増村 威宏、長岡 利、高岩 文雄、内海 成、丸山 伸之、  
ダイズベータコングリシニンを大量集積した組換えイネの作出、日本農芸化学会 2011 年度大会
- 恵京 敦史、甘利 芳樹、加藤 直樹、黒田 昌治、長岡 利、高岩 文雄、内海 成、丸山 伸之、  
ラクトスタチン高コピー導入型種子貯蔵タンパク質のイネ種子における集積挙動、日本農芸化学会 2011 年度大会
- Naoki Kato, Yoshiki Amari, Atsushi Ekyo, Cerrone Cabanos, Machiko Sawada, Eiko Okuda, Taro Masuda, Masaharu Kuroda, Satoshi Nagaoka, Fumio Takaiwa, Shigeru Utsumi, Nobuyuki Maruyama, Development of transgenic rice accumulating alpha' subunit of soybean beta- conglycinin in a low glutelin mutant of 'Koshihikari' rice variety, 3rd International Symposium Frontiers in Agriculture Proteome Research
- Masaomi Yamamura, Yuichiro Otake, Soichiro Noda, Takefumi Hattori, Keiji Takabe, Shiro Suzuki, Nozomu Sakurai, Hideyuki Suzuki, Masakazu Ike, Ken Tokuyasu, Jun Kikuchi, Daisuke Shibata, Toshiaki Umezawa, Characterization of lignin and related compounds of *Erianthus ravennae*, 50<sup>th</sup> PSNA Meeting, Hawaii, 2011.
- Toshiaki Umezawa, Safendrii Komara Ragamustari, Tomoyuki Nakatsubo, Eiichiro Ono, Shiro Suzuki, Takefumi Hattori, Stereoselective and Regioselective Control in Lignan Biosynthesis, 2nd ICMP, Jun, 30-Jul, 03, 2011, Qingdao, China
- Taichi Koshihara, Norie Hirose, Mai Mukai, Masaomi Yamamura, Masahiro Sakamoto, Shiro Suzuki, Takefumi Hattori, Toshiaki Umezawa, Syringyl lignin biosynthesis in rice (*Oryza sativa*), 3<sup>rd</sup> International Symposium of Indonesia Wood Research Society, Yogyakarta, Indonesia, Nov. 3-4, 2011

<論文>

- Tsurumaru, Y., Sasaki, K., Miyawaki, T., Uto, Y., Momma, T., Umamoto, N., Momose, M., and Yazaki, K., Characterization of HIPT-1, a membrane-bound prenyltransferase responsible for the biosynthesis of bitter acids in hops, *Biochem. Biophys. Res. Commun.*, 417(1): 393-398 (2012).
- Sugiyama, A., Linley, P.J., Sasaki, K., Kumano, T., Yamamoto, H., Shitan, N., Ohara, K., Takanashi, K., Harada, E., Hasegawa, H., Terakawa, T., Kuzuyama, T., Yazaki, K.,

- Metabolic engineering for the production of prenylated polyphenols in transgenic legume plants using bacterial and plant prenyltransferases, *Metab. Eng.*, 13, 629-637 (2011).
- Nakagawa, T., Kaku, H., Shimada, Y., Sugiyama, A., Shimomura, M., Takanashi, K., Yazaki, K., Aoki, T., Naoto, S., Kouchi, H., From defense to symbiosis: Limited alterations in the kinase domain of LysM receptor-like kinases are crucial for evolution of legume-*Rhizobium* symbiosis, *Plant J.*, 65 (2), 169-180 (2011).
- Sasaki, K., Tsurumaru, Y., Yamamoto, H., Yazaki, K., Molecular characterization of a membrane-bound prenyltransferase specific for isoflavone from *Sophora flavescens*, *J. Biol. Chem.*, 286 (27), 24125-24134 (2011).
- Shitan, N., Kamimoto, Y., Minami, S., Kubo, M., Ito, K., Moriyasu, M., Yazaki, K., A Tolerance gene for prenylated flavonoid encodes 26S proteasome regulatory subunit in *Sophora flavescens*, *Biosci. Biotech. Biochem.*, 75(5), 982-984 (2011).
- Hashimoto, A., Shimono, K., Horikawa, Y., Ichikawa, T., Wada, M., Imai, T., Sugiyama, J. "Extraction of cellulose-synthesizing activity of *Gluconacetobacter xylinus* by alkylmaltoside", *Carbohydrate Research*, 346, no.17, 2760-2768, (2011).
- Muroi, A., Ramadana., Nishihara M., Yamamoto, M., Ozawa, R., takabayashi, J., Arimura, G. The Composite Effect of Transgenic Plant Volatiles for Acquired Immunity to Herbivory Caused by Inter-Plant Communications. *PLOS ONE* 6(10), e24594 (2011)
- Shimoda, T., Nishihara, M., Ozawa, R., Takabayashi, J. Arimura G. (2012) The effect of genetically enriched (*E*)- $\beta$ -ocimene and the role of floral scent in the attraction of the predatory mite *Phytoseiulus persimilis* to spider mite-induced volatile blends of torenia. *New Phytol.*, 193, 1009-1021 (2012).
- Arimura, G., Muroi A., Nishihara M. Plant-plant-plant communications, mediated by (*E*)- $\beta$ -ocimene emitted from transgenic tobacco plants, prime indirect defense responses of lima beans. *J. Plant Interact.*, in press.

#### <総説>

- 小原一朗、矢崎一史、シソ由来リモネン合成酵素遺伝子を分子ツールにしたユーカリオイ  
ルの代謝工学、*におい・かおり環境学会誌*, 42 (4), 248-256 (2011)
- Maruyama, N., Mikami, B., Utsumi, S., Development of transgenic crops to improve human health by advanced utilization of seed storage proteins, *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry* 75, 823-828 (2011)
- Hattori, T., Shimada, M., Physiological roles for oxalate metabolism in wood-rotting basidiomycetes, *Advances in Chemistry Research*, Vol. 14 (2012) in press

#### <著書>

該当無し

#### 共同利用研究の成果の例

##### 1) 有用成分を高効率・高生産する組換え植物作出技術の研究開発

研究代表者：矢崎 一史（京都大学生存圏研究所）

【研究目的と意義】イソプレノイド側鎖を有するプレニル化ポリフェノール（プレニルフラボノイドやプレニルフェニルプロパン等）は、抗腫瘍活性、抗NO産生、抗チロシナーゼ活性等、様々な生理活性を有するものが多い。そのため、機能性食品やサプリメントなどの応用利用が期待され、効率的な生産が望まれている。しかし、これらプレニル化ポリフェノールは天然に存在する量が小さいこと、希少植物を起源とすることが多いこと等から安定供給が不可能であった。本研究では、放線菌や植物由来のプレニル化酵素遺伝子を用いた独自の代謝工学技術により、遺伝子組換え植物を用いてこれら生理活性プレニル化ポリフェノールを大量に生合成・蓄積する基盤技術を確立し、有用物質生産に資することを目的とした。

【研究成果】35S プロモーター制御下で放線菌由来のプレニル基転移酵素2種と TP-NovQ(M)、TP-HypSc、植物由来のプレニル基転移酵素 N8DT を発現させたマイクロトムを作出した。また、E8 プロモーター制御下で N8DT を発現させたマニーメーカーを作出した。このマニーメーカーの成分の分析は年度末までには終了しなかったが、トマトの矮性品種であるマイクロトムにこれらを導入した結果については、終了した。その結果、N8DT を発現させたばかり、予想通り 8-プレニルナリングニンが生産されたが、TP-HypSc を発現させたトマトの果実では、3'-プレニルナリングニンが検出された。これは本酵素を大腸菌で発現させた時に得られる化合物（6-プレニルナリングニン）とは異なっており、宿主生物種に依存した生産物特異性の違いが示唆された。

プレニル化酵素蛋白質の安定性、内在性基質の供給、プレニル化化合物の蓄積パターンを総合的に判断して、コドン改変、プラスチド局在、プロモーターの選択など、プレニル化化合物の生産性に寄与できるプレニル化酵素遺伝子の代謝工学デザインは、ほぼ明確にすることができた。これに関しては、論文として公表した（Sugiyama, A., *et al.*, *Metab. Eng.* 2011）。さらに、新たにイソフラボンの特異的基質とする新規のプレニル化酵素遺伝子 SfG6DT をクララ培養細胞から見出し、論文として報告した（Sasaki, K., *et al.*, *J. Biol. Chem.* 2011）

##### 2) 揮発性物質が媒介する生物間情報ネットワークの解明

研究代表者：高林 純示（京都大学生態学研究センター）

【研究目的と意義】植物が作るテルペンは、抗病虫害活性、抗酸化作用、熱耐性、周囲の草の成長を阻害するアレロパシー作用、環境適応、生物間相互作用に役立つことが知られる。中でも、食害を受けた植物の揮発性物質を介した間接防御システムは、様々な植物が

潜在的に持つ能力であり、害虫の天敵昆虫（捕食寄生者）を誘引して害虫を退治することで害虫密度抑制の役割を果たしている。また害虫の食害によって誘導される揮発性テルペンが植物間のコミュニケーション、いわゆる「植物の会話」の情報伝達物質としても機能することが知られる。従って、テルペンを介した植物の間接防御メカニズムに関する研究は、植物の防御応答や天敵昆虫を介した生態系システムを理解し、環境にやさしい害虫防除技術を開発する上で不可欠である。

本研究では、揮発性テルペンであるオシメンの生合成遺伝子を恒常的に発現させた組換えタバコ、トレニアを用いて、この組換え植物が放出する香り成分が害虫の活動を抑制する直接防衛、および害虫を捕食、減少させる天敵生物を誘引する間接防衛、植物間の相互作用に与える影響に注目した。昆虫の行動解析などの操作実験を、DASH（植物育成サブシステム）システムを用いて解析ことを目的とした。

【研究成果】オシメンの生合成遺伝子を恒常的に発現させた組換えトレニアを用いて、トレニア-ハダニ（植食者）-カブリダニ（捕食性天敵）の三者間相互作用系における組換え植物由来の揮発性物質の影響を解析した。異なる2トレニア品種（サマーウェーブ（SWB）：*Torenia hybrida*、クラウンミックス：*T. fournieri*）を用いて、ハダニ食害によって誘導される揮発性物質の化学分析を行った結果、SWB種のみが食害に応答して、カブリダニを誘引する揮発性物質を放出した。組換え植物から放出されるオシメンは、単独ではカブリダニを誘引する能力はないものの、ハダニに加害されたSWB種から放出される揮発性物質と混ざることによって、誘引効果を促進した。しかも、その促進効果は花卉植物であるトレニアの花の香りが混ざった場合には完全に阻害されるが、花の香り自身にはカブリダニの忌避効果は無いことも見出された。

さらに、植物育成サブシステム内での遺伝子組換え植物の有用性の評価を目指した組換えタバコを用いた研究では、これまで報告のない3植物者間による植物-植物-植物間コミュニケーションの発見につながった。室内と温室レベルで得られた本研究の結果は、組換え植物から放出される揮発性物質の生態系相互作用における複雑な作用を示唆するもので、今後の天敵を介した害虫防除技術を開発に資するものである。これらに関しては、論文にまとめて投稿した（Muroi *et al.*, PLoS One, 2011; Shimoda *et al.*, New Phytol., 2011; Arimura *et al.*, J. Plant Interact., in press）。

### 3. 共同利用状況

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

表1：DASH/FBASの利用状況

年度	平成17年	平成18年 FBAS	平成19年 FBAS	平成20年 DASH/FBAS	平成21年 DASH/FBAS	平成22年 DASH/FBAS	平成23年 DASH/FBAS
採択課題数		8	8	15	22	17	17
共同利用者 数(延べ人 数)**		25	45	97	129	95 (学内68 学外27)	86 (学内58 学外28)

\*：共同利用者数は各課題の研究代表者と研究協力者の延べ人数

#### 4. 専門委員会の構成及び開催状況（平成23年度）（18名）

平成24年1月現在の専門委員会を構成する委員名・所属先は以下の通りである。

矢崎一史（生存圏研究所・委員長）、西谷和彦（東北大学大学院）、村中俊哉（大阪大学大学院）、重岡成（近畿大学）、太田大策（大阪府立大学大学院）、松井健二（山口大学大学院）、柴田大輔（財団法人かずさDNA研究所）、明石良（宮崎大学）、青木俊夫（日本大学）、河合真吾（静岡大学）、高林純示（生態学研究センター）、大串孝之（生態学研究センター）、塩谷雅人（生存圏研究所）、渡邊隆司（生存圏研究所）、梅澤俊明（生存圏研究所）、山川宏（生存圏研究所）、黒田宏之（生存圏研究所）、今井友也（生存圏研究所）

平成23年度の専門委員会は、共同利用申請課題の審査、採択に関して、メール会議にて開催した。主な開催日は以下の通りである。

平成23年4月15日 植物培養室の運用について

平成24年1月31日 申請研究課題の審査依頼

#### 5. 特記事項

この年度の特記事項として、DASH分析サブシステムのLC-IT-TOFについて、3年に1回必要とされる大掛かりなメンテナンスを行ったことが上げられる。この分析機器のスペックを維持するためには、3年に1回、ターボポンプ等の一斉交換が必要とされ、毎年定額では賄えない維持管理上の問題がある。幸いに、他に大きなトラブルがなかったことに加え、全所的な理解とサポートが得られたため、必要とされるメンテナンスを行うことができた。次は3年後に向けての対策が必要となる。

第二に、耐震改修の第4工区が完成したことを受け、全国共同利用対応としてDASH植物育成サブシステムの拡充を目的に、本館北等に植物培養室（N565）を設置した。こちらはDASH温室側に設置してある植物培養室とは異なった運用方法を考えている。

その他の事項としては、樹木用の温室D室に足掛け3年間遺伝子組換えユーカリを育成していたプロジェクトが終わり、今年度からは遺伝子組み換えポプラを育成する新規プロジェクトを採択した。DASH温室の最も大きな特徴とも言うべきD室の外観がこれにより変わった。

## 先進素材開発解析システム全国国際共同利用専門委員会

### 1. 共同利用施設および活動の概要

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

#### 高度マイクロ波加熱応用及び解析サブシステム

1. マイクロ波信号発生器
2. 14GHz 帯 650W 進行波管増幅器
3. 2.45GHz 帯 1kW マグネトロン発振器
4. 5.8GHz 帯 600W マグネトロン発振器
5. 800MHz~2.7GHz 帯 250W GaN 半導体増幅器
6. アプリケータ
7. スペクトラムアナライザ



#### 超高分解能有機分析サブシステム

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



多核核磁気共鳴装置

フーリエ変換イオンサイクロトロン共鳴質量分析装置(FT-ICR-MS)

### 高分解能多元構造解析システム

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



無機用電界放出形電子顕微鏡



有機用透過電子顕微鏡



比表面積/細孔分布測定装置 アサップ 2020

### 先進素材開発解析システム(ADAM)見学会の開催

平成23年11月14日に第1回 先進素材開発解析システム(ADAM)見学会を開催し、ADAMを構成する「高度マイクロ波加熱応用及び解析サブシステム」、「超高分解能有機分析サブシステム」、「高分解能多元構造解析システム」の装置類の機能を一般にわかりやすく紹介した。



### 第1回 先進素材開発解析システム(ADAM)シンポジウムの開催



平成23年11月14日に第1回 先進素材開発解析システム(ADAM)シンポジウムを、ミッション2および生存圏フラッグシップ共同研究の活動紹介のためのシンポジウムと合同の形式で開催し、活発な議論を行った。



## 2. 共同利用研究の成果

### <固体高分子型燃料電池用カソード触媒の組織・構造解析>

セルロースとメラミンから合成した固体高分子型燃料電池用カソード触媒の酸素還元活性と、無機用電子顕微鏡で観察される触媒試料の微細組織との関係を検討し、触媒炭素化で形成されるシェル状構造を形成する炭素六角網面のエッジ部における炭素と窒素の化学結合状態が密接な関係にあることを、XPS を相補的に用いることで初めて見いだした。



修士論文:朝倉良平 (京都大学・農学研究科・森林科学専攻、2012年3月予定)

成果発表: E-MRS ICAM IUMRS, CARBON2011, ISSH2011, WOODCHEM2011

### <セルロースの生合成の研究>

セルロース合成酵素に内在する機構(酵素反応機構や立体構造)を明らかにするために大腸菌発現系を使って GxCesA(触媒サブユニット)と GxCesB(制御サブユニット)の共発現をさせた。これから得られた CesB を電子顕微鏡観察し、三次元構造を再構成した。

成果発表: 第67回顕微鏡学会、第18回セルロース学会大会、第62回日本木材学会大会

### <マイクロ波による金属還元>

酸化銅に振幅変調マイクロ波を照射すると、無変調マイクロ波照射時と比較して還元反応挙動が有意に異なることを実験的に明らかにした。

博士論文: 福島 潤 (名古屋大学・工学研究科・エネルギー理工学専攻、2012年3月予定)

学術賞: 日本電磁波エネルギー応用学会 第5回シンポジウムベストペーパー賞、福島潤、樫村京一郎、佐藤元泰、”マイクロ波による酸化金属の還元”

### <FT-ICR-MS によるバイオマスの構造解析>

FT-ICR-MS によりバイオマスを構成するリグニンや多糖の精密構造解析を行い、樹種間のリグニン架橋構造の違いなどを明らかにした。

修士論文: 山口大輔 (京都大学・農学研究科・応用生命科学専攻、2012年3月予定)

成果発表: 第62回日本木材学会大会、日本農芸化学会2012年度大会

## 3. 共同利用状況

ADAM は平成 23 年度後期から共同利用を開始し、15 件の共同利用課題を採択した。

年度	16	17	18	19	20	21	22	23
採択課題数	-	-	-	-	-	-	-	15
共同利用者数**	-	-	-	-	-	-	-	86 学内 53 学外 33

\*\* 研究代表者および研究協力者の延べ人数

#### 4. 専門委員会の構成及び開催状況（平成 23 年度）

ADAM 共同利用専門委員会は以下の委員から構成される。平成 23 年 11 月 14 日に第 1 回先進素材開発解析システム(ADAM)共同利用専門委員会を開催した。

ADAM共同利用専門委員会委員：福島和彦（名大大学院生命農学研究科、教授）、二川佳央（国士舘大理工学部、教授）、飯尾英夫（大阪市大大学院理学研究科、教授）、松村竹子（ミネルパライトラボ、主任研究員）、岸本崇生（富山県立大工学部、准教授）、木島正志（筑波大大学院数理物質科学研究科、准教授）、石井大輔（龍谷大理工学部、助教）、渡邊隆司（京大生存研、教授）、杉山淳司（京大生存研、教授）、今井友也（京大生存研、准教授）、畑俊充（京大生存研、講師）、三谷友彦（京大生存研、助教）

平成 23 年度後期の採択課題は、以下の通りである。

申請代表者	タイトル	所属・役職
木村俊作	両親媒性化合物の構造と分子集合体のモルフォロジーとの相関関係の解明	京都大学大学院工学研究科・教授
堀越 智	マイクロ波モジュレーションを用いた形態制御型ナノ粒子合成法の開発	上智大学理工学部・准教授
今井友也	バイオマス構造の高次構造解析と多元分析	京都大学生存圏研究所・准教授
柳川 綾	社会性昆虫の生体防御メカニズムの解明	京都大学生存圏研究所・助教
木島正志	熱分解制御炭素化により生成するナノ構造化物質の解	筑波大学大学院数理物質科学研究科・准教授
岸本崇生	タケ未成熟材の細胞壁成分の解析	富山県立大学工学部・准教授
櫻村京一郎	マイクロ波加熱下のチタン窒化反応機構解明	京都大学生存圏研究所・研究員
石井大輔	マイクロ波加熱を利用したリグニン由来芳香族ヒドロキシ酸の迅速重合による高耐熱・高分子量芳香族ポリエステル創製	龍谷大学理工学部物質化学科・助教
飯尾英夫	織毛虫ソライロラップムシ( <i>Stentor coeruleus</i> )が有する色素化合物stentorin同族体の探索と構造決定	大阪市立大学大学院理学研究科物質分子系専攻・教授
渡邊隆司	バイオリファイナリーのためのリグノセルロースミクロ構造と酵素との相互作用の解析	京都大学生存圏研究所・教授
梶原 進	マイクロ波周波数が化学反応に及ぼす影響の解用の解明	日本化学機械製造株式会社・取締役
西村裕志	選択的白色腐朽を統御する二次代謝物および木質分解物の構造解析	京都大学エネルギー理工学研究所・JSPS特別研究員
畑 俊充	燃料電池用カソード触媒に向けた賦活による木質系炭素の高機能化	京都大学生存圏研究所・講師
佐藤元泰	高度マイクロ波加熱解析システムを用いた単色性マイクロ波励起・固体表面の機械的振動の測定	核融合科学研究所・教授

#### 5. 特記事項：

ADAM と生存圏フラッグシップ共同研究に関連したテーマで、京大化学研究所、エネルギー理工学研究所、民間企業 3 社と JST の CREST 研究を開始した。この事業により、ADAM 関連設備の一層の充実化と共同研究の拡大を図る予定である。

## 生存圏データベース全国国際共同利用専門委員会

### 1. 共同利用施設および活動の概要

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

#### 1.1 材鑑調査室

材鑑調査室は、1978年に国際木材標本室総覧に機関略号 KY0w として正式登録されたことを契機に1980年に設立され、材鑑やさく葉標本の収集をはじめ、内外の大学、研究所、諸機関との材鑑交換を行なっている。現有材鑑数は18233個(178科、1131属、3617種)、永久プレパラート数は9619枚にのぼり、わが国では森林総合研究所に次ぐ第2の規模である。生存圏研究所に特徴的なものとして、古材コレクション(400点)がある。これらは指定文化財建造物の修理工事において生じる取替え古材を文化財所有者や修理事務所の協力に基づき、系統的に収集したものである。実験試料として破壊試験を行なうことができる我が国唯一のコレクションであり、木の文化と科学に寄与する様々な研究テーマに供されている。また木材の組織構造観察にもとづく樹種同定を通して、昨今耐震改修の進む歴史的な建造物の部材毎の樹種や、木彫像を初めとする文化財の樹種のデータベース化を進めている。



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

2008年の改修により、管理室と見学スペースを分離すると同時に、生存圏データベース共同利用の拠点設備として生存圏バーチャルフィールドを開設した。現在は、法隆寺五重塔心柱、祇園祭船鉾車輪をはじめ数多くの文化財級の部材や工芸品を展示し、年間1000名に達する見学者に随時公開している。さらに、2009年には増加する歴史的建造物資料を保管するため小屋裏倉庫を設け、柱材や梁などの大型古材や文献・書籍などを収納している。

## 1.2 電子データベース

生存圏データベースの一環として、研究成果にもとづいて蓄積してきた電子情報にもとづく以下のような種々のデータベースをこれまでに公開してきた。**宇宙圏電磁環境データ**：1992年に打ち上げられ地球周辺の宇宙空間を観測し続けている GEOTAIL 衛星から得られた宇宙圏電磁環境に関するプラズマ波動スペクトル強度の時間変化データ。**レーダー大気観測データ**：過去20年以上にわたってアジア域最大の大気観測レーダーとして稼働してきた MU レーダーをはじめとする各種大気観測装置で得られた地表から超高層大気にかけての観測データ。**赤道大気観測データ**：インドネシアに設置されている赤道大気レーダーで取得された対流圏及び下部成層圏における大気観測データと電離圏におけるイレギュラリティ観測データを含む関連の観測データ。**グローバル大気観測データ**：全球気象データ(ヨーロッパ中期気象予報センターの再解析データと気象庁作成の格子点データ)を自己記述的でポータビリティの高いフォーマットで公開。**木材多様性データベース**：材鑑調査室が所蔵する木材標本ならびに光学プレパラートの情報を、また日本産木材データベースでは日本産広葉樹の木材組織の画像と解剖学的記述を公開。**植物遺伝子資源データ**：植物の生産する有用物質(二次代謝産物)とその組織間転流や細胞内蓄積に関与すると考えられる膜輸送遺伝子に焦点を絞り、有用な遺伝子の EST 解析を行ない、その遺伝子の情報を集積。**木質構造データ**：大規模木質構造物・木橋等の接合方法や伝統木造建築の構造特性などの観点から、国内の主たる木質構造について、接合部などの構造データ、建物名や建築年代、使用樹種などのデータを集積。**担子菌類遺伝子資源データ**：第二次世界大戦以前より収集されてきた希少な標本試料(木材腐朽性担子菌類の乾燥子実体標本；写真も含まれる)の書誌情報や生体試料の遺伝子情報を収集。

これら以外に H23 年度より、所内外の研究者の方々から生存圏に関わる以下のデータベースの提供を受けて公開している。**南極点基地オーロラ観測データ**：南極点基地で撮像したオーロラ全天画像のデータベース。**静止衛星雲頂高度プロダクト**：静止気象衛星の赤外輝度温度観測から推定した、雲頂高度および光学的厚さに関するデータベース。**アカシア大規模造林地気象データベース**：2005年よりインドネシア南スマトラ島のアカシア大規模造林地においておこなわれている地上気象観測データ。

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



## 2. 共同利用研究の成果

- ① 全国大学間ネットワーク：北海道大学、東北大学、東京大学、森林総合研究所、京都大学、九州大学が参加して、国内に所蔵される材鑑のデータベース化とネットワーク化を推進している。本年度は特に、北海道大学と震災で被害を受けた東北大学の標本整理を支援した。北海道大学、東北大学、ならびに京都大学のコレクションについては、生存圏データベースサイトから全木材標本が検索可能となり、材鑑調査室の見学用サイトも新設した。また名古屋大学が新たにグループに参加することとなった。
- ② 木材標本採集会：森林総合研究所が中心となり推進する国産樹種採集会を4年前から全国共同利用研究の一つとして行なっている。今年度は上半期に熊本県、下半期に東京都奥多摩を中心とした地域で標本採集を行なった。参加者の専門は、木材学のみならず、植物学、歴史学、考古学、年輪学と広く、学際的な雰囲気の中、採集のノウハウ、植物分類学の基礎、植生と気候区分などを学ぶ貴重な機会となっている。
- ③ 中国産木材解剖学大成：約8千種ともいわれる中国産材から有用な1000種を扱った中国木材に関する集大成が完成間近である。京都大学と南京林業大学の研究者の協力のもと、日、英、中3ヶ国語による解剖学の書籍の出版を予定している。
- ④ 樹種識別講習会：大学院生ならびに学部生を対象に、解剖学の基礎講義に加えて寺社等での実地サンプリング・同定作業の体験プログラム。本年度は財団法人角屋保存会ならびに社寺建築株式会社奥谷組のご協力を得て、文化財建築物と修復に携わる工房の見学会を実施した。樹種同定を通して人と木とのかかわりを調べる文理融合的な研究を推進する若手研究員の育成を目指している。

## 3. 共同利用状況

平成19年度から23年度にかけての共同利用状況については、以下の通りである。

期間	平成19年度	平成20年度	平成21年度	平成22年度	平成23年度
材鑑調査室 採択課題数	15	18	18	16	17
材鑑調査室 共同利用者数*	88	76	60	67 (学内32, 学外35)	66 (学内31, 学外35)
電子データベースへのアクセス	1,789,152 9,170GB	5,328,254 50,065GB	6,340,066 197,654GB	13,890,937 240,608GB	49,710,485 163,082GB

\* 共同利用者数は各課題の研究代表者と研究協力者の延べ人数

## 4. 専門委員会の構成及び開催状況（平成23年度）

専門委員会は、所外委員9名[鈴木三男(東北大)、中島英彰(NIES)、藤井智之(森林総研)、船田良(東京農工大)、村田健史(NICT)、中村卓司(極地研)、堀之内武(北海道大)、斎藤幸恵

(東大・農)、高部圭司(京大・農)]と所内委員4名[塩谷雅人、杉山淳司、小嶋浩嗣、橋口浩之]、および海外委員1名[金南勲(江原大, 韓国)]からなっている。平成23年度の委員会は平成24年2月29日10時から開催され、平成23年度の活動報告、平成24年度生存圏データベース(材鑑調査室)共同利用申請課題の選考などについて論議を行なった。

## 5. 特記事項

- ① 2011年12月に大学間木材標本ネットワークの活動の一貫として、生存圏研究所データベースサイトから北海道大学ならびに東北大学の所蔵材鑑が検索できるようになった。また2012年1月には東京大学農学部森林植物学教室所蔵の2万点に及ぶ未整理標本の電子化を支援すべく検討会を開催した。
- ② バーチャルフィールド内の展示資料の整備に着手した。特に注目度の高い9項目について新しいパネルを作成した。また関連の内容について、見学者がモバイル端末から検索できるシステムを構築して公開した(2011年12月)。
- ③ 電子データベースとして、新たに南極点基地オーロラ観測データ、静止衛星雲頂高度プロダクト、アカシア大規模造林地気象データベースを追加した。
- ④ 材鑑調査室の共同利用研究に関わって以下のような成果が上がっている。
  - 博士論文：松尾美幸、Color Change of Lignocellulosic Materials during Natural Aging and Heat Treatment (2012)
  - 日本文化財科学会奨励論文賞：水野寿弥子ほか、シンクロトン放射光X線トモグラフィ(SRX-ray  $\mu$ CT)を用いた木質文化財の樹種識別(2011年6月)
  - 「日本有用樹木誌」(著書)：伊東隆夫ほか(海青社、2011年7月発行)



新しい材鑑の大学間ネットワークページの立ち上げ。

## 生存圏学際萌芽研究センター

### 1. 活動の概要

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

平成23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23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23年度は、22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23年度は13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、32件の生存圏シンポジウムを主催・共催し参加者の総数は3115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。

### 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）、  
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（檜村京一郎、木村彰孝、Sanjay Kumar MEHTA、田鶴寿弥子、  
山元誠司、横山竜宏）
- ・ 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



### 樫村京一郎（篠原真毅）：マイクロ波による低炭素化社会構築への開発研究

図1は我が国における各産業の温室効果排出量を円グラフとしたものである。各産業の温室効果ガス排出量は「鉄鋼、化学、窯業・土石」の順で大きくなっており、これを速やかに削減することは人類の生存圏確保に大きく貢献できる。近年、この工学問題への解として「マイクロ波」が注目されている。宇宙太陽光発電により得られた大電力は、火炎にかわる21世紀の新しい再生可能なエネルギー源であり、優れたエネルギー伝送能を有する。これを用いれば、素材製造分野において産業革命より採用されてきた化石燃料を、再生可能なマイクロ波エネルギーで代替することが可能となる。これにより、我が国において排出される炭酸ガスを3割削減することが期待できる。

今年度では素材製造分野における再生可能なマイクロ波エネルギーによる新たな化学資源変換法の確立を目的とし、金属精錬・新素材合成プロセス構築へのエネルギー伝送法に焦点を置き、その金属精錬への応用を行った。

図1 我が国における温室効果ガス合計。我が国では製鉄分野における炭酸ガス排出量がその3割をしめている。

[環境省地球環境局地球温暖化対策課：地球温暖化対策推進法に基づく温室効果ガス排出量算定・報告・公表制度による平成19年度温室効果ガス排出量の集計結果、(2007) p. p. 25]



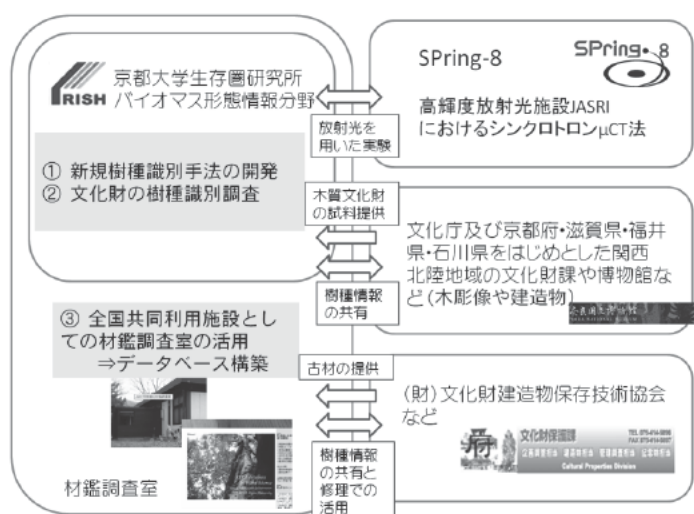
### 木村彰孝（川井秀一）：人の心理・生理応答による木質内装材の健康維持・増進作用評価システムの開発 —視覚と嗅覚を指標として—

本研究では、ヒトの心理・生理応答による木質内装材の健康維持・増進作用の評価システムを提案することで、木質材料による健康に配慮した居住圏・生活圏、如いては安全かつ安心な生存圏の創造を目指す。特に、大気浄化機能や香りの鎮静作用などが明らかになりつつあるスギ材とその木口面に着目し、本年度は課題①：室内空間の湿度変化とスギ材由来の視覚・嗅覚刺激がヒトに与える影響、課題②：スギ材の表面形状と内装への使用量・デザインの違いによる視覚刺激がヒトに与える影響、について検討を行うことで、基礎データの蓄積を行った。

課題②については、表面形状の異なる材料として内装材として一般的に用いられている板目材と繊維方向に対して直交方向にスリット加工を施すことで内装表面に木口面を露出させたスリット材を用い、壁面への使用量とデザインの異なる計7種類の空間を作成し、それらの違いがヒトの自律神経活動と気分・感情に与える影響について比較・検討した。その結果、表面形状の違いにより異なる自律神経活動および気分・感情の状態を示すこと、使用量やデザインの条件により、スリット材壁面は板目材壁面に比べ生体を鎮静状態とすること、つまり表面加工を施した材料を用いることでスギ材の使用過多や特異なデザインによる視覚ストレスを緩和する可能性が示唆された。

田鶴寿弥子（杉山淳司）：材鑑調査室を利用した文理融合研究の推進 —木質文化財にみる日本人の木材選択—

日本人は古くより樹種特性と用途における明確な体系を確立してきた。木質文化財のうち特に、宗教・信仰の対象物の制作には、何らかの意味・重要性をもつ樹種が選択されたと想像できる。これらを科学的に明らかにし、古から日本人の根底に流れる精神世界を審らかにすることこそ、人類が歩もうとしている未来への確かな道程となると思われる。本研究では樹種識別への先端科学の適用・古材収集と年輪解析・全国共同利用生存圏データベースの推進を主なテーマとしてきた。特に、樹種識別への先端科学の適用では、国宝や重要文化財といった木片を得ること自体が困難で、修理時に得られても極微量という試料について、得られる試料の状態によらず識別が可能となる新しい方法、シンクロトロン放射光 X 線マイクロトモグラフィー ( $\mu$ -CT) による識別法を確立し、様々な文化財に応用並びにデータベース構築を進めてきた。2011 年度は、SPring-8 の  $\mu$ -CT により、従来蓄積してきたデータベースを拡充することに努めた結果、主に京都府並びに滋賀県を中心として更に 120 点の仏像・神像・狛犬・古面といった文化財の樹種データを得る事ができた。中でも神像・狛犬においてはヒノキに加えてカヤの使用の地域性や時代性が示唆される結果が得られ、美術史、考古学、宗教、民俗学といった研究領域と共に新たな考察が可能となった。



Sanjay Kumar MEHTA (Toshitaka Tsuda) : A study on the variation of the tropical tropopause by using high precision satellite data

This study investigated the long term variability of the tropical tropopause layer (TTL) using high precision GPS radio occultation (RO) data from CHAMP satellite mission for the period May 2001-December 2007 and COSMIC satellite mission for the period May 2006 - December 2010 in the latitude belt  $\pm 15^\circ$ . The radiosonde data for period 1980-2010 in the latitude belt  $\pm 15^\circ$  is also used to compare the result. The TTL is the layer in the tropics between the level of main convective outflow level and the cold point tropopause (CPT), about 12-19 km. However, we use temperatures between altitudes 8-30 km which account both tropospheric (below the TTL) and stratospheric (above the TTL) processes besides TTL. The linear regression analysis was applied to the deseasonalized monthly mean temperature time series for the periods 1980-2000 and 2001-2010 separately. The troposphere below the TTL show warming trend (0.1-0.3 K/decade), while the TTL

and above it shows cooling trend (0.2-1.2 K/decade) during 1980-2000. The TTL shows slow warming trend (0.5-1.0 K/decade) during 2001-2010 in contrast to period 1980-2000. The warming in the TTL could be possibly attributed due to increasing greenhouse gases.

#### 横山竜宏 (山本衛): 高精細大気圏・電離圏統合モデルによる電離圏擾乱現象の解明

地球大気を覆う電離圏(高度 90-1000km)は、下層大気と宇宙空間を繋ぐ遷移領域であると同時に衛星電波が遅延等の影響を受ける伝搬経路でもある。特に、局所的なプラズマ密度の不規則構造を伴う電離圏擾乱が発生した場合には、電波の振幅、位相の急激な変動(シンチレーション)が生じるため、GPS 等による電子航法に深刻な障害を及ぼすことが知られている。このような電離圏擾乱の発生機構を解明し、発生を事前に予測することが、科学・実用の両面から求められている。従来の地球大気の研究は、下層大気/中層大気/超高層大気/電離圏と高度で区切られた各領域において、各々の専門家によって進められてきた。特に、大気の一部が電離し電磁力学が重要となる電離圏とそれ以外の領域は、それぞれ独立した研究対象と考えられ、両者の結合という観点からの研究は非常に限られていた。近年、学会等でも大気圏・電離圏を統一したセッションが作られる等、中性-電離大気結合の重要性が注目を集めつつある。中性、電離大気それぞれの数値モデルを結合させ、その物理過程を解明することが強く求められている。

そこで本研究では、静力学平衡を仮定しない全球大気圏モデルの開発を見据えた研究を実施する。さらに、このモデルに電離圏プラズマ物理を統合し、大気圏・電離圏を一体のものとして捉えることにより、局所的な現象である電離圏擾乱を全球的な視点から理解し、精度の高い電離圏擾乱の発生予測の実現を目指す。これは、従来型の数値モデルの概念、つまり、静力学平衡を仮定した大規模な現象のみを取り扱う全球モデル、あるいは、局所的な現象のみを取り扱う非静力学モデルといった棲み分けを取り払い、全ての現象を自己完結的に取り扱える数値モデルの開発を目指すものである。まず既存の中緯度電離圏モデルを赤道域まで拡張し、非静力学大気圏モデルを統合する点までを目標とする。赤道域におけるプラズマバブルと呼ばれる電離圏擾乱は、特に深刻な電波障害を引き起こすため、発生機構の解明と発生の予測が強く求められている。インドネシアを中心に展開されている生存圏研究所の観測網と数値モデルとの比較から、プラズマバブルの生成機構解明を目指す。

## 2.2 平成 23 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

理学研究科・理学部	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
	准教授	柴田 裕実	宇宙ダスト・スペースデブリ衝突現象に関する研究
農学研究科・農学部	教授	太田 誠一	熱帯林の土壌生態
	教授	木村 恒久	セルロースの機能化に関する研究
	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	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
	准教授	藤井 義久	木材の生物劣化の非破壊診断技術開発
	講師	坂本 正弘	タケ資源の有効利用
人間・環境学研究科・ 総合人間学部	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
	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
地球環境学堂	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
	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
化学研究所	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
	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

防災研究所	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	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23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 (京大大学生存圏研究所・助教)	高性能ナノフィルターの利用を見据えた低密度・高強度ナノファイバースートの開発	伊福 伸介	鳥取大学工学研究科
2	有村 源一郎 (京都大学理学研究科・准教授)	温暖化環境における植物の間接防御メカニズムの解明	矢崎 一史 小澤 理香 高林 純示	京都大学理学研究科 京大大学生態学研究センター
3	上田 義勝 (京大大学生存圏研究所・助教)	木質材料粉末を利用したメソポーラスカーボンの生成と、その水素吸蔵性能の評価研究について	古屋仲 秀樹 井藤 幹夫	京都大学物質・細胞統合システム拠点 大阪大学工学研究科
4	海老原 祐輔 (京大大学生存圏研究所・准教授)	宇宙生存圏ハザードマップの基礎開発	大村 善治 臼井 英之 笠原 慧	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

5	齋藤 洋太郎 (京大大学生存圏研究所・ 特定研究員)	代謝工学を用いた白色腐朽菌 によるCBP(consolidated bioprocessing)技術の開発	本田 与一	
6	榑原 圭太 (京都大学化学研究所・ 助教)	セルロースナノファイバーの濃 厚ポリマーブラシ修飾による3 次元階層構造化と新規ソフト マテリアルの創製	矢野 浩之 辻井 敬亘	京都大学化学研究所
7	士反 伸和 (神戸薬科大学・助教)	アルカロイド輸送体を用いた植 物の環境適応機構の解明と物 質生産への基盤構築	杉山 暁史 矢崎 一史	神戸薬科大学
8	檀浦 正子 (京都大学農学研究科・ 助教)	安定炭素同位体と近赤外レー ザー分光法を用いた樹木の CO2 固定量の追跡	高橋 けんし 高梨 聡 小南 裕志	京都大学農学研究科 森林総合研究所
9	福島 慶太郎 (京都大学フィールド科学教育 研究センター・特定研究員)	京都府由良川流域における森 林から海までの栄養塩動態: 森林生態系と沿岸生態系の連 環解明に向けて	杉山 淳司 吉岡 崇仁 徳地 直子 福崎 康司 鈴木 伸弥	京都大学フィールド科学教育研究 センター 京都大学農学研究科
10	三谷 友彦 (京大大学生存圏研究所・ 助教)	大規模フェーズドアレイアンテ ナにおける最適ビームパタン 形成の研究	田中 俊二 蛭原 義雄	京都大学工学研究科
11	村田 文絵 (高知大学自然科学系・助教)	世界的豪雨地域インド・メガラ ヤ高原周辺におけるメソスケ ール降水系に関する調査研究	橋口 浩之 安藤 和雄 林 泰一	京都大学東南アジア研究所 京都大学防災研究所
12	山根 悠介 (常葉学園大学教育学部・ 講師)	大気環境パラメータデータベー スを活用したインド亜大陸北東 域におけるプレモンスーン期 対流活動の時空間変動に対 する大気環境場の影響解明	塩谷 雅人 林 泰一	常葉学園大学教育学部 京都大学防災研究所
13	山本 真之 (京大大学生存圏研究所・ 助教)	赤道大気レーダーを中心とし た複合観測による熱帯対流圏 における大気擾乱の様態解明	下舞 豊志 柴垣 佳明 柴田 泰邦 西 憲敬	島根大学総合理工学部 大阪電通大学情報通信工学部 首都大学東京システムデザイン学 部 京都大学理学研究科

## 生存圏科学萌芽研究 成果の概要

### (1) 高性能ナノフィルターの利用を見据えた低密度・高強度ナノファイバーシートの開発

#### 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：伊福伸介（鳥取大学工学研究科）

#### 2. 研究概要

本研究では、植物資源の新たな用途展開および今後必須となるナノレベルでの精製・分離技術の発展を目指し、植物由来セルロースナノファイバーの優れた性質を活かした“高強度・高性能ナノフィルター”の開発を目的とする。通常、低い密度で作製したナノファイバー不織布の力学性能は非常に低いが、アルカリ処理によるナノファイバー同士の強固な結合が不織布の力学性能が飛躍的に向上させることが明らかとなった。

### (2) 温暖化環境における植物の間接防御メカニズムの解明

#### 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）、小澤理香（京都大学生態学研究センター）、高林純示（京都大学生態学研究センター）

#### 2. 研究概要

植物—ハダニ—カブリダニ（天敵）の三者間相互作用に着目し、変動する温度環境条件下での相互作用動態のメカニズムの解明に取り組んだ。高温下で発現するハダニ、カブリダニ遺伝子の網羅的なトランスクリプトーム解析を次世代シーケンサーを用いて実施したところ、熱ショックタンパク質である *PpHsp70-1* 等の遺伝子群が同定された。さらに、RNAi 法を用いた遺伝子発現抑制、揮発性物質の解析、ダニの行動解析等を組み合わせることで相互作用動態のメカニズムを明らかにした。

### (3) 木質材料粉末を利用したメソポーラスカーボンの生成と、その水素吸蔵性能の評価研究について

#### 1. 研究組織

代表者氏名：上田義勝（京都大学生存圏研究所）

共同研究者：古屋伸秀樹（京都大学物質-細胞統合システム拠点）、井藤幹夫（大阪大学工学研究科）

#### 2. 研究概要

国内外における木質材料粉末は販売されている物もあるが、廃棄されている材も多く、その有効利用についての議論が活発に行われている。本研究では、準密閉容器内でその木質粉末を急速加熱して液化・再凝固させることで、従来のカーボン材料とは異なる新規な多孔質カーボン（以下 MPC）を精密に合成する研究を行う。この MPC は孔径が一定で表面積も広く、昨年度の生存圏研究所部局活性化経費（若手研究者の競争力強化に関する取組）による助成で行った先行研究において、その孔(4nm)において水素が特殊な状態で捕獲されている事が確認されている。本研究では、将来の萌芽的研究として、材料や生成方法の違いによる水素吸蔵性能を

より詳細に調査するとともに、材料を加工してパラジウム担持させる等の処理を行う事で、その水素吸蔵性能がどこまで上がるかについて評価・研究を行った。

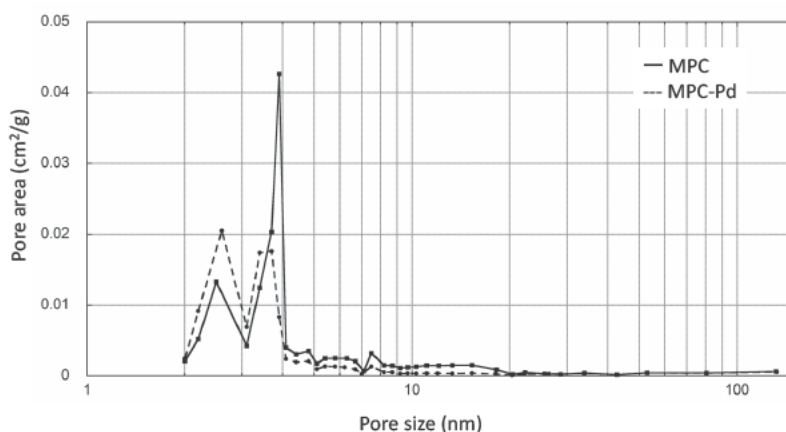


図 1：比表面積の比較(MPC と MPC-Pd)

#### (4) 宇宙生存圏ハザードマップの基礎開発

##### 1. 研究組織

代表者氏名：海老原祐輔（京大大学生存圏研究所）

共同研究者：大村善治（京大大学生存圏研究所）、臼井英之（神戸大学システム情報学研究所）、笠原 慧（宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所）

##### 2. 研究概要

人工衛星は重要な社会基盤としての地位を確立しており、人工衛星が飛翔する地球近傍の宇宙空間は人類の生存圏と言えよう。しかし、高温のプラズマは宇宙機の表面帯電を、高エネルギーの荷電粒子は宇宙機の表面を貫通し内部帯電や半導体のシングルイベントアップセットをもたらすなど、宇宙機にとって宇宙空間は過酷な環境である。宇宙空間を安心・安全に利用するためには実観測に基づくリスク分析と実効的な対策の立案が必要であり、その基盤となるのが宇宙空間を満たす荷電粒子の分布モデルである。これまでの粒子分布モデルは観測データを平均化したものであり、数桁以上にも及ぶ変動を適切に表現することができない。本研究は、人工衛星が観測した粒子フラックスを基礎とし、空間、エネルギー、ピッチ角などを独立変数として粒子フラックス値を表現する「全球  $n$  次元宇宙粒子環境モデル」を開発するものである。 $n$  個の独立変数について確率分布を持たせることにより、発生確率は低いが高リスクと考えられる事象、つまりテール・リスクが起ころうる事象の提示（「宇宙生存圏ハザードマップ」）を目指す。

#### (5) 代謝工学を用いた白色腐朽菌によるCBP(consolidated bioprocessing)技術の開発

##### 1. 研究組織

代表者氏名：齋藤洋太郎（京大大学生存圏研究所）

共同研究者：本田与一（京大大学生存圏研究所）



## 2. 研究概要

化石資源の代替物としてバイオマス、特に食糧と競合しない木質バイオマスの利用を促進するために、木材腐朽菌であるヒラタケの発酵能を強化し、これまで別々に行われていた前処理、糖化、発酵の処理を一気に行うことができる CBP (consolidated bioprocessing) の開発を目指した研究を行った。担子菌においては外来生物の遺伝子発現が困難であることが知られているため、ヒラタケが本来持っている遺伝子の中で発酵に重要な酵素遺伝子を過剰発現することにより発酵能を強化する。

## (6) セルロースナノファイバーの濃厚ポリマーブラシ修飾による3次元階層構造化と新規ソフトマテリアルの創製

### 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：矢野浩之（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

木質細胞壁の解繊技術の発展により幅 15 nm 前後のセルロースナノファイバー (CNF) を安定に単離する技術が開発され、CNF の優れた物性（軽量・高弾性率・低熱膨張性・透明性など）を活用した電子デバイスや高強度プラスチックなどの実用的かつ高性能な材料が次々と報告されている。一般に CNF はその強い水素結合による絡み合いにより、バルク材料内ではネットワーク構造を形成している。一方、CNF 材料の新たな機能の創出を目的として、CNF の階層構造化が注目されつつある。

当研究グループでは、リビングラジカル重合を表面開始グラフト重合へ適用することで、桁違いに高密度な「濃厚ポリマーブラシ」の合成に世界に先駆け成功し、その高伸張配向構造に起因する高圧縮弾性率、極低摩擦特性、厳密なサイズ排除特性、及び生体適合性を解明している。さらに、濃厚ポリマーブラシを付与した微粒子を構成要素とした長距離相互作用に基づく新規コロイド結晶が報告されている。

そこで本研究では、生存圏における圧倒的蓄積量と優れた物性を有するセルロースナノファイバーに、濃厚ポリマーブラシという新しい分子組織体機能を賦与することにより始めて実現する「準ソフト系」階層構造を達成することで、新規なソフトマテリアルの創出を目指す。

## (7) アルカロイド輸送体を用いた植物の環境適応機構の解明と物質生産への基盤構築

### 1. 研究組織

代表者氏名：土反伸和（神戸薬科大学）

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）

### 2. 研究概要

植物は再生可能な資源であり、その有効利用のためには、植物の環境適応機構の解明が喫緊の課題となっている。タバコ植物は昆虫による傷害を受けた際、二次代謝産物であるニコチンアルカロイドを根で生合成後、地上部へ転流、葉の液胞に蓄積し身を守っている。我々は4つのニコチン輸送体候補(Nt-JAT1、C215、T449、T408)に着目し、その中の1つ Nt-JAT1 が

葉の液胞へのニコチン輸送を担い転流ならびに防御に関わることを証明してきた (Morita et al. 2009 PNAS)。本研究では、これらニコチン輸送体の過剰発現、発現抑制タバコ及び培養細胞を作成し、そのアルカロイド含量を検討することで、二次代謝産物の輸送を介した環境適応機構の基礎的知見を得ることを試みた。

各輸送体の過剰発現、GFP 融合タンパク質の過剰発現、発現抑制したタバコ植物体、培養細胞の作出を行った。複数回の形質転換並びにウェスタンブロットや蛍光顕微鏡観察による選抜により、タバコ植物体ならびに培養細胞において Nt-JAT1、C215、T408 それぞれについて複数の形質転換体を得ることに成功した。さらにアルカロイド含量の変化を解析したところ、培養細胞 T408 過剰発現 No. 6、18 においてアルカロイド含量の有意な増加が観察され、これら輸送体を用いてアルカロイド生産量の改変が可能であることが示唆された。

薬用植物由来の医薬品には、原料植物の枯渇などにより将来的な安定供給の難しさが危惧されているものも多い。今後、作成した形質転換体をさらに解析し基礎的知見を得ることで、より安定かつ高効率な生産へと発展させ、医薬品の安定な供給を介した人類の持続的生存に貢献していくことを目指したい。

## (8) 安定炭素同位体と近赤外レーザー分光法を用いた樹木の CO<sub>2</sub> 固定量の追跡

### 1. 研究組織

代表者氏名：檀浦正子（京都大学農学研究科）

共同研究者：高橋けんし（京都大学生存圏研究所）、小南裕志（(独)森林総合研究所）、高梨 聡（(独)森林総合研究所）

### 2. 研究概要

陸上生態系の中で、森林は主たる二酸化炭素の吸収源である。しかし森林を構成している樹木は、一方的に炭素を吸収し続けるわけではなく、光合成と同時に呼吸も行うため、その差し引き分が炭素として樹体に数十年にわたって蓄積されることになる。そこで、樹木内にいつどれだけ炭素が吸収され、放出され、その結果どこにどれだけ炭素が蓄積されるか、またそれは環境要因によりどの程度変化するか、より詳細に調査することが必要であるが、二酸化炭素は透明であるため、観測は容易ではない。本研究では、炭素安定同位体ラベリング手法を森林樹木に適用し、最新のレーザー同位体分光装置を用いて測定することによって、樹体に取り込まれた炭素が森林生態系をどのように滞留・循環し、放出されていくのかを精密に定量化することを目指している。観測の結果、コナラ成木において、葉に取り込まれた炭素が呼吸として放出されるまでのタイムラグを計測し、炭素の移動速度を計算することができた。それらは夏には速く、冬には遅くなることが明らかになった。

## (9) 京都府由良川流域における森林から海までの栄養塩動態：森林生態系と沿岸生態系の連環解明に向けて

### 1. 研究組織

代表者氏名：福島慶太郎（京都大学フィールド科学教育研究センター）

共同研究者：杉山淳司（京都大学生存圏研究所）、吉岡崇仁（京都大学フィールド科学教育

研究センター)、徳地直子(京都大学フィールド科学教育研究センター)、  
福崎康司(京都大学農学研究科)、鈴木伸弥(京都大学農学部)

## 2. 研究概要

人間の生存基盤には多くの場合水が必要であり、適切な河川水質が確保されなくてはならない。日本の河川では多くの場合、上流が森林に覆われ、流下に伴って農地や耕作地、市街地面積が増加する。このように、森林から海に至る間に人間活動の影響を強く受けた土地利用形態が増加し、人為に起因する窒素(N)やリン(P)の負荷量が増大する。Pと同様にNの形態の一つである硝酸態窒素( $\text{NO}_3\text{-N}$ )が河川に多量に流出すると、富栄養化して下流域の生態系機能を損なう。また、飲用水に $\text{NO}_3$ を多量に含むと人間の健康を脅かすことも知られており、流域単位で人間の生存圏保全を考えるためには河川中の $\text{NO}_3$ の挙動と負荷源の特定が重要である。

そこで本研究は、京都府北部を流れる由良川を対象に、流域内の河川 $\text{NO}_3$ 濃度の分布と、 $\text{NO}_3$ のNとOの安定同位体組成( $\delta^{15}\text{N}$ ,  $\delta^{18}\text{O}$ )を用いた負荷源の特定<sup>1)</sup>を行い、流域の土地利用との関係を明らかにすることを目的とした。また、由良川上流に存在するダム湖の $\text{NO}_3$ の濃度と $\delta^{15}\text{N}$ ,  $\delta^{18}\text{O}$ から、 $\text{NO}_3$ 生成・消費過程を明らかにした。

調査は2010年から年4回、由良川上流の源頭から丹後海に注ぐまでの本流・支流の計60地点の河川水とダム湖水を採取し、 $\text{NO}_3$ 濃度と $\text{NO}_3$ の $\delta^{15}\text{N}$ ,  $\delta^{18}\text{O}$ を測定した。

由良川流下過程で農耕地や市街地等の占有率が上昇するにつれて、河川 $\text{NO}_3$ 濃度・ $\delta^{15}\text{N}$ が上昇した。農耕地と市街地の面積比率を $\alpha$ 、市街地率 $\gamma=1/(1+\alpha)$ で算出すると、 $\gamma$ と $\delta^{15}\text{N}$ に正の相関が認められ、農地から $\delta^{15}\text{N}$ の低い肥料が、市街地から $\delta^{15}\text{N}$ の高い下水由来の $\text{NO}_3$ が河川に流入していることが示唆された。森林率の高い上流では土壌硝化由来の $\text{NO}_3$ が優占的であった。また、 $\text{NO}_3$ 濃度の低い源頭部では $\delta^{18}\text{O}$ が高い傾向が見られ、森林流域では $\delta^{18}\text{O}$ の高い降雨由来の $\text{NO}_3$ の混入が濃度形成に影響する可能性が示された。ダム湖内では夏季に放水口に近い中層付近で $\text{NO}_3$ 生成が、底層では貧酸素条件下での脱窒による $\text{NO}_3$ 消費が見られた。このことから、夏季にはダム湖由来の $\text{NO}_3$ がダムより下流の生態系に影響を及ぼすことが示唆された。

## (10) 大規模フェーズドアレイアンテナにおける最適ビームパターン形成の研究

### 1. 研究組織

代表者氏名：三谷友彦(京都大学生存圏研究所)

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

フェーズドアレイアンテナは、MUレーダーに代表されるように大気観測用レーダー等に実用化されていることや、宇宙太陽光発電のマイクロ波送電システムとして検討されており、生存圏科学に資する最重要技術課題の一つである。本研究では、デジタル移相器で発生する挿入損失を考慮したフェーズドアレイアンテナの最適ビームパターン形成問題について取り組んだ。アンテナの励振振幅・励振位相を単純な逐次的解法で求める場合、アンテナ素子数が20素子程度でも天文学的な計算時間がかかってしまう。よって、最適解もしくは最適解に等しい近似解を高速で求めるアルゴリズムの開発は極めて重要である。本研究では、最適ビームパターン形成のための励振振幅・励振位相決定アルゴリズムを開発し、多種多様なフェーズドアレイ

アンテナ条件を考慮したアンテナ利得・ビームパタンを得ることを目指す。本研究で開発されるアルゴリズムは、宇宙太陽発電所送電アンテナのみならず、レーダー用アレーアンテナ、通信用アダプティブアンテナ等、生存圏科学に関連するフェーズドアレーアンテナのビームパタン形成問題に対しても貢献することができる。

研究成果として、昨年度までに開発した位相決定アルゴリズムを拡張し、エッジテーパリング（アンテナの両端部の電力強度を中央部と比較して低減させる手法）や不等間隔素子（アンテナ素子を不等間隔に配列する手法）を導入した際の最適ビームパタン形成について計算機実験を実施した。エッジテーパリングおよび不等間隔素子を導入することで、ビーム収集効率が増加し、サイドローブレベルが低減されることを明らかにした。また、アナログ移相器とデジタル移相器の差異によるビームパタンへの影響はあまり大きくないが、移相器シフト時の損失が大きいほど、また移相量が離散的であるほどビーム収集効率やサイドローブレベルが悪化することを明らかにした。

#### (11) 世界的豪雨地域インド・メガラヤ高原周辺におけるメソスケール降水系に関する調査研究

##### 1. 研究組織

代表者氏名：村田文絵（高知大学自然科学系理学部門）

共同研究者：橋口浩之（京都大学生存圏研究所）、安藤和雄（京都大学東南アジア研究所）、林 泰一（京都大学防災研究所）

##### 2. 研究概要

メガラヤ高原の豪雨を形成する水蒸気の通り道であるすぐ南に位置するバングラデシュの水蒸気変動を観測するため、5～8月の間2地点にGPSアンテナを設置し、GPS可降水量を初めて算出した。この結果を現地に設置している地上観測及び気象ドップラーレーダーと合わせて解析することによりメソスケール降水系に伴う短時間の気象場の変動を明らかにした。

#### (12) 大気環境パラメータデータベースを活用したインド亜大陸北東域におけるプレモンスーン期対流活動の時空間変動に対する大気環境場の影響解明

##### 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）

##### 2. 研究概要

本研究は、世界的にも対流活動が活発な地域の一つであるインド亜大陸北東域を対象として、対流活動の時空間変動特性に与える大気環境場の影響について明らかにしようとするものである。平成21年度及び平成22年度の生存圏科学萌芽研究において、衛星データを用いたインド亜大陸北東域の対流活動の時空間変動特性の解明とアジア域大気環境パラメータデータベース作成を行ってきた。ここで大気環境パラメータとは、大気環境の状態を診断するためのパラメータである。本研究では、これら2つのこれまでの成果に基づき、インド亜大陸北東域における対流活動と大気環境パラメータの時空間的変動特性の関係性について調査し、もって対流活動の時空間変動に大気環境場の変動が与える影響について明らかにすることを目的とし

ている。

### (13) 赤道大気レーダーを中心とした複合観測による熱帯対流圏における大気擾乱の様態解明

#### 1. 研究組織

代表者氏名：山本真之（京大生存圏研究所）

共同研究者：下舞豊志（島根大学総合理工学部）、柴垣佳明（大阪電通大学情報通信工学部）

柴田泰邦（首都大学東京システムデザイン学部）、西 憲敬（京大大学院理学研究科）

#### 2. 研究概要

インドネシア・スマトラ島の赤道大気観測所に設置された赤道大気レーダー（EAR）・多機能ライダー・Xバンド気象レーダー・ラジオゾンデの観測データセットを活用し、熱帯域における大気擾乱の様態解明とその定量化に向けた手法開発とデータ解析を行った。CLEAR（Cloud experiment using Lidar and the Equatorial Atmosphere Radar）期間中における層状性降水域内の鉛直流・降水粒子観測データを解析して得られた成果を査読付き学術論文誌に投稿した。短時間で高品質観測データセットを作成するために必要となるデータ処理プログラムの改良にも取り組んだ。

### 2.4 平成23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	Venkatesh Raghavan （大阪市立大学 創造都市研究科・教授）	都市環境モニタリングのための 高精度位置情報取得システム の開発	津田 敏隆 佐藤 一敏 Eugenio Realini 林 博文 米澤 剛 吉田 大介	京都大学学際融合教育研究推進センター 大阪市立大学創造都市研究科 帝塚山学院大学リベラルアーツ学部	1
2	伊藤 嘉昭 （京都大学化学研究所・ 准教授）	酸性雨モニタリング用環境 評価指標植物のイオウ標準 の作成	矢崎 一史 福島 整 杉山 暁史	京都大学化学研究所 物質材料研究機構	1
3	入江 俊一 （滋賀県立大学 環境科学部・准教授）	リグニン分解酵素発現を支配する カルモデュリン経路の解析	本田 与一	滋賀県立大学環境科学部	1,2,4
4	上田 義勝 （京大生存圏研究所・ 助教）	「重合率傾斜型」有機-無機 ハイブリッド膜の燃料電池用 電解質膜の高機能化	横尾 俊信 徳田 陽明	京都大学化学研究所	3

5	梅澤 俊明 (京都大学生存圏研究所・教授)	熱帯産業造林樹種の分子育種展開	矢崎 一史 服部 武文 鈴木 史朗 杉山 暁史 柴田 大輔 三位 正洋	かずさDNA研究所 千葉大学園芸学部 徳島大学ソシオアーツ アンドサイエンス研究部	1,2,4
6	及川 靖広 (早稲田大学理工学術院・准教授)	平面波音源を用いた RASS (Radio Acoustic Sounding System)の構築	津田 敏隆 山崎 芳男 佐藤 晋介 川村 誠司 足立 アホロ	早稲田大学理工学術院基幹理工学部 独)情報通信研究機構 NICT (センシングシステム) 気象研究所	1
7	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改良と動的・静的構造特性の比較検証	小松 幸平 森 拓郎 北守 顕久 脇田 健裕 鄭 基浩	中部大学工学部 静岡大学教育学部	4
8	片平 正人 (京都大学エネルギー理工学研究所・教授)	超高感度溶液NMR法による木質バイオマスの丸ごと、高分解能、リアルタイム計測法の開発と応用	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	1,2,4
9	川井 秀一 (京都大学生存圏研究所・教授)	地上および衛星データを用いた熱帯植林地のバイオマス生長量の動態評価ならびに樹木成長に及ぼす気象要素の影響に関する研究	R. Widyorini EB.Hardiyanto B. Subiyanto A. Firmanti 大村 善治 甲山 治 渡邊 一生 小林 祥子 塩谷 雅人 山根 悠介	Gadjah Mada Univ., LIPI Res.Inst.for Human Settlements, 京都大学東南アジア研究所 立命館アジア太平洋大学 常葉学園大学教育学部	1,2,4
10	北井 礼三郎 (京都大学理学研究科・准教授)	1926年ー1940年の太陽活動画像データベースの作成	林 寛生 上野 悟 浅井 歩 磯部 洋明 富田 良雄 五島 敏芳 山下 俊介 前原 裕行	京都大学理学研究科 京都大学宇宙総合学 研究ユニット 京都大学総合博物館	3

11	小嶋 浩嗣 (京大大学生存圏研究所・ 准教授)	科学衛星における電磁適合性(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 東北大学理学研究科	3
12	齊藤 昭則 (京大大学理学研究科・ 助教)	超高層大気-海洋-固体地球結合モデルによる津波推定に関する研究	山本 衛 宮崎 真一 石川 洋一 松村 充 穂積 裕太	京大大学理学研究科	1
13	柴田 裕実 (京大大学工学研究科・ 准教授)	超高速ガスと固体との衝突物理実験	山川 宏 池田 卓矢 大橋 英雄 佐々木 晶 野上 謙一 小林 正規 岩井 岳夫 平井 隆之	東京海洋大学海洋環境学科 国立天文台 獨協医科大学 千葉工業大学惑星探査研究センター 東京大学工学系研究科 総合研究大学院大学物理科学研究科	3
14	津田 敏隆 (京大大学生存圏研究所・ 教授)	流星飛跡の高度分布に見る地球環境変化	Timbul Manik Effendy Mario Batubara Peberlin Sitompul	インドネシア国立航空宇宙研究所	1,3
15	仲村 匡司 (京大大学農学研究科・ 講師)	木材および木質内装の見えに関する実大検証	川井 秀一 木村 彰孝 東 賢一 萬羽 郁子 藤田 佐枝子	近畿大学医学部 (有)ホームアイ	4
16	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オルガノソルブリグニン炭素化物の酸化・浸食機構とその抑制	梶本 武志 田川 雅人 小嶋 浩嗣	和歌山県工業技術センター 神戸大学工学研究科	3,4
17	畑 俊充 (京大大学生存圏研究所・ 講師)	木質からの白金代替燃料電池用カソード触媒合成条件のPy(熱分解)-GC/MSによる最適化	内本 喜晴 本間 千晶	京大大学人間環境学研究科 北海道立総合研究機構林産試験場	2,3,4

18	深尾 昌一郎 (福井工業大学工学部・ 教授)	MUレーダー・ラジオゾンデ気 球高分解能観測による微小 乱流の日仏共同研究	橋口 浩之 塩谷 雅人 山本 衛 古本 淳一 矢吹 正教 中城 智之 柴垣 佳明 Hubert Luce Richard Wilson Francis Dalaudier Alain Protat	福井工業大学工学部 大阪電気通信大学 Toulon-Var Univ, LATMOS	1
19	本間 千晶 (北海道立総合研究機構 林産試験場・主査)	選択液化による未利用植物 資材の機能化	渡辺 隆司 畑 俊充	北海道立総合研究機 構林産試験場	2,4
20	松村 康生 (京都大学農学研究科・ 教授)	セルロースナノファイバーの 利用による新たな食品物性 の創出	矢野 浩之 松宮 健太郎	京都大学農学研究科	4
21	山根 千弘 (神戸女子大学家政学部・ 教授)	木質パルプのナノファイバー 化によるアルカリ可溶化とそ の総合利用	阿部 賢太郎 浅見 孝志 上田 一義	横浜国立大学工学研 究科 オーミケンシ株式会社	4
22	渡邊 崇人 (京都大学生存圏研究所・ 助教)	担子菌由来発酵阻害物質分 解性ラッカーゼアインゾイム の同定と酵母での発現条件 の最適化	Chartchai Khanongnuch Wootichai Nachaiwieng	Chiang Mai Univ	2

## 生存圏ミッション研究 成果の概要

### (1) 都市環境モニタリングのための高精度位置情報取得システムの開発

#### 1. 研究組織

代表者氏名：Venkatesh Raghavan (大阪市立大学創造都市研究科)

共同研究者：津田敏隆 (京都大学生存圏研究所)、米澤 剛 (大阪市立大学創造都市研究科)、  
佐藤一敏 (京都大学学際融合教育研究推進センター)、Eugenio Realini (京都  
大学生存圏研究所)、林 博文 (大阪市立大学創造都市研究科)、吉田大介 (帝  
塚山学院大学リベラルアーツ学部)

#### 2. 研究概要

本研究は低コストおよび精度の高い位置情報の測位・取得を目的とした GPS 基盤を設計・  
作成し、一般的に入手可能な環境センサと統合することで、地球環境情報と位置情報を効率的  
かつ高精度で蓄積するシステム、環境ロガーを開発することを目的としている。具体的な環境



センサとして、都市環境を評価するために基本的な気温、湿度、気圧、CO<sub>2</sub>を観測できるセンサユニットを導入した。各センサから取得したデータと位置情報を用いることで、GISに展開することができ、地図上に可視化すれば位置ごとの都市環境解析をおこなうことができ、環境モニタリングシステムとして利用可能である。

## (2) 酸性雨モニタリング用環境評価指標植物のイオウ標準の作成

### 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）、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）

### 2. 研究概要

環境問題は生存圏における最も重要な問題の一つである。かつての公害のように特定地域で特に深刻になる問題から、地球温暖化などのグローバルな問題まで、世紀と地域を超えて継続する問題である。特に、環境省では昭和 58 年度から我が国の酸性雨の実態及びその影響を明らかにするために検討会を設置すると共に、酸性雨対策を実施してきた。酸性雨については、これまで酸性沈着等を主要因と断定される樹木衰退等は確認されていないが生態系に及ぼす影響が今後判明した場合にはその内容、程度に応じ適切な施策を行う必要がある。これは生存圏研究所のミッション1の目指す方向と整合性が高い研究であり、我々の計測技術の環境計測への展開は、このミッション研究に不可欠な環境情報を確実に把握する基盤技術の確立として位置づけられる。

植物体内の無機イオウは、生育環境に応じて-2 価から+6 価まで状態が変化し、グルタチオンなど有機化合物内のイオウもジスルフィド結合(S-S結合)の形成により状態が変化する。本課題では、植物に吸収された酸性雨に関する環境植物指標になるSに対し、1結晶及び2結晶分光法により精密な分光測定を行って、酸性雨による植物体内のSの化学結合状態の変化を検討した。これにより、酸性雨の影響等の環境評価を行うための基礎データを把握し、実用的な分析を実現できる。

化学状態変化による環境評価法の確立は、国内外において前例のないユニークな研究であり、植物や土壌のX線分光法による元素及び状態分析を行うことで、酸性雨による植物の地域分布や季節的变化を調査し、次世代への影響評価における実用的な手法として検討している。

今回は、実験室におけるモデル実験での酸性雨の影響評価を行ったので、その結果を報告する。

## (3) リグニン分解酵素発現を支配するカルモデュリン経路の解析

### 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

推定的カルモデュリン (CaM) 相互作用タンパク質遺伝子の詳細なアノテーションを行い、

白色腐朽菌における木質リグニン分解系の発現調節に関与すると考えられるタンパク質をコードする遺伝子を選抜した。次に、cDNA のコード部分のクローン化を行い、大腸菌を宿主として当該タンパク質を生産した。得られたタンパク質と CaM との相互作用をプルダウン法にて解析する。

#### (4) 「重合率傾斜型」有機-無機ハイブリッド膜の燃料電池用電解質膜の高機能化

##### 1. 研究組織

代表者氏名：上田義勝（京都大学生存圏研究所）

共同研究者：横尾俊信（京都大学化学研究所）、徳田陽明（京都大学化学研究所）

##### 2. 研究概要

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

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]。今年度においては発電効率や電気化学特性の測定精度を上げるため、新たな測定治具を設計導入しその特性についての検証を行った。

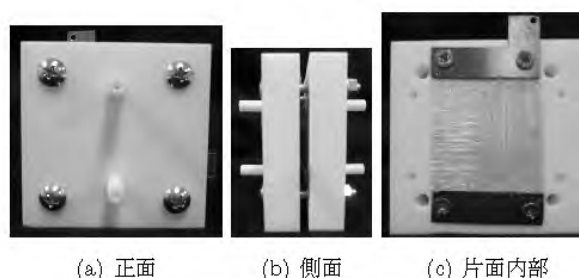


図 1：新規測定治具

#### (5) 熱帯産業造林樹種の分子育種展開

##### 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）、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）、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、特にアカシアやユーカリなどの分子育種基盤の一層のさらに高効率化とその応用を進めた。

## (6) 平面波音源を用いた RASS (Radio Acoustic Sounding System)の構築

### 1. 研究組織

代表者氏名：及川靖広（早稲田大学理工学術院）

共同研究者：津田敏隆（京都大学生存圏研究所）、山崎芳男（早稲田大学理工学術院）、  
佐藤晋介（(独)情報通信研究機構）、川村誠司（(独)情報通信研究機構）、  
足立アホロ（気象研究所）

### 2. 研究概要

境界層における気温・風速の高度分布を連続観測するために各種のリモートセンシング技法が開発されているが、その一つにレーダーと音波発射装置を組み合わせた RASS (Radio Acoustic Sounding System)がある。RASSは音波発射装置から上空に発射される大音量の音が空中を伝搬する際に起こす屈折率変動をレーダーの散乱体とする。音波面の伝搬速度（音速）をレーダーで観測し、音速と気温の関係から気温プロファイルを求める斬新な計測方法である。しかし、RASSは有力な観測手法であるにもかかわらず、可聴域の大出力の音を使用するので、周囲への騒音問題により民家が少ない山間部でしか運用できない難点があった。本研究では、側方放射を抑制できるマルチセル型平面スピーカおよびパラメトリックスピーカの RASS への活用を試みる。

まず、マルチセル型平面スピーカを用いた長距離伝搬実験を行い、その特性を確認した。30cm×30cmのマルチセル型平面スピーカを3×3枚並べ放射する方式と反射板を利用し背面へ放射される逆相成分を同相化させ前面に放射させる方式を比較した。さらに上空に向け放射した場合の地面（反射面）の状況による周囲への音の漏れの調査を行った。これら基礎的検討に基づき、気象研究所にて平面波音源を用いた RASS による上空観測実験を行った。その結果、電波の反射と共に上空の温度を確認することができた。さらに、従来のスピーカシステムに比して周囲への音の漏れを改善することができた。

周囲への音の漏れをより減らすために、大出力パラメトリックスピーカを作成した。現状復調音に関しては十分な音圧が得られていないが、大出力長距離伝搬への利用の可能性を見いだすことができた。

## (7) 自然素材活用型住宅における耐力要素の改良と動的・静的構造特性の比較検証

### 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）

## 2. 研究概要

自然素材活用型木造住宅建設プロジェクトにおいて提案されたプレファブ土壁を研究対象とし、その耐力特性及び振動特性を静的・動的試験により比較検討するとともに、土壁の超音波パルス伝播速度による損傷推定手法を用いて土壁の損傷メカニズムの解明と非破壊的損傷推定手法の提案を行った。またプレファブ土壁の弱点である初期剛性の向上を目的とした改良型プレファブ土壁の提案とその基礎実験を実施し基本的な力学特性について検討した。

## (8) 超高感度溶液NMR法による木質バイオマスの丸ごと、高分解能、リアルタイム計測法の開発と応用

### 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（京都大学エネルギー理工学研究所）、吉岡康一（京都大学生存圏研究所）

### 2. 研究概要

化石資源の消費量を減らし、持続可能な社会を構築するために、木質バイオマスを変換・利用してバイオエネルギーや化成品を高効率で生産することが注目を集めている。自然界においては木材腐朽菌が木質バイオマスの主要な分解者であり、その生分解過程の解明は重要な知見を与える。この解明に向けた基盤として、木材細胞壁成分を精密かつ定量的に把握しモニタリングする技術の開発が必要である。今回試料調製法と測定法の検討を行った結果、インタクな状態の木質バイオマスに関し、高感度かつ高分解能な  $^1\text{H}$ - $^{13}\text{C}$  HSQC NMR スペクトルが得、構成成分を丸ごと解析する事に成功した。また TROSY/anti-TROSY 法を応用する事で、構成成分であるリグニンや糖を定量する方法論を開発した。さらに白色腐朽菌や褐色腐朽菌による木質生分解過程を経時的にサンプリングして NMR 法で解析した結果、リグニン側鎖  $\beta$ -O-4,  $\beta$ -8,  $\beta$ -5, 5-5 結合の減少など、木材細胞壁成分の化学構造変化を追跡する事に成功した。

## (9) 地上および衛星データを用いた熱帯植林地のバイオマス生長量の動態評価ならびに樹木成長に及ぼす気象要素の影響に関する研究

### 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)、EB. Hardiyanto (Gadjah Mada Univ)、B. Subiyanto (LIPI)、A. Firmanti (Res. Inst. for Human Settlements)、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）、小林祥子（立命館アジア太平洋大学）、塩谷雅人（京都大学生存圏研究所）、山根悠介（常葉学園大学教育学部）

### 2. 研究概要

南スマトラに位置する MHP 社、10,000 ha の樹木生長量に関する地表データを継続的に収

集してバイオマス成長量の時系列解析を行い、蓄積量の動態を評価した。さらに、伐採/排出に関わるフローの解析を実施し、ストック及びフローを合わせて早生樹植林地を原生林や草地と比較検討し、植林地においては毎年一定面積の伐採と植林が繰り返され、個別の林分では蓄積/増分/フローに変化があるものの、林地を全体としてみれば、一定の安定した蓄積量と増分を期待できるなどの特性を明らかにした。

一方、熱帯域には大気水蒸気量・雲被覆の影響を受けにくいマイクロ波を用いた衛星リモートセンシングが有効であり、同地域の地上観測データを用いて衛星データの解析に取り組んだ。位相情報を含んだポーラリメトリデータの電力分解（4成分分解）により得られた成分から幹材積を推定するための手法の検証を行い、蓄積量と地表面散乱との負の相関および二回反射散乱との正の相関を一定程度見出した。

さらに、同地域 12 万 ha の植林地全域にわたり計 8 地点の気象観測点を設置して雨量、気温、日射量、相対湿度等の観測を継続した。これらの気象要素の日変化・季節内変化・季節変化等の詳細な変動特性の調査に活用できるように、観測データから 10 分値及び 1 時間値のデータセットを作成した。

## (10) 1926 年－1940 年の太陽活動画像データベースの作成

### 1. 研究組織

代表者氏名：北井礼三郎（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）、上野 悟（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）、磯部洋明（京都大学宇宙総合学研究ユニット）、富田良雄（京都大学理学研究科）、五島敏芳（京都大学総合博物館）、山下俊介（京都大学総合博物館）、前原裕行（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 1926－1969 年の 44 年行ってきた。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でも稀であり、貴重な一級の資料であるため、我々はこれを活用する策を検討してきた。資料はすべて写真乾板資料であって既に 90 年近く経過してその劣化が進みつつあり、デジタル化して活用することが急がれる。我々は、この資料の画像データをデータベース化して、関連諸分野の研究者が利用しやすいように整備・公開することを計画した。

資料は、期間の前半が 1926－1940 年のもので滋賀県の山本天文台に保管されていたものであり、後半は 1940 年－1969 年のもので飛騨天文台に保管されているものである。我々は、データベース構築の初期段階としてこれらの資料のメタデータの整備を行うことにした。そして、そのメタデータをデータベース化し IUGONET を介して公開することにした。次の段階としては、画像のスキャンを行いデジタル化する作業を計画している。このデータベースが完成した暁には、11 年周期の太陽彩層活動の 4 サイクル分の画像を提供することが可能となり、（1）彩層活動と黒点相対数変化の相関の研究、また、（2）CaIIK 線強度が太陽紫外線放射の良好な Proxy Index であることから、地球上層大気加熱研究の基礎的な資料を提供することができる。

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

### 1. 研究組織

代表者氏名：小嶋浩嗣（京都大学生存圏研究所）

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

### 2. 研究概要

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。

本年度はこれまで同研究課題で取り組んできた研究の総まとめの年度であった。昨年度まで、BepiColombo MMO の Engineering model から単体 EMC 試験を行い、特に common mode noise の軽減を中心に各機器別対策を行い、その有効性について検討を行い、また、実際に対策を行ってきた。その対策を踏まえた平成 23 年度は、Flight model の単体 EMC 試験に加え、衛星にすべて機器を組み込み、システムとしてどれほどのノイズが出てくるかの試験を実際に行った（システム EMC 試験）。

一方、EMC 試験用に利用できる小型の EMC センサーの開発も並行して行ってきたが、昨年度までのものに改良を加え、上記、BepiColombo のフライトモデルのシステム EMC において実際に使用し、特に高周波磁場ノイズの衛星全体の様相を捉えることに非常に有効であった。

## (12) 超高層大気-海洋-固体地球結合モデルによる津波推定に関する研究

### 1. 研究組織

代表者氏名：齊藤昭則（京都大学理学研究科）

共同研究者：山本 衛（京都大学生存圏研究所）、宮崎真一（京都大学理学研究科）、  
石川洋一（京都大学理学研究科）、松村 充（京都大学理学研究科）、  
穂積裕太（京都大学理学研究科）

### 2. 研究概要

2011 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震の直後に電離圏において、プラズマ大気の構造が観測された。これらは、震源地域上空で発生し、水平方向へ同心円状に伝搬していたため、地震による地殻変動が海面隆起を励起し、海表面で鉛直方向へ伝搬する大気波動が生成され、その大気波動が高度 300km の電離圏高度に到達して、プラズマ大気を変動されたものと考えられる。その変動の中心は、震央よりも東方に 100km 程度ずれており、この位置が、地震による最初の海面隆起の発生場所と考えられる。

地震による最初の海面隆起は津波伝搬予測の初期条件として非常に重要であるが、現在、海面の広範囲の 2 次元の観測は非常に困難なため、地震波及び地殻変位の観測による固体地球の

変動の推定をもとにした推定値が用いられている。

本研究では、地震に関わる超高層大気—海洋—固体地球の変動を統合的に扱い、この三領域の観測データに整合的な、地殻変動—海洋変動—超高層大気変動の物理過程の解明を進めた。従来のモデルが用いている地殻変動と海洋変動に加え、超高層大気変動を用いる点が特色である。

GPS 観測データをもとにした本地震によるプレートの動きの再現、海洋モデルを用いた海面隆起による津波の伝搬の再現、大気モデルを用いた海面隆起による超高層大気変動の再現、を行った。それらの結果の比較により、津波の太平洋域における伝搬速度と超高層大気中の大気重力波によるプラズマ変動の伝搬速度が同程度である事が示された。ハワイ周辺において観測された、津波と電離圏変動の同時出現とその伝搬速度の一致は、津波によって局所的に電離圏変動が作られているのではなく、海面隆起の直上へ伝わる音波によって、震央付近直上の下部熱圏で作られた大気重力波の伝搬によっても説明が出来る事が明らかにされた。

### (13) 超高速ダストと固体との衝突物理実験

#### 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（京大大学生存圏研究所）、池田卓矢（京都大学工学研究科）、大橋英雄（東京海洋大学海洋環境学科）、佐々木 晶（国立天文台）、野上謙一（獨協医科大学）、小林正規（千葉工業大学惑星探査研究センター）、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物理科学研究科）

#### 2. 研究概要

惑星間や星間における宇宙塵（以下ダストと呼ぶ）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 μm の微粒子（宇宙ダストを模擬したもの）を MV 級高電圧静電加速器および軽ガス銃で毎秒数 km から数 10 km の超高速に加速し<sup>1)</sup>、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。

### (14) 流星飛跡の高度分布に見る地球環境変化

#### 1. 研究組織

代表者氏名： 津田敏隆（京大大学生存圏研究所）

共同研究者： Timbul Manik（インドネシア国立航空宇宙研究所）、Effendy（インドネシア国立航空宇宙研究所）、Mario Batubara（インドネシア国立航空宇宙研究所）、Peberlin Sitompul（インドネシア国立航空宇宙研究所）

#### 2. 研究概要

地球温暖化が進行していることは多くの科学者が認めているが、21 世紀末までに地表気温が何度上昇するかを正確に予測することは難しい。温暖化にともない、高度約 15km 以上では逆に寒冷化すると予想されており、実際、高度 30km 付近では地表付近の温暖化の数倍以上の変化率で寒冷化していることを示す観測例が報告されている。さらに空気が薄い高度 100km では

より拡大された変化トレンドが検出されると期待される。

本研では、高度 100km 付近に出現する流星飛跡の高度分布が大気密度および温度構造に依存することを活用して、地球環境変動のシグナルを検出することを目指した。具体的には、京大・生存研が 1990 年代よりインドネシア航空宇宙庁 (LAPAN) との国際共同で、西スマトラ、西ジャワ、パプアで運用している流星レーダーによる大量の観測データを統計解析し、変化トレンドを調べた。これまでの解析では、あまり明確な変化傾向が認められなかったが、今後、流星群の影響、LOCAL TIME に対する依存性などを含む、さらに綿密な検討を進めたい。

## (15) 木材および木質内装の見えに関する実大検証

### 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（京都大学生存圏研究所）、木村彰孝（京都大学生存圏研究所）、  
東 賢一（近畿大学医学部）、萬羽郁子（近畿大学医学部）、  
藤田佐枝子（(有)ホームアイ）

### 2. 研究概要

本研究の目的は、住空間への木材の導入を促進するために、居住者にちょうどよい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にある。今回は空気浄化作用や調湿性能を有するスギ木ロスリット材（スギ材の板目面に多数の溝を等間隔に彫って木口面を露出させた木質建材）の視覚効果を抽出するために、これを実空間に壁面意匠として実装して 11 名の男性被験者に観察させた。観察中の被験者の視線の動きおよび壁面に対する見た目の印象評価を、スリットのある場合と無い場合とで比較したところ、壁面デザインが同じ場合、視線の停留回数や停留点分布へのスリットの有無の影響は小さく、また、印象プロファイルの差異も小さかった。

## (16) 原子状酸素照射によるオルガノソルブリグニン炭素化物の酸化・浸食機構とその抑制

### 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：梶本武志（和歌山県工業技術センター）、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）

### 2. 研究概要

オルガノソルブリグニン炭素化物に Si を含有させた焼結体試料を作成し、宇宙環境をシミュレートした実験を行った結果、オルガノソルブリグニン炭素化物中のシリコンと炭素間の反応生成物が原子状酸素抵抗性の発現に関与していることが推察された。原子状酸素が試料表面に照射されることによって SiO<sub>2</sub> 結合が形成され、試料炭素部分の浸食が抑制されたと考えられる。



## (17) 木質からの白金代替燃料電池用カソード触媒合成条件のPy(熱分解)-GC/MSIによる最適化

### 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： 内本喜晴（京都大学人間環境学研究科）、本間千晶（北海道立総合研究機構林産試験場）

### 2. 研究概要

近い将来のレアメタルや石油資源の枯渇が危惧されることから、これらの再生可能資源からのエコ燃料電池の開発が急務である。本研究では、木質バイオマスの50%程度を占める主成分であるセルロースを出発原料とし、白金代替燃料電池用カソード触媒(WFC)合成を試みた。

## (18) MUレーダー・ラジオゾンデ気球高分解能観測による微小乱流の日仏共同研究

### 1. 研究組織

代表者氏名： 深尾昌一郎（福井工業大学工学部）

共同研究者： 橋口浩之（京都大学生存圏研究所）、塩谷雅人（京都大学生存圏研究所）、山本 衛（京都大学生存圏研究所）、古本淳一（京都大学生存圏研究所）、矢吹政教（京都大学生存圏研究所）、中城智之（福井工業大学工学部）、柴垣佳明（大阪電気通信大学）、Hubert Luce（Toulon-Var Univ）、Richard Wilson（フランス国立科学研究センター）、Francis Dalaudier（フランス国立科学研究センター）、Alain Protat（フランス国立科学研究センター）

### 2. 研究概要

乱流混合は熱や物質の鉛直輸送に寄与する重要なプロセスであるが、そのスケールが極めて小さいことから観測が難しい現象の一つである。例えば、対流圏界面褶曲は特に活発な乱流混合をもたらし、積乱雲の成層圏貫入とともに、対流圏・成層圏間大気交換の主要因の一つとなっている。下層大気中には大気乱流の発生源が多く存在しており、乱流は発生源・背景大気状態・大規模場との相互作用などによって特性を様々に変化させる。しかしながらこれらの特性の詳細はまだ充分明らかにされていない。MUレーダーは2004年に高機能化への改修が行われ、レーダーイメージング(映像)観測が可能となった。これまで周波数イメージング観測手法の開発・改良が重ねられており、現在ではレンジ分解能が飛躍的に向上した観測が可能となっている。MUレーダーは現在のところ乱流を最も正確に映像化でき、それらの発生・発達・形成メカニズムや、メソ～総観規模現象との関連を研究する上で最も強力な測器である。本研究では、乱流特性の解明を目指して、フランス人研究者2名を招へいし、MUレーダーのイメージングモードによる超高分解能データに加えて、ラジオゾンデ気球の集中放球及びライダーなど信楽MU観測所設置装置との同時観測を実施した。

## (19) 選択液化による未利用植物資材の機能化

### 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：畑 俊充（京大大学生存圏研究所）、渡辺隆司（京大大学生存圏研究所）

## 2. 研究概要

直パルス通電加熱による木質バイオマスから有用物質を得るための熱分解条件を把握するため、木質バイオマス主要成分、未利用植物資材の熱分解液化条件および生成物の組成、熱分解残渣の性状および機能、熱分解液化物の組成について検討した。その結果、液化物収率がセルロースでは 600℃、もみ殻は 500℃で最大となることなど熱分解液化条件と生成物組成との関係が示されたほか、処理温度と熱分解残渣のアンモニア吸着能との関係、セルロースの 400～800℃処理による熱分解液化物中に levoglucosan が高い割合で含まれることが示唆されるなど、液化物構成成分と処理温度との関係に関する知見が得られたので報告する。

## (20) セルロースナノファイバーの利用による新たな食品物性の創出

### 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：矢野浩之（京大大学生存圏研究所）、松宮健太郎（京都大学農学研究科）

### 2. 研究概要

生存圏研究所生物機能材料分野においては、既に木材・食品原材料由来の廃棄物や未利用素材から、セルロースナノファイバーを効率的に分離・製造する技術が確立されており、調製されたセルロースナノファイバーは、新たな機能性材料として様々な用途に利用されている。セルロースは、食品成分としてみた場合には、食物繊維としての役割が広く認識されているが、そのほかにも、物性改良材として食品の品質に大きな影響を与える。セルロースナノファイバーは、従来、食品産業で用いられてきたセルロース素材とは、形態が極めて異なっていることから、新たな物性改良材としての可能性が指摘されている。本研究では、セルロースナノファイバーを様々な食品モデル系に加えた時に、その物理化学的特性やコロイド安定性、そして食感といった、広い意味での食品物性に表れる影響を解析することにより、セルロースナノファイバーが新たな食品物性を創出するための素材となり得るのか検証することを目的として実験を行う。様々な食品系のうち、本年度は特に、澱粉を主体とするペースト、タンパク質分散液、乳化液を対象として、それらの品質に及ぼすセルロースナノファイバーの添加効果について検討を加えた。その結果、米粉ペーストの物性や老化挙動、タンパク質分散液や乳化液の安定性にセルロースナノファイバーが影響を与えることを見出した。

## (21) 木質パルプのナノファイバー化によるアルカリ可溶化とその総合利用

### 1. 研究組織

代表者氏名：山根千弘（神戸女子大学家政学部）

共同研究者：阿部賢太郎（京大大学生存圏研究所）、浅見孝志（オーミケンシ株式会社）、  
上田一義（横浜国立大学工学研究科）

### 2. 研究概要

木質パルプに爆砕処理を施すと、セルロースが水酸化ナトリウム水溶液に溶解することが近年見出された。今までのセルロース溶剤が二硫化炭素、銅アンモニア、メチルホルホルンオキ

サイドなどであることを考えると、環境面で極めて有利である。しかし、木質パルプのアルカリ可溶化には爆砕処理を行わなくてはならず、幅広く再生セルロースを展開するには、設備コスト、運転コストの面で大きな課題を抱えたものであった。このような状況の中、爆砕に代わるセルロースの前処理方法を検討してきたところ、木質パルプのナノファイバー化がセルロースのアルカリ可溶化に極めて効果的なことがわかった。

針葉樹サルファイト法溶解パルプ（日本製紙（株）製、平均重合度（DP）800）をメディア式湿式粉碎機で処理すると、処理パルプの水酸化ナトリウム水溶液への溶解性は、爆砕処理以上であった。一般的にセルロースの平均重合度（DP）が上がると溶解性が悪くなり、例えば、今までの爆砕処理では、DP の上限は 350 であった。すなわち、爆砕処理法では、木質パルプの DP を、低 DP 側に調整する必要があった。一方、メディア式湿式粉碎機で処理した木質パルプは、DP750 でも溶解することが、未溶解物量、粘度挙動などから確かめられた。一般的に溶解パルプの DP はこの程度なので、これは、DP 調整無しで、原料パルプが溶解できることを示している。得られた再生セルロースの物性は DP に強く依存し、DP750 の再生セルロースフィルムの強度は DP350 のその 2.5 倍ほどの値であった。脱爆砕と高物性により、はじめてセルロースのアルカリ可溶化が実質的に展開できることになった。すなわち長年にわたる再生セルロースの本質的課題が完全に解決される可能性が見出された。現在のところ、研究はこのような現象論の蓄積にとどまっているが、今後は、アルカリ可溶化につながるセルロースの構造要因を明らかにするとともに、まず食品分野への応用展開を図る。水酸化ナトリウムは食品の加工に使用可能な薬品なため、食品分野はセルロースのアルカリ可溶化の特徴を最も生かすことのできる分野だからである。

## (22) 担子菌由来発酵阻害物質分解性ラッカーゼアイソザイムの同定と酵母での発現条件の最適化

### 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

担子菌 *Trametes versicolor* RC3 株はリグニン分解酵素の 1 つラッカーゼを菌体外に分泌する。このラッカーゼについては、培養条件によって分子量や等電点の異なるラッカーゼ（アイソザイム）が複数分泌される。また、これまでの研究から木質バイオマス前処理後の発酵プロセスの阻害物質（パニリン、フルフラール等）を分解するラッカーゼが存在すると推察している。本研究では、RC3 株が産生するラッカーゼアイソザイムの単離・同定を試み、また、酵母を用いた RC3 株由来ラッカーゼ遺伝子の異種発現を行った。

## 2.5 生存圏フラッグシップ共同研究

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



### (1) 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（核融合科学研究所） 他

#### 2. 研究概要

本フラッグシップ共同研究の目的はマイクロ波プロセスを応用した木質バイオマスからのバイオエタノール、バイオケミカルス生成の高効率化、及び無機系の材料創生のマイクロ波プロセスの開発である。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、マイクロ波プロセス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)」研究設備は現在全国共同利用設備として広く利用されており、様々な研究成果をあげている。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ADAMを用いた研究は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である。

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、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。

今年度は当研究所とエネルギー理工学研究所、及び民間企業との共同研究として、「次世代太陽電池材料の創生」を目指し、ミストを用いるマイクロ波加熱法による導電性薄膜材料の新プロセス探索研究が開始された。今年度はミストに対するマイクロ波照射効果の基礎データ収集を行った。

さらに次年度以降に向け、研究プロジェクトの申請も行っている。京都大学、東北大学、上智大学の研究グループで環境省環境研究総合推進費による研究事業に研究提案を行った。「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—」という研究テーマであり、マイクロ波加熱炉による、瓦礫の無害化・再資源化処理を提案した。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)が含まれており、これらの混在物をマイクロ波で1050℃にまで加熱することで大量処理・無害化を行うことを目的とする。現在(2012/2)審査結果を待っている状況であるが、結果のいかんに関わらず本研究グループは今後もこの方向性の研究を続けていく。

また日本電磁波エネルギー応用学会JEMEA(Japan Society of Electromagnetic Wave Energy Applications)との連携も深めている。JEMEAは平成18年度に活動を開始した若い学会であるが、電磁波エネルギーの応用に関する研究開発の日本の中心として積極的に活動を行っている。年に1度開催しているJEMEAシンポジウムの第6回を当研究所篠原が大会委員長となり平成24年10月に京都大学で実施する。それ以外にも平成24年3月6日にJEMEA主催第2回電磁波エネルギー応用セミナー—マイクロ波照射・加熱による有機・無機・金属材料の反応事例—を京大宇治キャンパスおうばくプラザで開催する。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

今年度の研究の一例として、マイクロ波による金属チタンの大気圧下窒化に関する研究例を報告する。本研究は当研究所ミッション研究員の榎村京一郎氏によって成されたものである。1950年代頃から知られていた有機物のマイクロ波加熱に対し、金属がマイクロ波加熱されることは1997年のRoy et al.の報告以降であって、非常に新しい現象である。本研究では金属の中でもチタン粒子を加熱のサンプルとして、マイクロ波・金属粒子相互作用の解明を目的としたものである。本来、金属チタンは酸化する傾向を強く有しており、大気圧加熱下では速やかに酸化物となる。しかし、「マイクロ波加熱下では大気圧下においても窒化チタンを得る」ことができる(図1)。この研究ではマイクロ波による酸化チタン加熱機構、反応速度及び電子状態に焦点を絞り、電磁波のもつ磁場成分が酸化チタンからの酸素放出を促進させるメカニズムを実験・理論の両面より明らかにした。電気炉等の一般的な加熱の場合、一番遅い反応(律速反応)が全体の反応速度を決定するが、加熱の選択性のあるマイクロ波加熱の場合、場合によってはこの律速反応を選択的に加熱できている可能性が高い。この化学反応の促進効果はマイクロ波の位相・周波数が一致した際に顕著に観測されることも判明した。図2はマイクロ波加熱下における酸化銅還元反応のアレニウスプロットである。この結果によれば、周波数変調をかけたマイクロ波で加熱された試料は電気炉による加熱と近い勾配を示すのに対して、変調なしのマイクロ波では全く異なる反応速度挙動を示している。この結果は、物質構造がマイクロ波の有する情報と相互作用を有していることを示す。本研究は位相を制御した電磁波と物質の相互作用とし

て物理的に興味深いとともに、その化学反応の振る舞いが触媒を有した系と近い点も魅力的である。研究の進展によっては、不足が懸念されているレアメタル資源を省いた工学的プロセスの構築が期待できる。

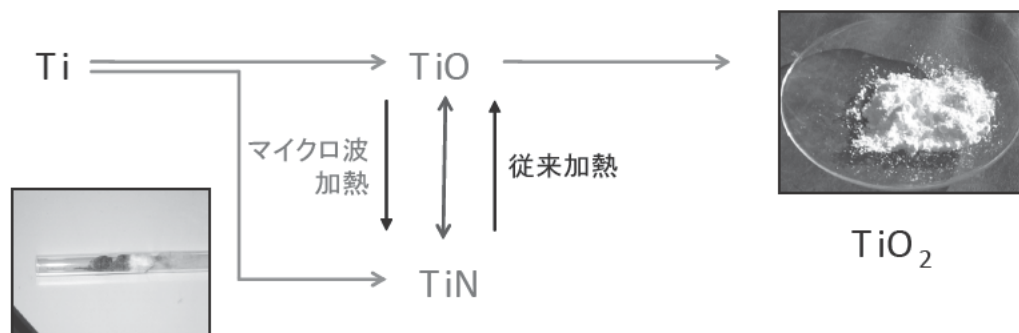


図1：金属チタンの酸化還元

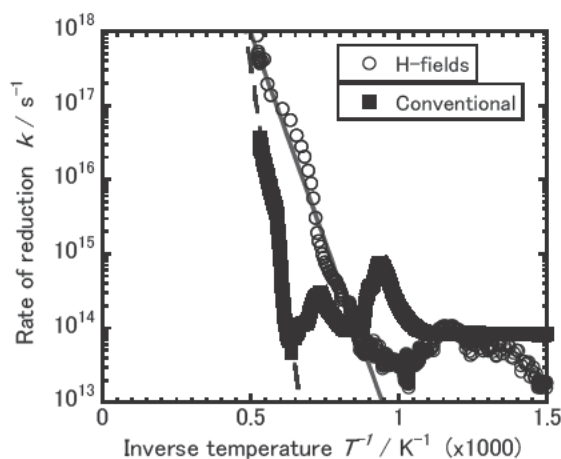


図2：真空下( $10^{-9}$  atm)における酸化銅還元反応速度と温度の関係(素反応:  $4\text{CuO} \rightarrow 2\text{Cu}_2\text{O} + \text{O}_2$ )。変調なしのマイクロ波下で観測されたプロット勾配は変調ありに比して異なる値を示している。これはコヒーレントなマイクロ波下では酸化銅還元反応の活性化エネルギーが異なることを意味している。

## (2) 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（京大生存圏研究所）

共同研究者：川井秀一（京大生存圏研究所）、矢野浩之（京大生存圏研究所）、大村善治（京大生存圏研究所）、塩谷雅人（京大生存圏研究所）、小松幸平（京大生存圏研究所）、吉村 剛（京大生存圏研究所）、矢崎一史（京大生存圏研究所）、渡邊隆司（京大生存圏研究所）、杉山淳司（京大生存圏研究所）、今井友也（京大生存圏研究所）、黒田宏之（京大生存圏研究所）、梅村研二（京大生存圏研究所）、鈴木史朗（京大生存圏研究所）、他生存圏研究所員多数  
服部武文（徳島大学ソシオ・アート・アンド・サイエンス研究部）、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）

## 2. 研究概要

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。太陽エネルギーや風力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、京大生存圏研究所では、その発足と共に、国内外の研究機関と連携して、アカシアマンギ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を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する。

## 3. 研究の背景と目的

### [背景]

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、生存圏研究所ではその発足とともに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。

### [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、関係するあらゆる研究プロジェクトの有機的連携を再構築し、以て熱帯アカシア資源の持続的生産利用基盤を確立することである。

#### 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。よって本共同研究では、昨年度に引き続き、これらの旧アカシアインターミッション傘下の個々の研究プロジェクトの深化継続を図るとともに、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。

具体的には、以下の項目について、

##### 1) 熱帯人工林の持続性

熱帯人工林の必要性

熱帯アカシア森林におけるバイオマスの持続的生産

熱帯人工林の生物多様性

熱帯人工林のリモートセンシング評価

熱帯人工林の大気観測

熱帯産樹木の年輪気候学

熱帯人工林の地域研究

##### 2) 熱帯早生樹の特性

熱帯早生樹材の物理特性

熱帯早生樹材の組織構造

熱帯早生樹材の化学成分特性

熱帯アカシアの生物学、生育特性（生育適地）、病害

##### 3) 熱帯早生樹の利用

熱帯早生樹材の利用

アカシア樹皮タンニンの利用と課題

熱帯早生樹のパルプ化

熱帯早生樹のバイオリファイナリー

熱帯早生樹のセルロースナノファイバー利用

##### 4) 熱帯アカシアのバイオテクノロジー

マメ科植物のバイオテクノロジー

熱帯アカシアのバイオテクノロジー

ユーカリのバイオテクノロジー

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客観的・合理的評価を行いその結果について取りまとめ、「生存圏研究」に投稿した<sup>1-13)</sup>。

#### 5. 今後の展開

上記調査研究を基に、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様々な課題を視野に入れた今後の研究展開について詳細な討議を行う予定である。



## 6. 引用文献

- 1) 川井秀一、フラッグシップ共同研究（熱帯人工林）研究調査－熱帯人工林の持続的生産利用の現状把握と将来展望－熱帯域の森林再生に向けて、生存圏研究、印刷中
- 2) 川井秀一、ラギール・ウドヨリーニ、フラッグシップ共同研究（熱帯人工林）研究調査－熱帯人工林の持続的生産利用の現状把握と将来展望－熱帯造林地におけるバイオマス生産の持続性、生存圏研究、印刷中
- 3) 田鶴寿弥子、杉山淳司、津田敏隆、田上高広、渡邊裕美子、熱帯早生樹の年輪年代・古気候学、生存圏研究、印刷中
- 4) 吉村剛、竹松葉子、山下聡、藤田素子、服部武文、本田与一、大村和香子、築瀬佳之、土居修一、熱帯人工林の生物多様性、生存圏研究、印刷中
- 5) Ridwan Yahya、高瀬 克彦、今井 友也、D. Silsia、Joseph Gril、杉山 淳司、アカシア材の組織構造、生存圏研究、印刷中
- 6) 黒田宏之、熱帯アジアに分布するアカシア－分類、生育特性、病害－、生存圏研究、印刷中
- 7) 梅澤俊明、熱帯*Acacia* の化学成分調査、生存圏研究、印刷中
- 8) 渡辺隆司、熱帯早生樹のバイオリファイナリー、生存圏研究、印刷中
- 9) 矢崎一史、ユーカリの形質転換による代謝工学、生存圏研究、印刷中
- 10) 鈴木史朗、熱帯アカシアのバイオテクノロジー、生存圏研究、印刷中
- 11) 矢野浩之、阿部賢太郎、アカシア材からのナノファイバー製造、生存圏研究、印刷中
- 12) 小川荘介、矢野浩之、アカシヤマンギウム樹皮からの接着剤および成型物の製造、生存圏研究、印刷中
- 13) 小松幸平、アカシヤマンギウム材を用いたプレファブ型モデル耐震木造住宅建設のインドネシアでの試み、印刷中

## 7. 付記

「第2回生存圏フラッグシップシンポジウム（熱帯地域における持続的バイオマス生産に向けて）」を平成24年3月21日に開催する予定である。

### (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1/5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利用して、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。

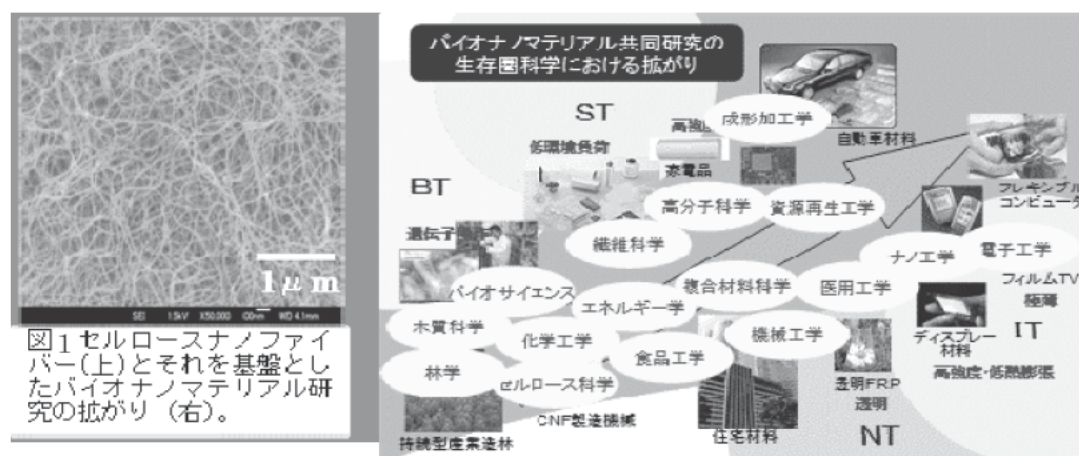


図1 セルロースナノファイバー(上)とそれを基盤としたバイオナノマテリアル研究の拡がり(右)。

### 3. 研究の成果

本年度のミッションシンポジウムでは、軽量・高強度・低熱膨張のセルロースナノファイバーにより既存のプラスチックやバイオ系プラスチックを補強し自動車に使用できる高機能化グリーン部材とするための基盤技術について、平成21年度から異業種・垂直連携の体制で進めているNEDOプロジェクトの研究成果を紹介する。

自動車は10%の車体重量の軽量化で燃費を10%向上でき、炭酸ガスの排出を10%低減できる。このことから、内燃機関による自動車だけでなくハイブリット車や電気自動車といった、いわゆるエコカーにおいても車体重量の軽量化は喫緊の研究開発課題となっている。車体重量の軽量化には、単位重量あたりの強度に優れた樹脂材料の開発と採用が重要であり、樹脂材料のさらなる強度性能向上、用途拡大を目指して、繊維材料による樹脂補強が進められている。その中でも、植物繊維をパルプ化し、さらにナノ解繊したセルロースナノファイバー(CNF)は、鋼鉄の5倍以上の強度、ガラスの1/50の低い線熱膨張を有していることから、サーマルリサイクル容易な低環境負荷の補強用繊維として注目されている。生存圏研究所では、平成21年度からNEDOグリーンサステイナブルケミカルプロセス(GSC)基盤技術開発プログラムにおいて、

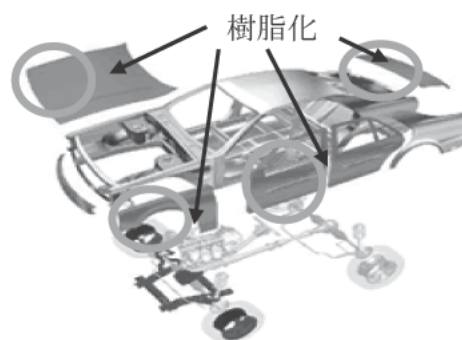


図2：樹脂による自動車部材の軽量化

化学研究所、京都市産業技術研究所、王子製紙、三菱化学、D I Cと共同で、生存圏研究所を集中研とし異業種・垂直連携の体制でセルロースナノファイバー強化による軽量・高強度自動車用部材の開発に取り組んでいる(図2)。その中で、ナノファイバー/樹脂間の精密界面制御に関する基盤技術開発を、1)セルロースナノファイバーの化学修飾技術開発、2)セルロースナノファイバー表面での高分子精密重合技術開発、3)界面制御用の添加剤開発により進めている。さらに、基盤技術の応用展開を目指して、アドバイザーとして参画している自動車・自動車部材メーカー(トヨタ車体、日産自動車、スズキ、デンソー)にCNF補強熱可塑性樹脂コンパウンド等を提供し、自動車メーカーの視点から成形加工性や性能評価を行うとともに、化学変性セルロースナノファイバーの実用化技術を開発している。本開発研究の成果は、自動車以外に家電品や建材、包装容器、等への幅広い応用が期待できる(図3)。

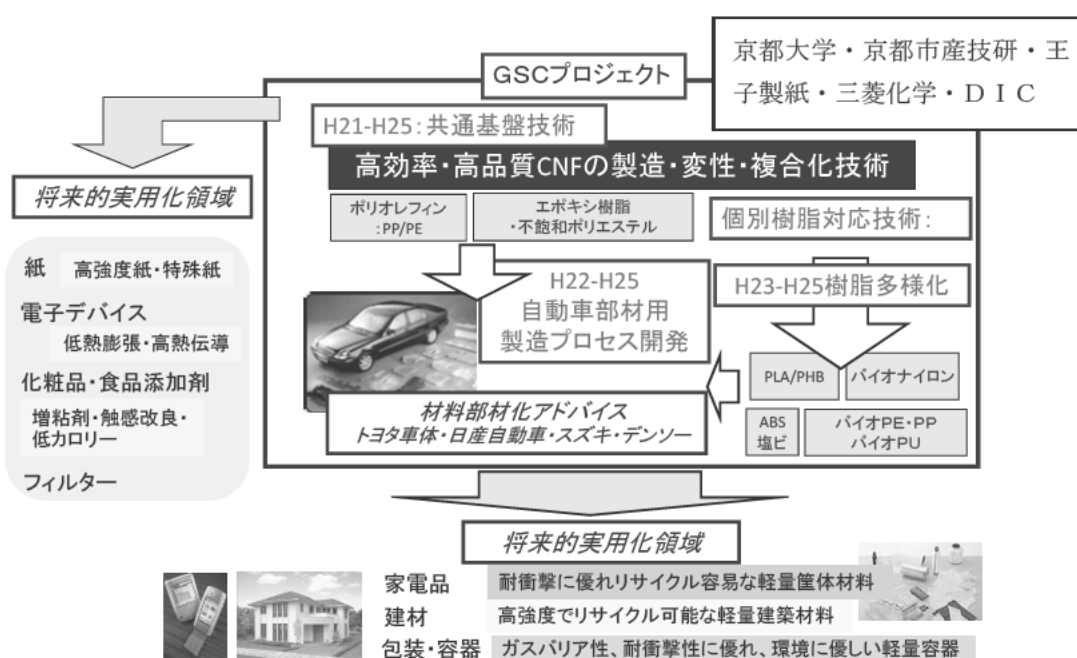


図3：セルロースナノファイバー材料の将来的展開

本年度の主要な成果は以下の通り。

### 1. リビングラジカル重合によるセルロースナノファイバー化学修飾の精密制御・多様化

1) CNFと相溶化剤(MAPP)の化学結合に成功。5wt%の変性CNF添加でHDPE樹脂の強度、弾性率が1.7倍にまで増大した。化学結合の無い従来品では1.2倍の補強効果。

2) CNF表面に長さの揃った長鎖アルキル基の導入に成功。グラフト鎖の本数、重合度が広い範囲で精密制御できる様になり、剛から柔までの多様な界面設計への途が拓けた。

3) エポキシ樹脂硬化システムへのCNF組み込みに成功(図13)。現段階では5wt%のCNF添加で弾性率は1.2倍の増加であるが、樹脂とCNFとの直接結合が可能になったことで、今後、更なる性能向上が期待される。

## 2. セルロースナノファイバー補強 PP 樹脂製造技術の改良

1) 超臨界炭酸ガス処理で弾性率が 1.5 倍に増大することを発見。その結果、30%CNF 強化 PP 樹脂において曲げ弾性率が 6GPa に到達した。

2) 超臨界炭酸ガス発泡処理で、PP 樹脂(密度: 0.91 g/cm<sup>3</sup>) と同じ弾性率で、CNF 強化 PP の密度を 0.6 にまで低下させることに成功。これは PP 樹脂をさらに 1/3 軽量化する効果に匹敵する。

## 3. 樹脂の多様化

1) バイオポリアミド、ABS 樹脂の CNF 強化に成功。固相せん断押出機を用いた CNF 複合化において 10%の未変性 CNF 添加でバイオポリアミド: PA11 の弾性率が 1.7 倍、強度が 1.5 倍に到達した。また、ABS 樹脂においても弾性率が 1.5 倍に (強度は 1.3 倍) なるなど、CNF 補強が多くの樹脂の機械的特性の向上に有効であることが示された。

## 4. CNF 強化樹脂の自動車用部材化プロセスの構築

1) 自動車メーカーへのサンプル供給と評価を推進。自動車メーカーで 30%CNF 強化 PP 樹脂コンパウンドや 10%CNF 強化 PE 樹脂コンパウンドを評価した結果を複合材料製造プロセスにフィードバックした。それに基づき開発した改良 CNF 強化ポリオレフィン樹脂を自動車メーカーに供給した。

2) 樹脂との混練時に CNF 表面を疎水化できる添加剤を見出した。さらに、この処理をスケールアップして行った CNF10wt%添加 HDPE 樹脂において、ニート樹脂の 2 倍の弾性率、強度が得られている。

3) CNF 強化樹脂マスターバッチの開発に着手。自動車メーカーとの議論から、材料の高機能化の指標は、強度、寸法安定性など一義的に決まるものではなく、部品や企業の戦略によって異なること、材料の機能は部材に加工され、使用されて初めて明らかとなる点が多いことが明らかとなった。

## 2.6 平成 23 年度 オープンセミナー

回	開催月日	演 者	題 目	参加者数
131	6 月 29 日	櫻村 京一郎 (京大大学生存圏研究所・ ミッション専攻研究員)	材料創製分野におけるマイクロ波加熱の魅力	26
132	7 月 20 日	田鶴 寿弥子 (京大大学生存圏研究所・ ミッション専攻研究員)	SPring-8 で紐解く木質文化財からのメッセージ	26
133	7 月 27 日	山元 誠司 (京大大学生存圏研究所・ ミッション専攻研究員)	木質バイオマス由来抗ウイルス性化合物の探索	23

134	9月	14日	畑 俊充 (京都大学生存圏研究所・講師) 上田 義勝 (京都大学生存圏研究所・助教)	国際緊急共同研究・調査支援プログラム (J-RAPID) への申請経緯 福島県下における土壌・水質汚染の実地調査と放射 性核種の高速除去技術の実証研究	15
135		21日	森 拓郎 (京都大学生存圏研究所・助教)	東北地方太平洋沖地震における木造被害調査	22
136		28日	木村 彰孝 (京都大学生存圏研究所・ ミッション専攻研究員)	快適な室内空間と木材	15
137	10月	5日	Sanjay Kumar MEHTA (京都大学生存圏研究所・ ミッション専攻研究員)	Long-term behavior of the temperature structure in the tropical tropopause layer	16
138		19日	畑 俊充 (京都大学生存圏研究所・講師)	木からダイヤモンドは作れるのか?	21
139		26日	海老原 祐輔 (京都大学生存圏研究所・准教授)	宇宙の天気、宇宙の嵐	15
140	11月	2日	檀浦 正子 (京都大学大学院農学研究科・ 助教)	安定炭素同位体と近赤外レーザー分光法を用いた樹 木のCO2固定量の追跡	12
141		16日	Cheow-Yang Lee (京都大学生存圏研究所・ 客員教授)	東日本大震災の余波―害虫問題とその対策	15
142		30日	藤原 正智 (北海道大学大学院 環境科学院・准教授)	熱帯下部成層圏の水蒸気の季節～10年規模変動	19
143	12月	14日	横山 竜宏 (京都大学生存圏研究所・ ミッション専攻研究員)	赤道大気レーダーによる電離圏観測の10年	13
144		21日	恒次 祐子 (独)森林総合研究所 構造利用研究領域・研究員)	森林浴の生理的効果	20
145	1月	18日	津川 卓也 (独)情報通信研究機構・ 主任研究員)	GPS全電子数観測により捉えられた東北地方太平洋 沖地震後の電離圏変動	13
146		25日	三宮 工 (東京工業大学材料工学専攻・ 助教)	ナノプラズモニクスによるバイオセンシングと化学 反応のモニタリング	16
参加者数合計					287

## 2.7 「生存圏ミッションシンポジウム」の開催

### 第197回 生存圏シンポジウム 生存圏ミッションシンポジウム

#### プログラム

3月1日(木) (宇治おうばくプラザ きはだホール)

10:00 挨拶 津田敏隆 (京都大学生存圏研究所 所長)

#### 【生存圏研究所 研究ミッション活動紹介】

10:10 ミッション1：環境計測・地球再生

「健全な森林圏のすすめ ---マツ林の場合---

黒田宏之 (京都大学生存圏研究所)

10:25 「高精度衛星測位データを用いた気象予測システムの構築」

佐藤一敏 (京都大学学際融合教育研究推進センター)

10:40 ミッション2：太陽エネルギー変換・利用

「パネル構造型宇宙太陽発電所のためのパネル位置推定を用いたビーム形成技術の研究」

石川峻樹 (京都大学工学研究科修士課程2年)

篠原真毅 (京都大学生存圏研究所)

10:55 「マイクロ波と高速発酵細菌を用いたバイオエタノール生産」

黒崎陽介 (京都大学生存圏研究所)

11:10 ミッション3：宇宙環境・利用

「宇宙天気シミュレータの開発」

海老原祐輔 (京都大学生存圏研究所)

11:25 「粒子シミュレーションによる磁気セイル宇宙機の推力特性に

関する研究」

芦田康将 (京都大学工学研究科修士課程2年)

11:40 ミッション4：循環型資源・材料開発

「自然素材活用型住宅における耐力要素の改良と動的・静的構造特性の比較検証」

片岡靖夫 (中部大学工学部)

脇田健裕 (中部大学工学部)

11:55 「クエン酸接着における実用化への課題」

梅村研二 (京都大学生存圏研究所)

#### 【開放型研究推進部共同利用専門委員会 活動報告】

13:10 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)

- 13:20 「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のシミュレーション」  
小路真史（京都大学工学研究科博士課程3年）
- 13:35 MUレーダー  
「活動報告」  
山本 衛（京都大学生存圏研究所）
- 13:45 「航空機とMUレーダーによる鉛直風速の同時観測：エアロゾルによる物理への影響の理解へ向けて」  
小池 真（東京大学理学系研究科）
- 14:00 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）
- 14:10 「地上衛星共用電話システム用反射鏡付き小規模受信DBF装置の基礎実験」  
織笠光明（独立行政法人情報通信研究機構）
- 14:25 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）
- 14:35 「赤道大気レーダー観測に基づいた西スマトラ山岳地域の降水活動の研究」  
柴垣佳明（大阪電気通信大学）
- 15:05 木質材料実験棟  
「活動報告」  
森 拓郎（京都大学生存圏研究所）
- 15:15 「木質熱処理物のイオン交換性およびその金属錯体の微細構造」  
本間千晶（北海道立総合研究機構森林研究本部）
- 15:30 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（京都大学生存圏研究所）
- 15:40 「「餌-シロアリー腸内微生物叢」系を活用したアメリカカンザイシロアリーの腸内微生物群集構造の解析とその利用」  
青柳秀紀（筑波大学大学院生命環境科学研究科）
- 15:55 持続可能生存圏開拓診断(DASH)/森林バイオマス評価分析システム(FBAS)  
「活動報告」  
矢崎一史（京都大学生存圏研究所）
- 16:05 「揮発性物質が媒介する生物間情報ネットワークの解明」  
有村源一郎（京都大学理学研究科）
- 16:20 先進素材開発解析システム (ADAM)  
「活動報告」  
渡辺隆司（京都大学生存圏研究所）
- 16:30 「無機用電界放出形電子顕微鏡による先進素材の組織・構造解析」  
畑 俊充（京都大学生存圏研究所）

- 16:45 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）
- 16:55 「経年に伴う木材の色変化－古材を用いた検討」  
松尾美幸（京都大学農学研究科博士課程3年）
- 17:30 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       | 13件 |
| ミッション研究    | 22件 |
| ミッション専攻研究員 | 5件  |

3月2日(金)（総合研究実験棟4階 遠隔会議室 HW401）

**【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】**

- 9:30 「概要説明」  
矢野浩之（京都大学生存圏研究所）
- 9:35 「マイクロ波による低炭素化社会構築への開発研究」  
樫村京一郎
- 9:50 「人の心理・生理応答による木質内装材の健康維持・増進作用評価システムの開発  
－視覚と嗅覚を指標として－」  
木村彰孝
- 10:05 「A study on the variation of the tropical tropopause by using high precision  
satellite data」  
Sanjay Kumar MEHTA
- 10:20 「高精細大気圏・電離圏統合モデルによる電離圏擾乱現象の解明」  
横山竜宏

**【生存圏フラッグシップ共同研究 紹介】**

- 10:35 「概要説明」  
矢野浩之（京都大学生存圏研究所）
- 10:40 「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）
- 10:55 「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）
- 11:10 「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）



### 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 171 回、172 回、175 回から第 204 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 H22 年度採択の延期開催 4 件を含む）した。32 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 9 件である。残りの 23 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 8 件（第 172、176、177、180、183、184、185、186 回の 8 件、参加人数 1021 人）を数える。参加人数は 3115 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 171 回	平成 23 年 12 月 16 日 （京大生存圏研究所/木質ホール）	熱帯地域における衛星観測データの有効活用に関する検討ワークショップ
第 172 回	平成 23 年 11 月 29 日-12 月 1 日 （京都大学芝蘭会館/山内ホール）	第 6 回国際大気リム観測会議 6th Atmospheric Limb Conference
第 175 回	平成 23 年 6 月 15-16 日 （京大生存圏研究所/木質ホール、宇治おうばくプラザハイブリッドスペース）	生存圏ミッションシンポジウム
第 176 回	平成 23 年 5 月 12-13 日 （京大宇治キャンパス/おうばくプラザきはだホール）	IEEE MTT-S International Microwave Workshop Series (IMWS) on Innovative Wireless Power Transmission: Technologies, Systems, and Applications IMWS-IWPT2012 米国電気学会マイクロ波ワークショップシリーズ - 革新的無線電力伝送・技術・システム・アプリケーション
第 177 回	平成 23 年 8 月 6 日-9 日 （京大宇治おうばくプラザ）	木の文化と科学 京都 2011 Wood Culture and Science Kyoto 2011 (WCS Kyoto 2011)
第 178 回	平成 23 年 6 月 20 日 （京大生存圏研究所/遠隔講義室（S143））	DASH/FBAS 全国共同利用成果報告会 一第 2 回一
第 179 回	平成 23 年 8 月 3-4 日 （京大理学研究科/セミナーハウス）	メタ情報のデータベースを利用した地球科学研究の進展

第 180 回	平成 23 年 9 月 3-6 日 (京都大学百周年時計台記念館)	第 1 回 ICSU 世界データシステム会議 - 世界のデータが切り開くグローバルな科学 The 1st ICSU World Data System Conference - Global Data for Global Science
第 181 回	平成 23 年 9 月 5-6 日 (京都大学芝蘭会館稲盛ホール)	MESSENGER-BepiColombo 共同ワークショップ(水星探査に関する共同ワークショップ) MESSENGER-BepiColombo Joint Workshop (Joint workshop on the exploration of Mercury)
第 182 回	平成 23 年 9 月 8-9 日 (京都大学生存圏研究所/木質ホール)	第 5 回赤道大気レーダーシンポジウム
第 183 回	平成 23 年 9 月 14-16 日 (アメリカ合衆国オクラホマ州/オクラホマ大学)	International Symposium on Earth-Science Challenges (ISEC) The 2nd Summit Between the University of Oklahoma and Kyoto University
第 184 回	平成 23 年 9 月 22-23 日 (ジャカルタ インドネシア研究技術省(RISTEK))	赤道大気レーダー10周年記念国際シンポジウム International Symposium on 10th Anniversary of Equatorial Atmosphere Radar
第 185 回	平成 23 年 9 月 30 日-10 月 3 日 (インドネシア/マルク州アンボン市・Baileo Oikumen および Swiss belhotel Ambon)	生存圏科学スクール 2011 Humanosphere Science School 2011 (HSS2011)
第 186 回	平成 23 年 10 月 8-9 日 (京都大学宇治キャンパス/きはだホール)	The 2nd International Conference on Sustainable Future for Human Security (Sustain) 2011
第 187 回	平成 23 年 8 月 30 日 (京都大学生存圏研究所/木質ホール)	東日本大震災復興に向けた生存圏科学 Sustainability Humanosphere Science for reconstruction from the Great East Japan Earthquake
第 188 回	平成 23 年 10 月 18-20 日 (京都大学化学研究所/大会議室(CL-110 号室))	大気化学討論会
第 189 回	平成 23 年 10 月 29 日 (大分文化会館会議室)	木質構造に関する最新研究成果発表・討論会 Part2
第 190 回	平成 23 年 11 月 14 日 (京都大学生存圏研究所/木質ホール)	第 8 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 1 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
第 191 回	平成 24 年 1 月 6 日 (京都大学宇治キャンパス/きはだホール)	東日本大震災以後の福島県の現状及び支援の取り組みについて
第 192 回	平成 24 年 2 月 28 日 (京都大学生存圏研究所/木質ホール)	生存圏データベース全国共同利用研究成果発表会 Biennial meeting of Humanosphere Database

第 193 回	平成 24 年 2 月 29 日 (キャンパスプラザ京都)	木の文化と科学 XII - 年輪研究最前線 Wood Culture and Science - Frontier in Tree-Ring Research
第 194 回	平成 23 年 12 月 18 日 (京都大学宇治おうばくプラザ /きはだホール)	角田邦夫先生追悼シンポジウム 「木材保存学の垣根を越えて -角田邦夫先生のご業 績を偲ぶ」
第 195 回	平成 24 年 2 月 20 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
第 196 回	平成 24 年 2 月 21-22 日 (京大大学生存圏研究所/木質 ホール)	RISH 電波科学計算機実験シンポジウム (KDK シンポジ ウム)
第 197 回	平成 24 年 3 月 1-2 日 (京都大学宇治キャンパス/き はだホール、遠隔会議室 (HW401) )	生存圏ミッションシンポジウム
第 198 回	平成 24 年 3 月 2 日 (京都大学宇治キャンパス/遠 隔会議室 (HW401) )	生存圏科学の新領域開拓 ーロングライフイノベーション共同研究ー
第 199 回	平成 24 年 3 月 8-9 日 (金沢大学角間キャンパス/自 然科学研究棟 2 号館 7 階 2B716 号室)	SGEPSS 波動分科会 ～波動観測データ解析と将来の波動観測技術～
第 200 回	平成 24 年 3 月 12 日 (京都テルサ テルサホール)	第 7 回バイオ材料プロジェクト 「未来の自動車は“植物”で創る」-セルロースナノ ファイバーを用いた高機能で Green な材料開発-
第 201 回	平成 24 年 3 月 16 日 (宇治キャンパス総合研究棟 遠隔会議室 HW401)	第 11 回宇宙太陽発電と無線電力伝送に関する研究会
第 202 回	平成 24 年 3 月 5 日 (京都大学化学研究所共同研 究棟/大セミナー室)	バイオテクノロジーと情報科学の接点 -最先端の生 物学、農学、バイオテクノロジーにおいて必要とされ る情報科学は何か？-
第 203 回	平成 24 年 3 月 21 日 (京都大学化学研究所共同研 究棟/大セミナー室)	第 2 回熱帯人工林フラッグシッププロジェクトシン ポジウム 熱帯地域における持続的バイオマス生産に向けて
第 204 回	平成 24 年 3 月 26 日 (京大大学生存圏研究所/木質 ホール)	木質材料実験棟 H23 年度共同利用研究発表会



# 生存圏科学の新領域開拓

## 1. 概要

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、病原性をもつウイルスや微生物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  
バイオマスを人為的に構造変換することによって生理活性物質や生体防御物質を生産する研究を行うとともに、森林圏生物から生理活性物質を探索する。
2. 木質住環境と健康  
木材の空気汚染物質浄化機能と VOC（揮発性有機化合物）の放出を解析するとともに、これらが室内空気質環境下のヒトの生理・心理的応答について検証する。
3. 電磁場の生体影響  
生活環境における電磁場の種類と曝露される頻度が増加していることに呼応し、電磁波の生体への影響を細胞レベル、遺伝子レベルで解析する。
4. 大気質と安心・安全  
人の健康に直接、間接的に影響を及ぼしうる大気質の変動を、現場およびグローバルな観測、室内実験を組み合わせ、総合的に解析する。
5. 千年居住圏の基盤と維持  
人の居住環境やそれを構成する木質材料、住空間を、超寿命、安心なものとする科学を構築する。

これらの課題のうち、「バイオマス由来の生体防御物質」については、平成 22 年度後期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実施している。また、他の課題についても、特別経費を用いて平成 23 年度から共同研究を本格実施している。各課題の研究内容および成果については、本紀要の「資料」の項目で詳説している。なお、平成 23 年度は、新領域の全領域を包括する成果発表の場として、以下のシンポジウムを開催した。

シンポジウム名：第 198 回生存圏シンポジウム 生存圏科学の新領域開拓 ―ロングライフイノベーション共同研究―

開催日時：2012 年 3 月 2 日

開催場所：総合研究実験棟 4 階 遠隔会議室 HW401

内容：本シンポジウムは、新領域開拓共同研究の研究成果報告と関連コミュニティーの拡大を図る場として企画開催し、84 名の参加者を得て研究内容と今後の研究指針について討議した。



## 研究業績

当研究所の研究業績は、京都大学教育研究活動データベースにまとめられており、平成 23 年度の研究業績についても本データベース <http://kyouindb.iimc.kyoto-u.ac.jp/view/index.html> を参照されたい。





生存圏研究 第8号

発行日	平成25年2月10日
編集兼発行者	京都大学 生存圏研究所 京都府宇治市五ヶ庄
印刷所	株式会社 田中プリント 京都市下京区松原通菰屋町東入

