

2.2.9 研究分野：生物繊維学

構成員：	教授	木村 恒久
	准教授	山内 龍男
	助教	久住 亮介
	大学院博士後期課程	1 名
	大学院修士課程	5 名
	専攻 4 回生	4 名
	研究員	1 名

A. 研究活動（2009.4～2010.3）

A-1. 研究概要

a) 磁場を用いた高度に配向・配列が制御されたセルロース系材料の創成(1)

非磁性体の磁気プロセッシングの方法を用いて、セルロース系材料の磁場配向・配列を行い、新規な力学的、光学的、熱的、圧電的性能を有するセルロース系複合材料の創成を試みている。フィラー-in-セルロースマトリクス：紙、セロファン、ゲル、セルロース誘導体フィルムをマトリクスとし、その中に有機、無機、金属フィラーが精密に配向した 2 次元材料の作製方法の確立、その構造、機能の評価を行い、新規物性の発現を図る。応用としては、2 次元ソフトアクチュエーター、異方導電性、異方弾性、光学機能等々を有する 2 次元材料の創成を目指した研究を行っている。

b) 磁場を用いた高度に配向・配列が制御されたセルロース系材料の創成(2)

非磁性体の磁気プロセッシングの方法を用いて、セルロース系材料の磁場配向・配列を行い、新規な力学的、光学的、熱的、圧電的性能を有するセルロース系複合材料の創成を試みている。セルロース-as-フィラー：セルロース繊維はミリメートルからナノメートルサイズまでの大きさに調製可能である。サイズに依存して発現される物性が異なる。また表面の化学的改質、ナノ粒子との複合化により繊維に機能性を付与することができる。これらを高分子マトリクス中で精密配向を施すことにより、新機能材料を創成する研究を行っている。

c) 微結晶の精密配向（擬単結晶化）による結晶構造解析法の確立とその応用

微結晶の精密配向により、粉末結晶から単結晶の X 線回折像を得ることが可能となってきている。本方法は単結晶法、粉末法に次ぐ、第 3 の X 線構造解析法を提供する。バイオリファイナリーにおいては酵素利用が進むと考えられ、そこではタンパク質の

高次構造解析が重要となる。X線単結晶構造解析ができないような微結晶試料を擬単結晶化により解析可能とすることにより、バイオリファイナリーを支える基礎解析技術を提供する。擬単結晶の中性子回折測定にはじめて成功した。

d) 紙の摩擦特性—真の接触面積

紙摩擦の測定条件である負荷荷重の影響を真の接触面積と関連づけて検討した。平滑面に対する、紙の（真の）接触面積はレーザー顕微鏡を用いる光干渉法で測定した。みかけ接触面積に対する真の接触面積の割合は、通常の非塗工紙で約 1%であった。またその接触面積は負荷荷重の 2/3 乗で増大することから、摩擦時での非塗工紙接触は弾性接触であり、負荷荷重の増加に伴う摩擦係数の減少の一つの理由がこの弾性接触にあると考えられる。他方顔料コート紙においてその接触面積は負荷荷重にほぼ比例し、塑性接触に近いと考えられる。それに対応して負荷荷重が増加しても摩擦係数はほぼ一定であった。

e) 添加剤による紙への新機能の付与とその発現機構

市販の紙の多くは、その機能を向上するべくあるいは新たな機能を付与するべく各種薬剤や充填材を加えて製造される。ここでは添加剤としてのポリアクリロニトリル紙力増強剤(PAM)を抄紙時に加える内部添加と、それを紙表面に塗布することで加える外部添加による強度増強効果の差異を動的粘弾性測定より検討した。前者ではカチオン性および両性のいずれの PAM も繊維内において分子分散しており、粘弾性的特徴は殆ど見られなかった。他方後者、とくに両性 PAM の分散液の添加では PAM は相を形成し、それに由来する粘弾性的特徴が顕著であった。

f) リサイクルした木材パルプ繊維の特性解析

近年の製紙業においてそのリサイクルはますます重要であるが、一方においてバージンパルプの大半を占めるクラフトパルプ由来の紙に関しては、リサイクル回数の増加によって引張強度の著しい低下をもたらすことが知られている。紙繊維とその化学成分が類似するセルロースフィルムにおいて乾湿繰り返しを行ったても、その強度に目立った変化は現れず、紙のリサイクルに伴う強度低下は繊維間結合の低下によると類推される。

g) 紙における墨のにじみとクレム吸水度試験を基にしたその評価

和紙における墨の「にじみ」は感性的に評価されているが、これを科学的に評価した研究は未だみられない。そこで、本研究ではまず和紙の代わりにクラフトパルプから作成した紙を供試し、墨には市販の墨液を使用してクレム吸水度試験を基にした吸液実験（5, 30, 60 秒後）を行った。乾燥後の墨の拡がり状態はスキャナーで読み込み、その画像を元にした「にじみ」の評価を乾燥後の墨液が浸透した距離、吸液先端部におけるにじみ率とそこでのフラクタル次元、並びに吸液先端部における墨の色の漸減（輝度の増加）から試みる一方、一対比較法による感性評価を行った。その結果輪郭

線の凹凸を表すフラクタル次元と感性評価が良く対応した。

h) 紙系古文化財の修復における紙と糊の役割

刷毛塗布において糊は紙層内にかなり浸透し、大なり小なり糊—繊維複合構造を作る。糊塗布量のばらつきは糊濃度が大きく、その結果塗布量の多いほど大きい。ドクターブレード塗布のように糊が紙層内にあまり浸透せず、それが紙に挟まれたような構造を呈する貼り合わせ紙では、引張強度はあまり増加しないが、含浸・プレス塗布で見られるように、糊が紙層に均一に浸透すると引張強度は糊塗布量の増加と共に増大し、糊固形分がゼロの水塗布での試料の約2.5倍の強度値で一定する。糊固形分が大きい時の刷毛塗布では、糊があまり紙層に浸透しない前者のタイプであり、他方固形分濃度が小さい時は糊が紙層に浸透する後者のタイプになる。

A-2. 研究業績（国内・国外含む）

a) 成果刊行

原著論文（査読付）

- ・ T. Kimura, Orientation of Feeble Magnetic Particles in Dynamic Magnetic Fields, Jpn. J. Appl. Phys. 48 020217 (3 pages) (2009).
- ・ M. Yamato, T. Kimura, K. Takahashi, and K. Watanabe, Magnetic Alignment of Poly(ethylene terephthalate) in Molten State, Journal of Physics: Conference Series 156, 012001 (2009).
- ・ F. Kimura and T. Kimura, Three-dimensional orientation of cellulose crystals under dynamic elliptic magnetic field, Journal of Physics: Conference Series 156, 012002 (2009).
- ・ T. Kimura, C. Chang, F. Kimura, M. Maeyama, The pseudo-single-crystal method: a third approach to crystal structure determination. J. Appl. Crystallogr. 42, 535-537 (2009).
- ・ H. Enozawa, M. Hasegawa, E. Isomura, T. Nishinaga, T. Kato, M. Yamato, T. Kimura, and M. Iyodam Magnetic Alignment in Solid State and Temperature Hysteresis in Aqueous Tetrahydrofuran Solution for Tetrathiafulvaleno[18]annulenes, ChemPhysChem 10, 2607-2611 (2009).
- ・ F. Kimura, T. Kimura, K. Matsumoto, and N. Metoki, Single-Crystal Neutron Diffraction Study of Pseudo Single Crystal Prepared from Microcrystalline Powder, Cryst. Growth Des 10(1) 48-51 (2010).
- ・ F. Kimura, T. Kimura, W. Oshima, M. Maeyama, and K. Aburaya, X-ray diffraction study on pseudo single crystal prepared from crystal belonging to point group 2. J. Appl. Crystallogr. 43 151-153 (2010).

- ・ Sakaemura, T., Mihara, I., and Yamauchi, T.: Microscopic Attenuated Total Reflection/Fourier Transform Infrared Imaging of Paper Containing a Polyacrylamide Dry Strength Resin 繊維誌 65(9) 252-255(2009)
- ・ Sakaemura, T., and Yamauchi, T.: Dynamic Mechanical Properties of Paper Containing a Polyacrylamide Dry Strength Resin -Effects of type of the resin and the application method-紙パ技協誌 63(11) 1349-1357(2009)
- ・ 内山敏聡、山内龍男：紙における墨のにじみとクレム吸水度試験に基づくその評価法の提案 繊維誌 66(3) 82-85(2010)
- ・ Sakaemura, T., and Yamauchi, T.: Strength restoration of paper from recycled pulp by an addition of a polyacrylamide dry strength resin and its distribution within a fiber wall 紙パ技協誌 64(6) 1349-1357(2010)
- ・ Sakaemura, T., Inokuchi, F and Yamauchi, T.: Imaging with ESCA of Paper Containing a Polyacrylamide Dry Strength Resin 繊維誌 66(6) 160-162(2010)

総説

- ・ 木村恒久, 「弱磁性体の強磁場制御」, まぐね/Magnetics Jpn., 4(11), 516-523 (2009)
- ・ 木村恒久, 「紙, 印刷分野への磁気プロセスの応用」, 日本印刷学会誌, 46(4), 176-178 (2009)

b) 学会発表

- ・ セルロース学会第 16 回年次大会, 札幌, 1 件
- ・ 低温工学協会・磁気遠隔力の発生と利用に関する調査研究会, 大阪, 木村, 依頼
- ・ ゴム技術フォーラム, 東京, 木村, 依頼
- ・ Japna-European Workshop on Cellulose and Functional Polysaccharides, Hamburg, T. Kimura, invited
- ・ International Conference on Magneto-Science, Nijmegen, T. Kimura, invited
- ・ 第 18 回有機結晶シンポジウム, 東京, 1 件
- ・ 第 4 回日本磁気科学会年会, 松本, 6 件
- ・ 日本結晶学会, 神戸, 1 件
- ・ 第 33 回 AFM c 講演会 (宇治) 1 件 (依頼) 木村
- ・ 弘前大学京都シンポジウム (京都) 1 件 (依頼) 木村
- ・ 第 4 回日本磁気科学会年会 6 件
- ・ 第 76 回紙パルプ研究発表会 : 2 件

- ・ 第 18 回有機結晶シンポジウム 1 件

A-3. 国内における学会活動など

所属学会等（役割）

- ・ 木村恒久：日本磁気科学会（副会長）、セルロース学会（評議員，関西支部委員）
- ・ 山内龍男：紙パルプ技術協会（木材科学委員会地方委員）、日本包装学会（評議員，会誌編集委員）

競争的資金等獲得状況

①科学研究費補助金

- ・ 基盤研究（B）：木村恒久：循環型素材をベースとした高次元異方性複合材料の創成
- ・ 基盤研究(B)：山内龍男（分担）：セルロースを含むゲル状バイオマスの資源化

A-4. 国際交流・海外活動

所属学会等（役割）

- ・ 木村恒久：アメリカ化学会

国際会議・研究集会等（国、役割）

- ・ 木村恒久：International Conference on Magneto-Science (International Advisory Board , Programm Committee)

外国人研究者の受入

- ・ 招聘研究員 1 名 （中国）

B. 教育活動（2009.4～2010.3）

B-1. 学内活動

a) 開講授業科目（担当教員）

- ・ 全学共通科目： 森林科学 II（西尾，木村）
- ・ 学部：
 - 生物材料物理化学（木村）、パルプ・紙学（山内）、森林科学実習Ⅱ（山内, 久住）、森林基礎化学実験及び実験法（山内、久住）、バイオマス化学実験及び実験法Ⅱ（木村、山内、久住）、森林科学演習（木村、山内、久住）
- ・ 大学院：
 - 生物繊維学演習（木村、山内、久住）、生物繊維学専攻実験（木

村、山内、久住)、生物繊維学特論 I (木村)

C. その他

- ・木村恒久：東北大学金属材料研究所附属強磁場超伝導材料研究センター運営委員会 (外部運営委員)、超ハイブリッド材料プロジェクト (評価委員)