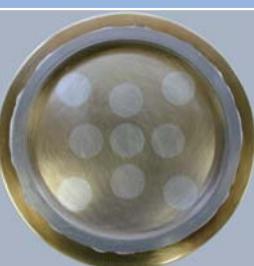
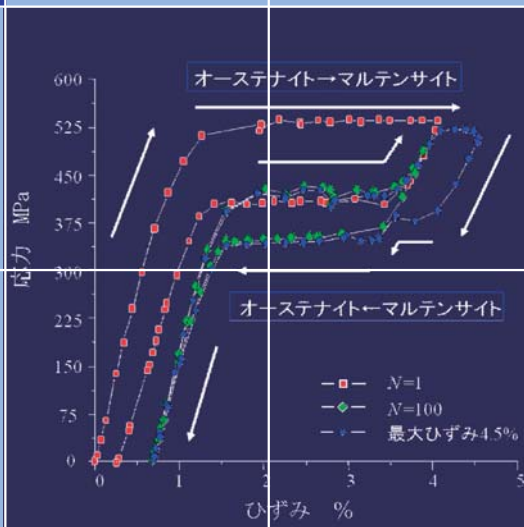
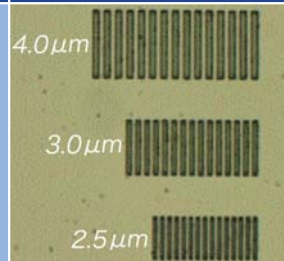
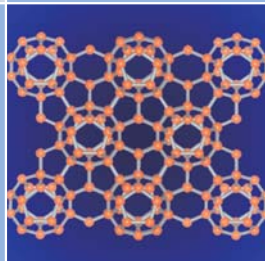
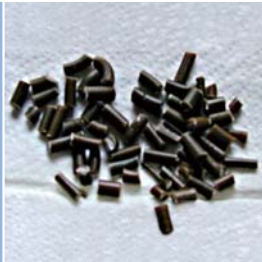
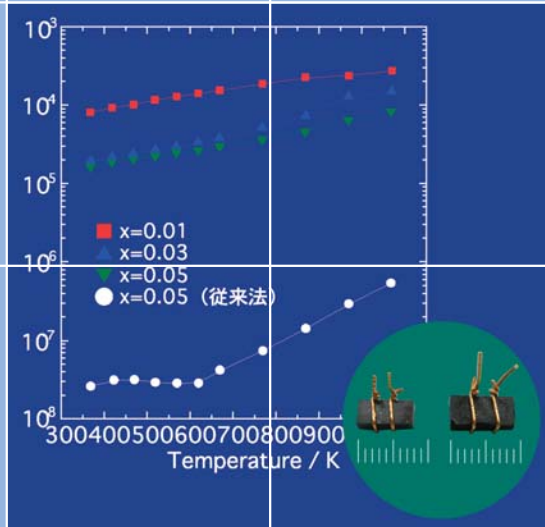
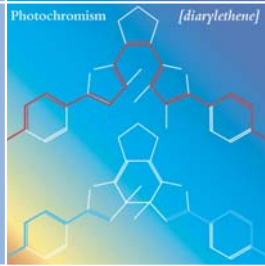


KOSEN

高専発

先端材料技術シーズ集



独立行政法人 国立高等専門学校機構

Institute of National Colleges of Technology, Japan



高専発

先端材料技術シリーズ集

KOSEN

目次

先端

- **産学官連携による高性能光触媒の開発と製品化** 八戸高専発の光触媒技術実用化へ
八戸高専 長谷川 章…………… 1
- **化学気相成長 (CVD) 原料の開発とそのデバイス応用** 異分野の研究テーマとのコラボレーション
仙台高専 広瀬キャンパス 羽賀 浩一…………… 2
- **可視光動作ナノ単結晶 ZnO 光触媒の研究** コンポジット化による性能向上および機能付加
仙台高専 広瀬キャンパス 關 成之…………… 3
- **有機半導体薄膜に用いるナノ硬さ試験システムの開発** 有機太陽電池薄膜の力学特性計測へのチャレンジ
茨城高専 金成 守康…………… 4
- **次世代無機ガラス代替高機能透明樹脂の開発** 高耐熱性・低吸水性・透明性の向上を目指して
小山高専 西井 圭…………… 5
- **有機リン加水分解酵素を用いるバイオセンサーの開発**
生命工学技術とバイオセンシング技術の融合を目指して
福井高専 高山 勝己…………… 6
- **機能性色素による金属センサーの開発** 修飾フタロシアニン色素による重金属の検出と回収
福井高専 松井 栄樹…………… 7
- **ゲストフリー SiGe 系クラスレート薄膜の開発** 希ガスをを用いたクラスレート薄膜の作製
岐阜高専 羽瀨 仁恵・飯田 民夫…………… 8
- **超弾性線材の疲労寿命改善に関する研究**
豊田高専 清水 利弘…………… 9
- **連続繊維強化熱可塑性樹脂成形品の特性評価**
連続繊維によって強化された熱可塑性樹脂の成形法とその成形品の特性を評価し、最適な成形条件を見いだす
舞鶴高専 篠原 正浩…………… 10
- **回転水中紡糸法による超重量金属細線の開発** 金属細線プロセスの合理化
奈良高専 島岡 三義…………… 11
- **リサイクル可能なポリマー BINAP 触媒の合成**
奈良高専 嶋田 豊司…………… 12
- **フォトクロミック分子を用いた先端材料開発** 物性の光スイッチングを可能にする機能性分子の合成研究
米子高専 谷藤 尚貴…………… 13
- **低環境負荷型の材料合成プロセスの開発**
積層クラッドと反応拡散を利用した Fe-Al 系金属間化合物の創製と性能評価
松江高専 新野邊 幸市…………… 14
- **塑性変形中の転位と不純物との相互作用に関する研究**
超音波振動応力付加下での歪速度急変試験による模索
大島商船高専 上月 陽一…………… 15
- **反応性パルスレーザーアブレーション法による機能性ナノ結晶創製技術**
可視光応答型水分分解光触媒ナノ結晶創製技術
阿南高専 吉田 岳人…………… 16
- **透明導電性酸化物新材料の開発** PLD 法による透明導電酸化物薄膜の作製と評価
香川高専 詫間キャンパス 三河 通男…………… 17
- **光駆動分子結晶アクチュエーター**
新居浜高専 高見 静香…………… 18
- **摩耗しない材料の開発** 無摩耗研磨板の実現に向けて
弓削商船高専 藤本 隆士・友田 進…………… 19
- **熱電変換用酸化物セラミックスの開発** 廃熱からのエコ発電を目指して
高知高専 安川 雅啓…………… 20
- **低温プラズマ技術による環境先端材料の開発研究**
低温プラズマ技術による高感度可視光応答性光触媒の開発研究
北九州高専 山田 憲二…………… 21

地域発

- **未利用資源の色素を利用した色素増感太陽電池の開発** 地域産業に根ざした研究事業の遂行
函館高専 湊 賢一…………… 22
- **生分解性を有する環境調和型高吸水性材料の開発**
木質系廃棄バイオマスから高吸水性材料への変換技術開発
苫小牧高専 甲野 裕之…………… 23
- **木材糖化硫酸法（北海道バイオマス変換法）における硫酸回収の評価技術**
公設試との連携による環境評価技術の取り組み
旭川高専 土田 義之・千葉 誠…………… 24
- **マイクロ波加熱特性を利用した高品位な炭素材料の作成と応用**
高品位な炭素材料を安価・迅速に作成する方法の開発
旭川高専 宮越 昭彦…………… 25
- **農業系廃棄物の有効利用を図る「R H Sカーボン」の開発**
農工連携による環境調和型高性能材料の創成
鶴岡高専 宍戸 道明…………… 26
- **海岸漂着漁網と農業廃棄物の複合化による地域資源の発掘**
漂着漁網のプラスチック化および米粉殻（RH）との複合材料の製造と評価
鶴岡高専 佐藤 司…………… 27
- **植物を原料とした環境調和型 ELID 研削加工用砥石の開発**
環境汚染・廃棄物の植物を工業製品に変え・自然に戻す
茨城高専 長谷川 勇治…………… 28
- **低環境負荷型吸着材料の開発**
米子高専 小川 和郎…………… 29
- **柔軟性をもつ「フォトレジスト材」の開発**
地元企業ニーズを実践教育の中で対処して生まれた新規レジスト材
宇部高専 山崎 博人…………… 30
- **循環型社会形成推進科学事業** 各種廃棄物焼却灰を主原料とした環境低負荷型混合セメントの開発
鹿児島高専 前野 祐二…………… 31

産学官連携による高性能光触媒の開発と製品化

物質工学科 長谷川 章

八戸高専発の光触媒技術実用化へ

【要約】

青森県内の産学官連携による地域コンソーシアムを設立し、光触媒の研究を実施した。その結果、角柱状の粒子構造を持つ高性能酸化チタン光触媒の開発に成功し、5件の特許共同出願を行った。開発された高性能光触媒は、八戸市のアンデス電気(株)の空気浄化機等に搭載されており、空港、ホテル、老人介護施設、病院等に納入され多数の販売実績を持つ。

【きっかけ】

平成12年ベンチャー企業支援型地域コンソーシアム研究開発「ナノ微細構造を有する酸化物半導体薄膜による超高感度光触媒の開発」が採択され、(株)八戸インテリジェントプラザを管理法人にアンデス電気(株)、青森県工業総合研究センターならびに八戸高専が参加して研究が実施された。

【プロセス】

平成12年 NEDO委託事業採択 高性能光触媒の開発に成功 特許共同出願4件
 平成15～16年 青森県ナノテクノロジー関連研究開発パイロットプロジェクト
 事業採択 特許共同出願1件
 平成19年 光触媒応用技術研究会発足 地元企業らと光触媒の応用技術を検討

【成果】

産学官連携によって開発された高性能光触媒は、大きな表面積を有しており室内の有害物質を高速に安全な濃度まで分解することが出来る。特にホルムアルデヒドの分解では、優れた性能が確認された。この技術を用いた空気浄化機は、大手のホテル、空港、病院他に納入されており、アンデス電気(株)の多くの製品群に应用されている。

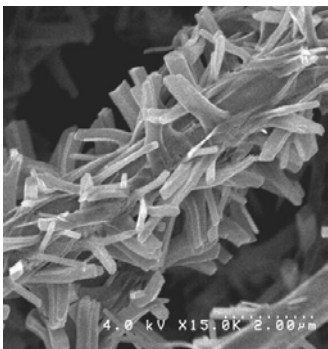


図1 開発された高性能光触媒



壁掛け型空気浄化機 **BF-H201A**

青い森の風

光触媒で
安全クリーンな空気環境を

『高性能光触媒搭載空気浄化機』
 バインダー(接着剤)を使用しない独自技術による角柱状結晶酸化チタン光触媒で、よりクリーンな空気を実現しました。

光触媒 *fion*

図2 高性能光触媒を用いた製品の例 アンデス電気HPより

化学気相成長（CVD）原料の開発とそのデバイス応用

電子工学科 羽賀 浩一

異分野の研究テーマとのコラボレーション

【要約】

仙台高専（旧仙台電波高専）では環境ビジネスへの参入を目指し、数年前より異分野へのテーマ展開を進めている。広範囲な研究テーマとしては、①環境半導体を用いたデバイス応用、②可視光応答型光触媒による環境の改善、③海水の淡水化と汚水の浄化装置の開発、④都市農場に適した光源の開発である。本報告では、①と②のコラボレーション研究から得られた半導体原料と、それを応用した透明トランジスタについて記載する。

【きっかけ】

近年、環境の破壊が進み、大気や水質の汚染、地球温暖化による異常気象、希少金属や石油資源の枯渇が叫ばれている。研究当初は環境に優しく、希少金属を使用しない半導体材料を目指し、環境半導体の代表格である酸化物半導体の中で、デバイス応用性の高い酸化亜鉛（ZnO）薄膜を研究対象とした。また、ZnO薄膜の透明性と大面積化を研究目標として、CVD法を基本とした新しい薄膜製造方法に着手した。

【プロセス】

本研究は、半導体関連の大手企業との共同研究からスタートし、地元企業や台湾の研究所未だ巻き込み、研究室の人員が本校の学生と企業からの研究者で総勢10人を超えた年もあった。国内外の特許出願件数も20件を超え、USP 3件、台湾 3件、韓国 3件、日本 3件、欧州 1件の権利化に至っている。3年前には②のプロセスで得られた中間生成物がCVD原料として利用できる可能性を見出し、①と②の異なるテーマのコラボレーションが実現した。

【成果】

②の斬新な製造プロセスで得られた新規な出発原料は、従来からCVD原料として市販されている粉体原料（ $\text{Zn}(\text{C}_5\text{H}_7\text{O}_2)_2$ ）とは異なるファイバー形状を有し（図1）、熱による組成変化や経時変化が非常に少ない。この原料を元に作製されたZnO薄膜トランジスタは、優れた電気特性を示し（図2）、電界効果移動度 $53 \text{ (cm}^2/\text{V sec)}$ 、on/off比 6桁が得られている。



図1 ファイバー状CVD原料の外観写真
(右下部写真は市販の粉体原料)

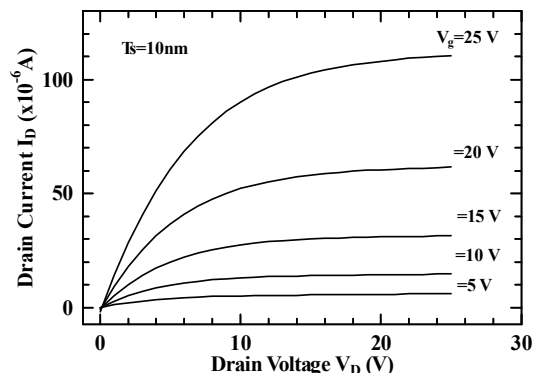


図2 ZnO薄膜トランジスタの V_D-I_D 特性

可視光動作ナノ単結晶ZnO光触媒の研究

電子工学科 關 成之

コンポジット化による性能向上および機能付加

【要約】

独立行政法人日本学術振興会科学研究費補助金の「基盤研究(C)」として、平成20年度から3年間の期限で「ナノコンポジット化による可視光動作ナノ単結晶ZnO光触媒の高性能化」の研究を行っている。有害ガス分解用としてAg微粒子を担持させたファイバー状のZnO光触媒を作製し、分解特性の向上を図った。また、ZnGa₂O₄を担持することで耐酸性の向上も図った。そして、水素分解能を有するGaNを担持させたコンポジットZnO光触媒についても研究をしている。

【きっかけ】

本校の羽賀教授がナノ単結晶が集合して形成されるZnOファイバーに関する特許を取得し、光触媒特性を見出したことが契機となり、その特性向上および機能付加を目指した。

【プロセス】

Ag担持には化学めっき法およびスプレー熱分解法を用い、ナノサイズのAg粒子をZnO上に堆積させた。ZnGa₂O₄担持にはGa(NO₃)₃を前駆物質として用い、熱処理することでZnを拡散させてZnGa₂O₄相を形成させた。現在はGaNの担持を検討している。

【成果】

Agの担持量を最適化することにより有害ガス（パラキシレン）の分解特性が向上した。ZnGa₂O₄を担持させることにより耐酸性が向上し、担持量の最適化により有害ガスの分解特性も向上した。



図1 ファイバー状のZnO光触媒を用いた空気清浄化装置

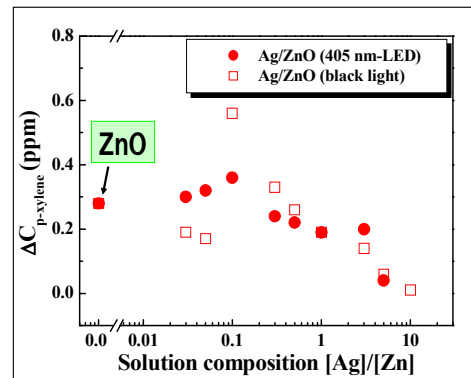


図2 Ag担持ZnO光触媒ファイバーの有害ガス分解特性

有機半導体薄膜に用いるナノ硬さ試験システムの開発

電子制御工学科 金成 守康

有機太陽電池薄膜の力学特性計測へのチャレンジ

【要約】

科学技術振興機構(JST)の「委託研究事業」として、平成19年度に茨城高専電子制御工学科金成研究室のシーズをもとに、従来困難だった有機太陽電池などの軟質半導体薄膜の力学特性を高精度に計測できる「ナノインデンテーション(硬さ)試験システム」を開発した。厚さ数百ナノメートル(nm)の薄膜を計測する際に、取り除くことが困難であった数nmの表面検出誤差などをなくしてエラーフリーな計測を実現することを目的とする。

【きっかけ】

ナノインデンテーション試験は、薄膜材料の力学特性を直接計測できる方法としてセラミックス・金属に広く用いられている。この試験法は、材料開発の進展に伴って、セラミックス・金属よりも2桁力学特性が低い有機薄膜への応用が期待されているが、軟らかい有機薄膜の計測は検出部の剛性が高い既存試験システムの計測限界を超えており、新規な計測原理(特願2007-275093)に基づいた試験機の開発が必要である。

【プロセス】

受託研究事業に採択された後、硬さと弾性率を得るために荷重-変位(P-h)曲線を測定するインデンテーションヘッドに加えて、試料表面上の試験位置をサブマイクロメートル(μm)の精度で観察位置決めするためのマイクロスコープと3軸ステージを組み込んだ試験システム(図(a))を開発した。

【成果】

雰囲気温度変化の影響を含めた3軸方向の繰返し試験位置決め精度を $1\mu\text{m}$ 以下に抑えて、ハードディスク(HD)上の磁気多層薄膜について変位90nmのP-h曲線(図(b))を測定して妥当な硬さが得られた。今後の課題として、応答性を向上して既存試験システムと同等レベルまで計測時間を短縮するとともに、システム全体をコンパクト化して高性能化したい。

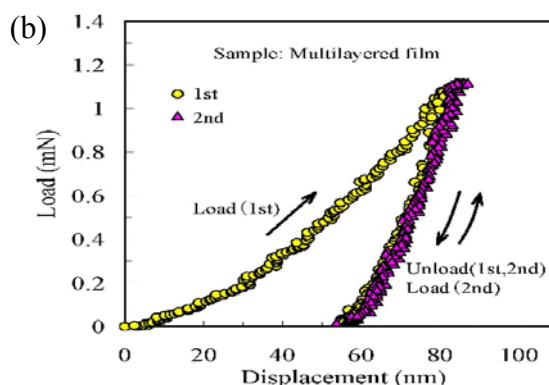
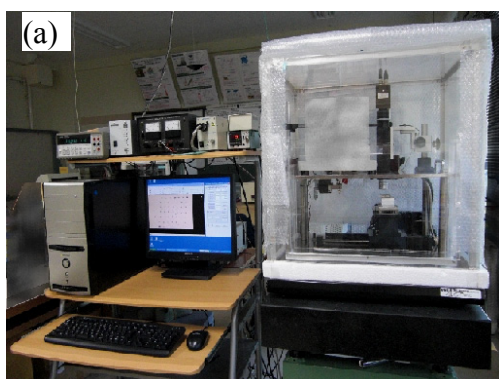


図 開発したナノ硬さ試験システム(a)とHD磁気多層薄膜で得られたP-h曲線(b)

次世代無機ガラス代替高機能透明樹脂の開発

物質工学科 西井 圭

高耐熱性・低吸水性・透明性の向上を目指して

【要約】

無機ガラス代替高機能樹脂（図1参照）の開発は情報産業を支える重要な研究課題である。従来、光学用樹脂としてはポリメチルメタクリレート（PMMA）樹脂やポリカーボネート（PC）樹脂が代表的である。PMMAは透明性に優れかつ光学的ひずみである複屈折が小さい特長を持っているが、側鎖に極性基を有するため吸水性が大きく耐熱性が低い。また、PCでは耐熱性は高いが、主鎖にベンゼン環が存在するため複屈折が大きいという欠点がある。そこで、PMMAとPCの欠点を克服しうる新規な光学用樹脂の開発を行う。

【きっかけ】

光学特性に優れた透明樹脂は光学レンズ、プリズム、光ディスク、光学フィルムなどの光学部品に多く利用されている。光学用樹脂には基本的物性として、光線透過率が高く透明であること、光学的ひずみが小さく画像や信号が正確であること、光学部品形状を精密に成形加工できること、光学機器使用環境での部品の変形・ひずみを抑えるため高耐熱性・低吸水性に優れることが要求される。現在、前述の物性を満たす材料が存在しないため、要求物性を満たす新規材料の開発を考えた事がきっかけである。

【プロセス】

本研究では、前述した欠点を克服しうる新規高機能透明樹脂の開発を目的とする。そこで、最も優れた耐熱性・透明性を示す事で知られる環状オレフィン類のビニル付加重合体に着目し、ビニル付加重合を高活性でなし得る有機金属錯体触媒の開発、およびそれを用いた材料合成を行った。

【成果】

同テーマに対する成果を以下に示した。参照されたい。

発表論文名・著者名

Highly Active Copolymerization of Ethylene and Dicyclopentadiene with $[(\eta^1-t\text{-BuN})\text{SiMe}_2(\eta^1\text{-C}_{29}\text{H}_{36})]\text{TiMe}_2(\text{THF})$ Complex

K. Nishii, S. Hayano, Y. Tsunogae, Z. Cai, Y. Nakayama, T. Shiono(査読有)
Chem. Lett., **2008**, 37, 590-591.

図1 光学樹脂が使われるカメラ用
レンズ・プリズム
(出典: 日本ゼオン・会社案内資料)



有機リン加水分解酵素を用いるバイオセンサーの開発

物質工学科 高山 勝己

生命工学技術とバイオセンシング技術の融合を目指して

【要約】

これまでの研究成果として、我々は、細胞表層工学技術を用いて*Flavobacterium*由来有機リン化合物加水分解酵素(OPH)を高活性を持った状態で酵母細胞表層に発現することに成功している。現在、このOPH表層発現酵母を用いた各種パラオキソン検出系の構築と性能評価を行っている。また、パラオキソン以外の有機リン化合物に選択性をもつOPH改変体の作成にも着手している。

【きっかけ】

近年、輸入農産物の残留農薬汚染が問題となっている。特に有機リン系農薬は神経伝達阻害作用があり、極めて毒性が高いため迅速・簡便に検出できる測定法の開発が望まれてきた。アセチルコリンエステラーゼ活性阻害に基いたバイオセンサーが多く研究者によって報告されているが、我々はこれにかわる新しい生体触媒を用いた有機リン測定系の構築を目指した。

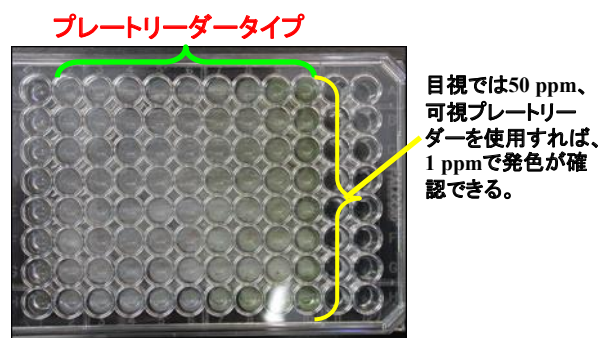
【プロセス】

細胞表層工学とは、細胞の表面に任意のタンパク質を発現させるための遺伝子工学技術をさす。特に酵母に関しては、京都大学大学院農学研究科の植田充美教授によって確立された。この技術は、有用物質生産用の生体触媒、環境浄化剤、ワクチンとしての応用など幅広い用途展開が期待されている。本研究室では、この技術をバイオセンシング技術に適用したものである。

【成果】

① 検出感度はプレートリーダー方式が最も優れている。反応から測定までのトータル分析時間を30分、検出感度 1ppm 程度としたパラオキソン検出系を確立できた。操作の簡便性や携帯できることの利便性を考えて、 μ -TASとの組み合わせを検討中である。

② OPH遺伝子改変により、他の有機リン化合物に応答する素子（変異OPH表層発現酵母）の開発を進めている。



各種パラオキソン濃度に対する発色試験
左側 2列目から 0, 1, 5, 10, 20, 50, 100, 500, 1000 ppm

機能性色素による金属センサーの開発

物質工学科 松井 栄樹

修飾フタロシアニン色素による重金属の検出と回収

【要約】

フタロシアニン (Pc) は通常中心部にのみ幅広い金属を配位することが可能な色素であるが、外部に金属配位サイトを有するPcを設計し、合成した。各種金属イオンを添加した場合、色調変化や凝集沈殿が起こり、センサーや凝集剤として利用可能である。

【きっかけ】

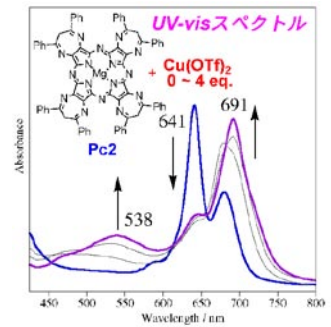
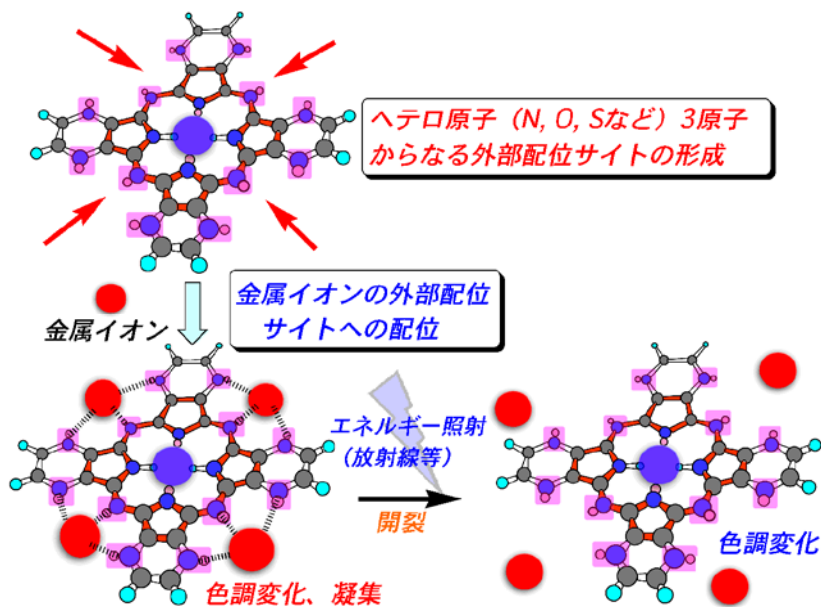
自然界には多くの色素が存在し、様々な酵素機能を有している。これまでに生物有機化学の研究分野で研究を行い、色素を触媒として用いてきた。物質の変換反応を行う触媒機能のみでなく、金属配位能を利用した金属センサー、放射線検出などの機能探索を目指した。

【プロセス】

JSTのシーズ発掘試験にて、地域特性、繊維産業のニーズを踏まえ、微量アンチモンを視覚的に確認、凝集する技術を開発した。現在、分子骨格の簡素化と共に、幅広い排水および極微量域での検出・凝集への応用を行っている。

【成果】

UV-vis, ESI-MS測定を行った結果、金属が配位したPc錯体を確認し、金属添加による色調変化が見られた。Pc色素と金属の組み合わせにより凝集・沈殿が起こり、目的の機能を果たした。また、放射線照射 (γ 線) により配位した Pcの色調が変化することも確認した。



ゲストフリーSiGe系クラスレート薄膜の開発

電気情報工学科 羽瀨 仁恵・飯田 民夫

希ガスを用いたクラスレート薄膜の作製

【要約】

本開発では、金属元素を内包しないゲストフリーと同じ性質を示す希ガス内包Si系(Si, Ge, SiGe)クラスレート(下図を参照)を、希ガスを利用した放電により合成する。またSiGeクラスレート薄膜の組成制御により1.3 ~2 eVの連続的な禁制帯幅の制御を可能にし、フルスペクトル薄膜太陽電池用光電変換素材として利用可能なレベルの膜質を得る。

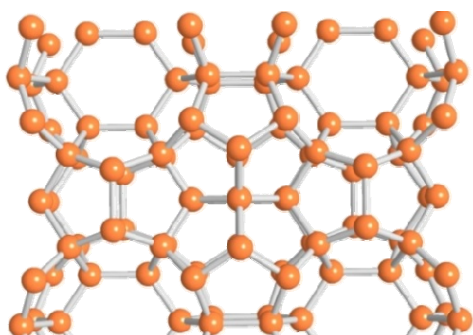
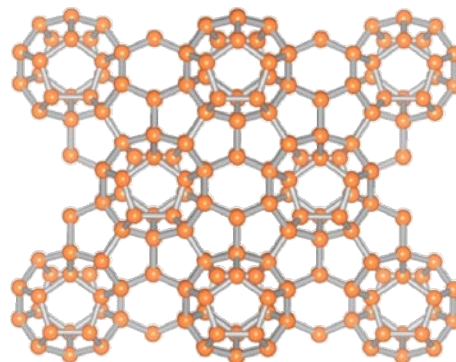


図 シリコンクラスレート(タイプI)



シリコンクラスレート(タイプII)

【きっかけ】

本事業はNEDO 革新的太陽光発電技術研究開発(革新型太陽電池国際研究拠点整備事業)低倍率集光型薄膜フルスペクトル太陽電池の研究開発によって行われている。

【プロセス】

岐阜大学との共同開発により「ゲストフリーSiGe系クラスレート薄膜の開発」のうち岐阜大学がNa ドープシリコンクラスレートからゲストフリーシリコンクラスレート薄膜の作製を、本校が希ガスドープシリコンからゲストフリーシリコンクラスレート薄膜の作製を行っている。

【成果】

本研究では、クリプトンガスを反応室に導入してマグネトロンスパッタによりシリコン薄膜を成膜した。シリコン薄膜はEDXの測定よりKr/Si比が最高 14 at.%となり、希ガスを多くドープすることに成功した。現在はアニールによるクラスレート化を目指している。

【学会発表】 マグネトロンスパッタ法を用いた希ガス混合Si薄膜の作製 : 番、羽瀨、飯田他(第70回応用物理学会学会術講演会、講演予稿集第2分冊、9a-P2-9.)

超弾性線材の疲労寿命改善に関する研究

機械工学科 清水 利弘

【要約】

超弾性合金は、通常の金属合金がごくわずかしか回復可能な弾性変形が保証されないのに対して、変形時に金属内部の原子の並び方を変化することによって10%程度まで変形しても、元の形状に回復する機能を持つ金属材料である。Ti-Ni超弾性材料は変形能が非常に大きいことから医療分野を含む多くの分野で用いられているが、この大きい変形能を前提として用いた場合に疲労特性を評価すると、期待されているほど優れていないことが報告されている。この原因としては、き裂先端の塑性域において超弾性材料の特徴である相変態が十分に生じていないことなどが上げられているが、はっきりしたことはまだ不明である。本研究では、この材料特性の変化を解明することを目的としている。

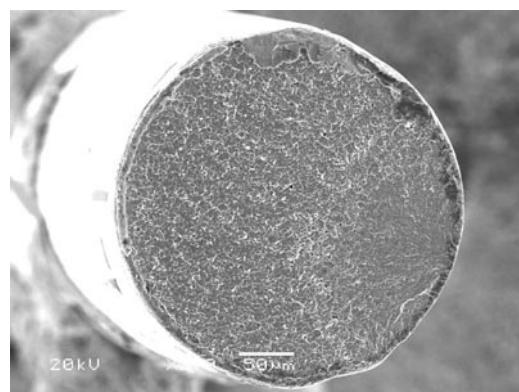
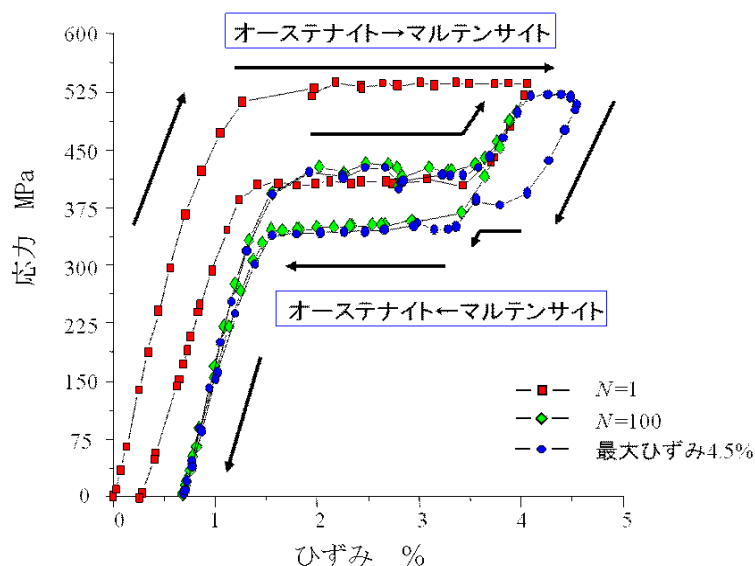
【きっかけ】

カリフォルニア大学バークレイ校に留学した際に、この材料が、血管に用いられているステントに流用されていることからこの材料に興味を持ち、安心して使える材料になることを考えるようになった。

【プロセス・成果】

超弾性特性を持つ線材を準備して、チャックを作成し、微小荷重試験器を利用して繰返し荷重を負荷する。実験中、材料の伸びと負荷されている応力を測定して、結果をプロットしたものが下図である。通常の塑性変形に匹敵する大きな変形が回復する様子が現れている。また、右の写真は破断したこの材料の破断面をSEMで観察したものである。

実験の結果、この材料の疲労時の性質が明らかになりつつある。



連続繊維強化熱可塑性樹脂成形品の特性評価

機械工学科 篠原 正浩

連続繊維によって強化された熱可塑性樹脂の成形法とその成形品の特性を評価し、最適な成形条件を見いだす

【要約】

近年、省エネルギー化の観点から、自動車等の車体構造の軽量化の要求が高まっており、その実現のために繊維強化プラスチック（FRP）を車体構造材に適用する試みが広くなされている。熱可塑性樹脂を用いたFRTPはその成形性の良さ、成形サイクルの短さ故に小型部品を中心に広く用いられているが、強化繊維が不連続繊維であるものが多く、強度的には満足のものではなかった。十分な強度を得るために、熱可塑性樹脂を連続繊維で強化するには、樹脂の熔融粘度の高さから成形が困難であった。そこで、強化繊維の形態や熱可塑性樹脂の形態を工夫することで、連続繊維強化熱可塑性樹脂の成形を可能にし、その成形品の特性を評価することで、強度、成形コスト等の面から最適な成形条件を見いだす。

【きっかけ】

（社）日本材料学会複合材料部門委員会に「量産車用コンポジットの開発ワーキンググループ」が設けられ、FRPに代表されるコンポジット材料を量産車に適用する開発研究がなされてきた。その中で、連続繊維強化熱可塑性樹脂の成形に適した素材と成形法が提案され、その成形品の主に力学的特性の評価を行ってきた。

【プロセス】

強化繊維の種類、形態と母材である樹脂の種類、形態の組み合わせを様々に組み合わせ、異なる成形条件で成形した成形品の力学的特性を調べ、組み合わせごとの最適な成形条件を見いだした。

【成果】

Non Crimp Fabricという形態の炭素繊維を強化繊維とし、母材にポリアミド樹脂を用いた複合材料の力学的特性（主に曲げ特性）を明らかにし、その際の最適な成形条件も見いだすことができた。



図 曲げ試験の様子

回転水中紡糸法による超重量金属細線の開発

電子制御工学科 島岡 三義

金属細線プロセスの合理化

【要約】

回転水中紡糸法が開発されて、長年の夢であった、直径0.1mm程度の連続合金細線の製作が容易に実現された。鉄鋼から非鉄合金まで、重量金属から軽量金属までの連続細線の製作を手がけてきたが、金（Au）などの超重量金属細線の製作は未開拓である。展性のある金の、本紡糸法による極細線化の可能性を探り、本紡糸法のノウハウをまとめるのが目的である。

【きっかけ】

軽量なアルミニウム溶融ジェット流は、回転水流の動圧に抗しきれずに回転水層から浮いてしまう弱点があり、静磁場を形成した中で回転水流を構成し、溶融ジェットに通電することで得られる電磁力で溶融ジェット流を制御して、安定した下図2のようなジェット流を達成した。しかし、逆に極端に重い金属は容易に、凝固途中で回転ドラム底に到達して、断面が板かまぼこ状に変形することが想定された。金は高額であり、未だ実験は未着手であるが、超重量金属細線の製作が可能となれば、本紡糸法の死角はなくなる。

【プロセス】

3000円/gの金は文字通り『高嶺の花』である。溶融ジェット噴射ノズル材である石英ガラスと溶融金との反応の問題、噴射ノズルの最小径の探索なども、通常研究費では困難なので、共同研究あるいは受託研究の受け入れ、科研費の獲得などで基礎研究を進めていきたい。

【成果】

結晶質合金の連続細線形態プロセスを解明し、博士論文にまとめた。電磁力による溶融合金ジェット流の能動制御による溶融合金の急冷促進、各種鉛フリーはんだ線材の開発、鉛フリー銅合金鋳物線材の開発などを手がけてきた。本紡糸法の基本的なプロセスによる超重量金属細線の開発は、最後の未開拓課題であり、外部資金の獲得により細線の製作の可否を明らかにしたい。

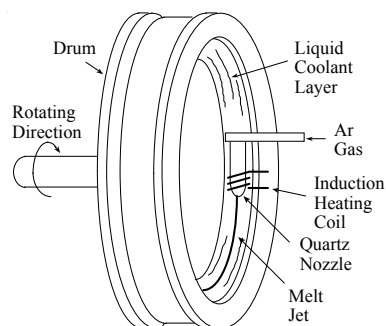


図1 回転液中紡糸法の原理図

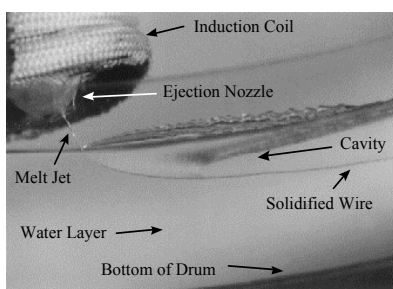


図2 回転水層中での溶融合金ジェット流

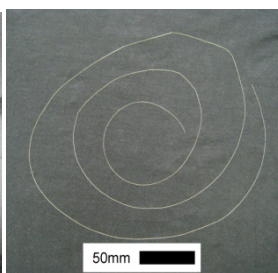
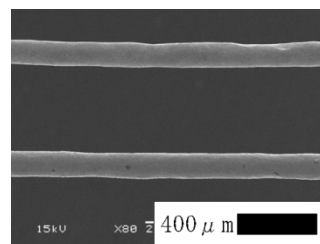


図3 回転水中紡糸法で得られた鉛フリー銅合金鋳物(CAC804相当のエコプラス)線材



リサイクル可能なポリマーBINAP触媒の合成

物質化学工学科 嶋田 豊司

【要約】

野依教授らにより開発されノーベル賞受賞に至った優れた不斉配位子BINAPは、現在でも触媒的不斉合成反応に最も多用されている。このすぐれた不斉環境を材料に組み込み機能化することは強く求められているが、誘導化を容易に行うための出発物質であるヨウ素化BINAPの簡易合成例はなかった。我々は、BINAPジオキシドの直接的ヨウ素化により、5,5'-ジヨードBINAPジオキシドをほぼ定量的に得ることに成功した。さらにジヨードBINAPジオキシドとのクロスカップリング反応により種々のBINAP誘導体の新規合成を達成した。その中でも、不斉水素化反応において高い不斉収率で生成物を与えるリサイクル可能なポリマーBINAP触媒は、有用な誘導化の典型例として注目され、5,5'-ジヨードBINAPジオキシドとともに市販される。

【きっかけ】

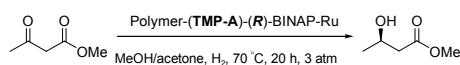
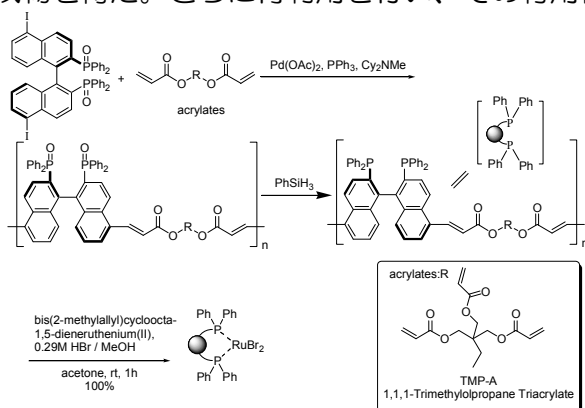
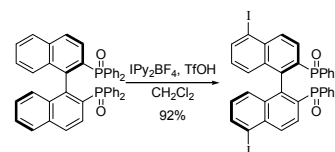
BINAPジオキシドがビスピリジンヨードニウムテトラフルオロボレート (Barluenga 試薬) により、位置選択的にヨウ素化されることを見いだしたこと。

【プロセス】

5,5'-ジヨードBINAPジオキシドからの実用的な誘導体合成について、種々のアクリル酸販売で実績のある県内化学会社（共栄社化学）と議論し、リサイクル可能な不斉合成触媒の誕生に至った。また、現在次の段階として、その触媒を用いる電子材料および医薬品中間体の簡易合成法を提案し、JSTより21、22年度の地域ニーズ即応型課題に採択され研究を進めている。

【成果】

右のスキームに示したBINAPジオキシドの直接的ヨウ素化により合成した5,5'-ジヨードBINAPジオキシドを三官能性アクリル酸誘導体と溝呂木-ヘック反応つづく還元を行うことによりポリマーBINAPを得た。つづいて、ポリマーBINAPと[Ru]の錯形成を行い得られた不斉触媒により、 β -ケトエステルの不斉水素化を行ったところ、ほぼ完全な収率とエナンチオ選択性で相当する水素化生成物を得た。さらに再利用を行い、その有用性を示した。



recycle	yield ^{a)} [%]	ee ^{b)} [%]
1st	99	97
2nd	100	98
3rd	100	98
4th	100	97
5th	100	97
6th	100	98
7th	100	97

a) Isolated yield. b) Determined by GC.

フォトクロミック分子を用いた先端材料開発

物質工学科 谷藤 尚貴

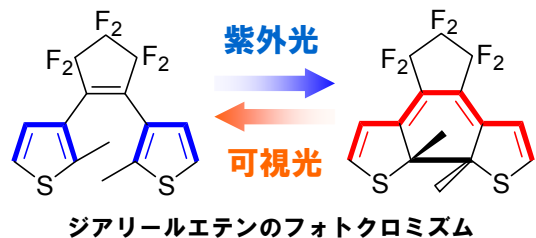
物性の光スイッチングを可能にする機能性分子の合成研究

【要約】

適切な波長の光照射により可逆的な色変化を示すフォトクロミック分子の特性を活用した新しい材料の開発を行ったところ、磁氣的相互作用や導電性等の物性において1分子の構造変化に由来した光スイッチング動作特性を示すシステムを合成できることを明らかにした。

【きっかけ】

フォトクロミック分子は光照射により色変化以外に分子構造の変化が誘起されるが、ジアリールエテン系の分子では2つの異性体間でパイ共役鎖の切替が規則的に起こる。この現象の材料化を目指した。

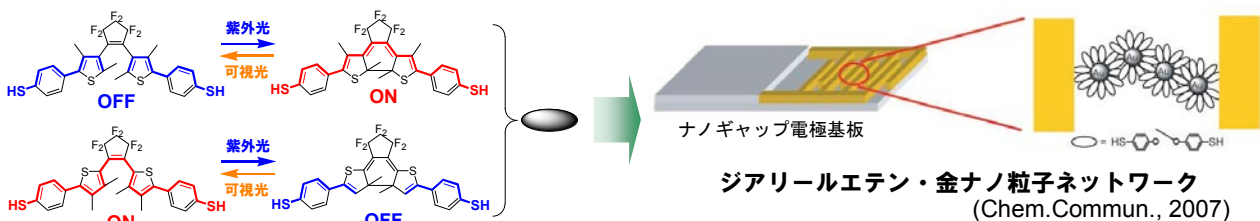


【プロセス】

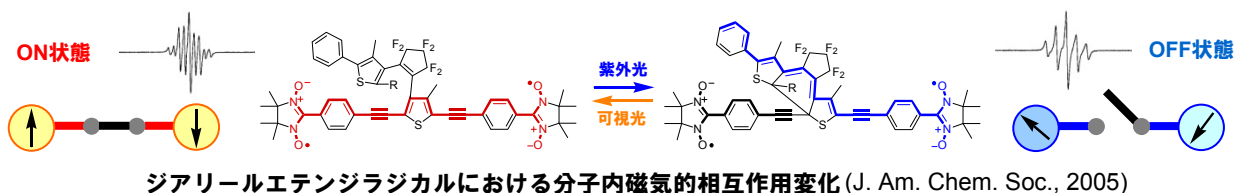
科研費若手研究B(H18-20)、特定領域「フォトクロミズム」(公募班H21-22)により本研究を推進させることで各対象分子の合成に至った。

【成果】

- ① 導電性変化を示す分子ネットワークの構築：ジアリールエテンの両アリール基末端にチオールを導入する手法を開発した。この分子は金ナノ粒子のリガンドとして、有機-無機ナノハイブリッドを形成した。この構造体は導電性を示し、ナノギャップ電極を用いた導電性測定によって分子の構造変化に由来した導電性の光スイッチングが起こることを観測した。



- ② 分子内磁氣的相互作用の効果的な光スイッチング：ジアリールエテンの構造変化を最大限に活用する分子設計として、共役鎖の完全に切断-再結合できるシステムを新たに考案した。合成分子は構造変化から予想される通りの磁氣的相互作用の変化を示すことをESR観測によって明らかにした。



低環境負荷型の材料合成プロセスの開発

機械工学科 新野邊 幸市

積層クラッドと反応拡散を利用したFe-Al系金属間化合物の創製と性能評価

【要約】

Fe-Al系金属間化合物は耐腐食性、耐酸化性ならびに高温強度に優れ、ステンレス鋼の代替材料として注目されている。本研究ではこの新素材の安価で簡便な合成プロセスを開発すると共に、製造した素材の機械的ならびに化学的な性能評価を行っている。

【きっかけ】

これまで、航空機エンジンや宇宙往還機などの次世代軽量耐熱材料として期待されているTi-Al系金属間化合物の研究開発を行っていた。ところが、近年の材料価格の高騰に伴い、より安価な素材であり、より低コストな製造プロセスが注目されるようになった。そこで、原材料がFeとAlで安価であるFe-Al系金属間化合物を、低コストかつ低環境負荷で製造する材料合成プロセスを開発することにした。

【プロセス】

FeとAlの箔や板を所定の化学組成となるように板厚を調整し、これ積層させて加熱処理する。Alの融点以上に加熱すると、Fe固相とAl液相間で反応拡散が起こり、その境界面にFe-Al系金属間化合物が生成する。加熱時間や加熱温度を調整すると、Fe-Al系金属間化合物が成長して、材料全体が所望するFe-Al系金属間化合物に置き換わる。加熱処理前に圧延を施したり、加熱中に圧縮荷重を負荷することが不要であり、大がかりな塑性加工設備を必要としない。しかも、加熱温度がFeの融点よりも300~500°Cも低く済むため、鋳造法で作製するよりも熱源の無駄が少なく、かつ温暖化抑制にも効果的であるなどの地球環境に配慮した製造プロセスである。図1には本プロセスの模式図を示す。

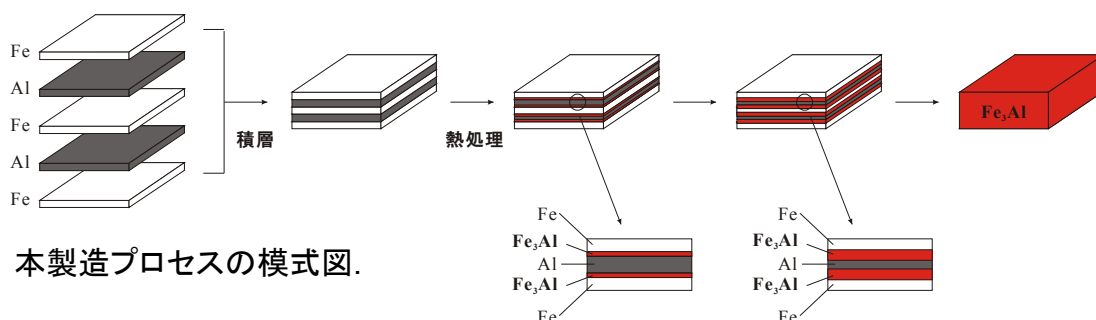


図1 本製造プロセスの模式図.

【成果】

図2 (a,b)にはSUS430をFe基材にして、加熱温度800°Cと1200°Cで熱処理した試料のSEM写真を示す。800°CではFe基材が残留したが、1200°Cでは均一の金属間化合物が生成しているのが分かった。

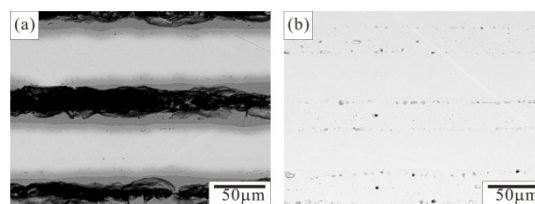


図2 (a,b)800°Cと1200°Cで熱処理した試料のSEM写真.

塑性変形中の転位と不純物との相互作用に関する研究

一般科目 上月 陽一

超音波振動応力付加下での歪速度急変試験による模索

【緒言】

転位と不純物との相互作用はこれまで、降伏応力、転位の直接観察、内部摩擦、あるいは応力緩和などによって研究されてきた。しかしどの実験方法にも、ある条件を仮定して調べられていたり問題をかかえている。ところが、Blaha効果（超音波振動応力付加により静的変形応力が低下する現象）中に歪速度急変試験を行うと、塑性変形中の転位と不純物との相互作用について調べることが可能であるとわかってきた。

【方法】

図1に示されているように、超音波振動応力付加による静的変形応力の低下量を $\Delta\tau$ 、応力振幅を一定に保ちながら歪速度急変試験を行ったときの変形応力の増加量を $\Delta\tau'$ とする。図2はある歪での $\Delta\tau$ と変形応力のstrain-rate sensitivity すなわち $(\Delta\tau'/\Delta\ln\dot{\epsilon})$ との概略関係を示している。この図に基づいて、塑性変形中の転位と不純物との相互作用を調べた。

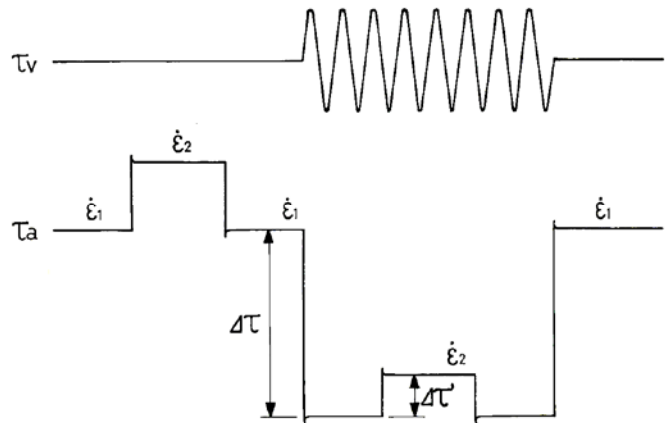


図1. 超音波振動応力付加下での歪速度急変試験中の変形応力 τ_a の変化。

【成果】

転位の運動に対する不純物の抵抗力や、転位がその障害物を乗り越えるモデルなどについて、アルカリハライド単結晶を用いて検討してきた[大島商船高等専門学校紀要第39号(2006年)から第42号(2009年)を参照]。

今後さらに同様の実験方法により、実用材料を用いて検討を行う予定である。

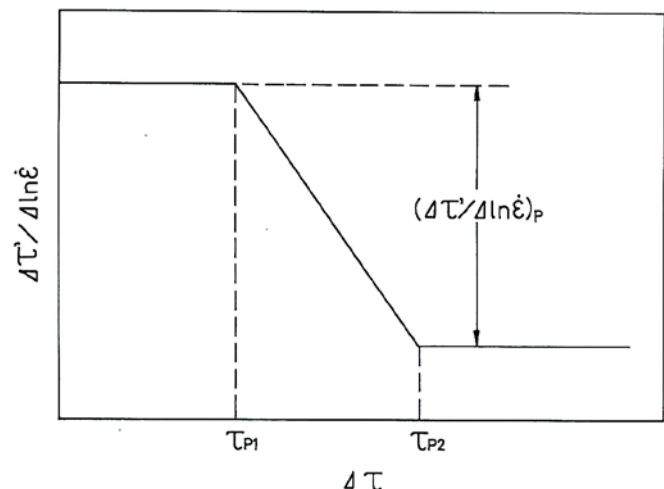


図2. ある歪でのstrain-rate sensitivityと $\Delta\tau$ との概略関係。

反応性パルスレーザーアブレーション法による機能性ナノ結晶創製技術

機械工学科 吉田 岳人

可視光応答型水分解光触媒ナノ結晶創製技術

【要約】

本研究は、パルスレーザーアブレーション（PLA）法を主体にした、粒径ナノ領域における多元系酸化物半導体の創製プロセスを、可視光（太陽光）の照射で純水を水素と酸素に完全分解することのできる“夢の光触媒”（ $\text{In}_{1-x}\text{Ni}_x\text{TaO}_4$ 系等）などに適用し、これまでにない高機能の光触媒粒子創製法を構築することを目的としている。

【目的・意義】

これまで、多くの場合紫外光誘起が必要であった光触媒に、可視光（太陽光エネルギーの45%を占める）誘起での動作を付与することにより、究極のクリーンエネルギー（燃料）とされる水素を持続的に供給できる光触媒材料が最近大きな注目を集めている。日本はその研究の先端を走っている。

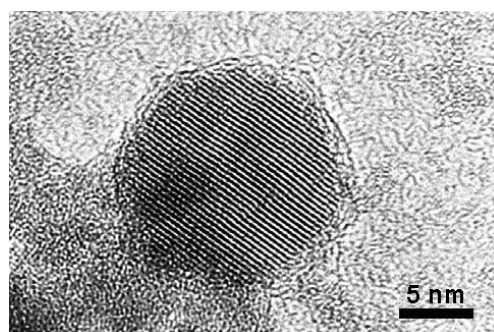
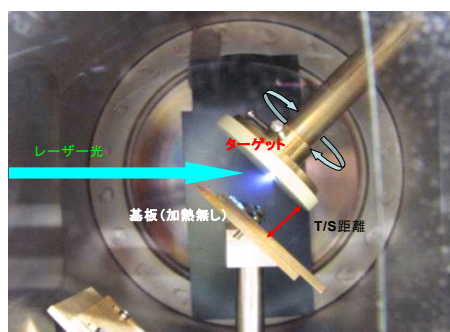
【プロセス】

その製法は至って簡単である。酸素雰囲気中で触媒の母材（ InNiTaO のターゲット）にパルスレーザーを照射する。叩き出された原子・イオン等が空中で会合・凝縮して、ナノメートルサイズの触媒粒子に成長させ、これを対向する基板に捕集する（左下写真）。

【成果】

極微細=ナノメートルサイズの可視光応答型光触媒の粒子が完成した。右下は、直径9ナノメートルの触媒粒子の高解像度電子顕微鏡写真を示す。粒子内部の多数の「平行線」は、結晶原子の配列を示しています。

さらに詳細な評価の結果、1) InTaO_4 中の In 原子とドーパされた Ni 原子が置換されることにより可視光応答性が発現されること（波長420 nmを中心とする吸収帯が現れる）、2) その機構は価電子帯の直上に出現する骨格置換された Ni 原子の3d軌道状態密度に起因すること、3) メチレンブルー（有機化合物の水溶液）に含浸した状態で可視光（350 nm）を照射し、メチレンブルーが照射時間に比例して分解してゆくこと、などを確認した。



その他の参考資料

- ・ 環適用可能な製品/分野：可視光応答型光触媒、太陽光照射による水分解触媒（最終目標）
- ・ 権利化特許：特許3196644、特許3704258 他多数
- ・ 公表論文: T. Yoshida, et al., " InTaO_4 -Based Nanostructures Synthesized by Reactive Pulsed Laser Ablation", Appl. Phys. A. vol. 93, pp. 961-966, 2008. T. Yoshida, et al., "Synthesis of Ni-doped InTaO_4 nanocrystallites by reactive pulsed laser ablation for application to visible-light-operating photocatalysts ", *in press Appl. Sur. Sci.*, 2009.
- ・ 共同研究先：甲南大学理工学部、（財）近畿高エネルギー加工技術研究所、Harvard大学

透明導電性酸化物新材料の開発

通信ネットワーク工学科 三河 通男

PLD法による透明導電酸化物薄膜の作製と評価

【要約】

透明導電体とは、金属がもつ導電性とガラスがもつ透明性を併せ持つ材料である。現在、酸化インジウムに数パーセントのスズを添加したITOと呼ばれる材料が代表的であるが、インジウムは希少金属であり高価である。この問題を解決するため、複合物薄膜および多層構造薄膜の作製を行った。

【きっかけ】

これまでに酸化マグネシウム薄膜や酸化物高温超伝導薄膜をスパッタ法およびPLD(Pulse Laser Deposition)法を用いて作製・評価を行ってきた。これらの技術・知識の応用として透明導電性酸化物新材料の開発に取り組んだ。

【プロセス】

PLD法を用いて透明導電性酸化物新材料の開発を行った。作製する薄膜の元となるターゲットは、各酸化物原料粉を秤量し、混合・粉碎した。その後、プレス機で圧縮・成型を行い、電気炉で熱処理し焼結した。このように作製したターゲットを用いてKrFエキシマレーザ($\lambda=248\text{nm}$)を使用して、ターゲット材料および薄膜作製時の条件を変化させ高特性化を行った。基板にはCorning1737ガラス基板を用いた。

【成果】

図1に示す、PLD装置を用いてITOに代わる透明導電薄膜の作製を行った。

インジウムの使用量を軽減した酸化インジウムと酸化亜鉛化合物において高特性薄膜の作製に成功した。

また、インジウムを含まない酸化チタンに酸化ニオブを添加した薄膜においても、多層構造にすることによって高特性な透明導電薄膜の作製に成功した。

これらの研究結果を基に今後も特性が良く環境にやさしい透明導電材料の開発が必要である。



図1 PLD実験装置

光駆動分子結晶アクチュエーター

環境材料工学科 高見 静香

【要約】

数10~100マイクロサイズのフォトクロミック微結晶が、可逆な光形状変化を示した。この変化で自重の約90倍の金粒子を動かすことができ、光駆動分子アクチュエーターとしての可能性を見出した。

※この内容は2007年4月12日号の「Nature」に掲載。

【きっかけ】

光照射によるフォトクロミック分子の色変化は、分子構造の変化に起因する。これまでに、結晶表面に光を照射するとナノオーダーのステップの形成が確認された。この変化をバルクサイズに拡張できれば、光で駆動するアクチュエーターとしての応用が期待できる。本研究は、九州大（現：立教大）と大阪市立大と共同で実施した。

【プロセス】

- ①数10~100マイクロサイズのフォトクロミック微結晶を作製する。
- ②光照射（紫外・可視光）による微結晶の光形状変化を検討する。
(図1：棒状結晶に光照射すると照射方向に向かって屈曲する。)
- ③観測する微結晶の分子配列を確認する。
- ④微結晶の紫外・可視吸収スペクトルを測定する。
- ⑤微結晶の形状変化の速度を観察する。
- ⑥光駆動アクチュエーターとしての性能を評価する。
(図2：結晶自重の約90倍の金粒子を動かした。)

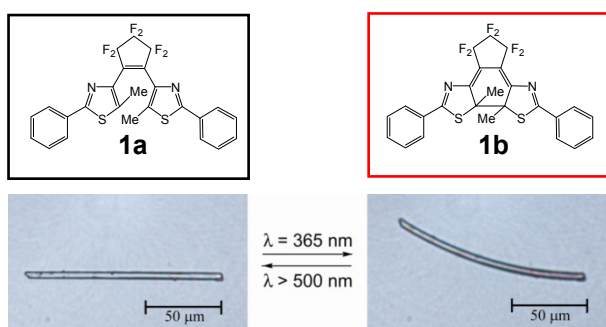


図1. ジアリールエテンの光形状変化

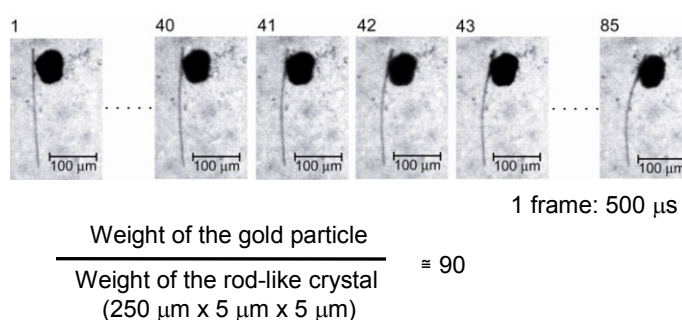


図2. 光屈曲変化による金粒子の移動の様子

【成果】

- 1) S. Kobatake, S. Takami, H. Muto, T. Ishikawa, M. Irie, "Rapid and Reversible Shape Changes of Molecular Crystals on Photoirradiation, *Nature*, **446**, 778-781 (2007).
- 2) 高見静香, 小畠誠也, 入江正浩, 「光駆動分子結晶アクチュエータ」, *光化学*, vol.39(2), 72-77 (2008).

摩耗しない材料の開発

電子機械工学科 藤本 隆士
商船学科 友田 進

無摩耗研磨板の実現に向けて

【要約】

工具摩耗は被加工物の品質向上と生産コスト軽減に大きな影響を及ぼしている。品質を維持するためには、摩耗した工具を本来の形状に回復させるための作業（修正）が必要になり、作業時間とコストに関する問題が発生する。長時間使用しても被加工物の品質を損なうことなく、摩耗しない工具材料の実現は加工屋の夢と思われる。本校電子機械工学科藤本研究室と商船学科友田研究室では、研磨加工の研磨板への応用を目的にして、「摩耗しない材料」または「摩耗しない材料の組合せ」の開発を行っている。

【きっかけ】

研磨加工の加工能率を向上させる研究過程で、銀を研磨板にしてメチル基を有する界面活性剤水溶液入りスラリーでガラスを研磨すると、銀は摩耗されずにガラスだけが研磨できる不思議な現象を見出した。（精密工学会誌、トライボロジー学会にて公表）

【プロセス】

「摩耗しない材料」または「摩耗しない材料の組合せ」を開発するために、試料にガラス、研磨板に銀、スラリーに界面活性剤水溶液を用いて現象発現のメカニズムを検討している。

あわせて「摩耗しない材料の組合せ」の開発と無摩耗研磨板への実用化を目指している。

【成果】

○本現象発現のメカニズム解明

本現象発現には、脆性材料、塩化物イオンを有する液体、および銀の3者が必要条件であることを明らかにしている。

○本研磨方法の応用

被加工物として、シリコンウェハやアルカリ性の材料を除くセラミックスにも適用できることが明らかになった。また、スラリー溶媒は安全性の高い食塩水でも可能であることがわかった。実用化に向けて、現在は銀と黄銅のバイメタル研磨板を開発中である。なお、本研究は2005年度に日本板硝子材料工学助成会の研究支援を受けている。



図 開発中の銀と黄銅のバイメタル研磨板

黄銅部分に銀を埋め込むことで摩耗しにくく、なおかつ、塑性変形の影響を抑える工夫をしている。

熱電変換用酸化物セラミックスの開発

物質工学科 安川 雅啓

廃熱からのエコ発電を目指して

【要約】

熱電変換用酸化物セラミックスの開発は、高温廃熱を電気として直接回収利用するための熱電変換技術の最重要課題である。我々は、高い化学的安定性を有する錫酸バリウム (BaSnO_3) に着目し、クエン酸錯体重合法と放電プラズマ焼結法を組み合わせた合成法により、微量ドーパントを原子レベルで均一に分散させた緻密セラミックスの作製に成功した。固相反応法と普通焼結法を組み合わせた従来の作製法に比べ、熱電出力因子を飛躍的に向上させることができた。

【きっかけ】

エンジンなどの燃焼機関やごみ焼却炉など高温大気中で排出される廃熱の回収利用を目的とした熱電変換用酸化物セラミックスの開発が注目されている。これまでに、Ti やCo、Znなどをそれぞれ主成分とする酸化物セラミックスで高い熱電変換性能が報告されているものの、実用性能を有するセラミック材料はまだ見出されていない。

【プロセス】

我々は、錫（スズ）を主成分とする錫酸バリウム (BaSnO_3) に着目し、クエン酸錯体重合法と放電プラズマ焼結法を組み合わせたセラミック作製法により、濃度数%の微量なLa元素を原子レベルで均一に分散させた緻密セラミックを作製した。

【成果】

作製した $\text{Ba}_{1-x}\text{La}_x\text{SnO}_3$ ($x = 0.00 \sim 0.07$) セラミックのいずれも、相対密度約95%の緻密な組織を形成した (図1: La濃度1%及び3%のセラミックの外観写真)。図2に、セラミックの熱電出力因子の温度依存性を示す。固相反応法と普通焼結法 (常圧) を用いて作製した従来法に比べ、Laの均一分散化とセラミックの緻密化により出力因子が飛躍的に向上した。とくに、La濃度1%のセラミックで出力因子が最も高くなり、有望な熱電変換用セラミックであることがわかった[1]。目標出力因子 $10^{-3} \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-2}$ 到達に向けた同族元素との固溶体合成やLa濃度最適化に着手するとともに、熱伝導率測定による熱電性能指数の評価を進めている。

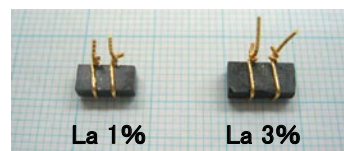
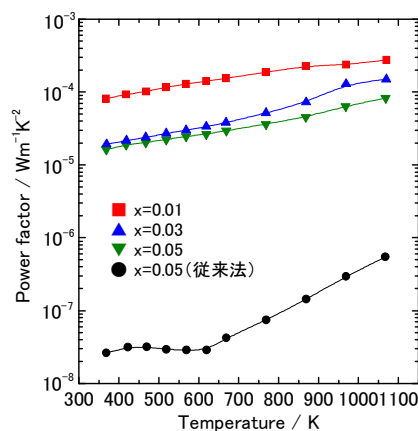


図1 外観写真(測定用電極付)

図2 $\text{Ba}_{1-x}\text{La}_x\text{SnO}_3$ セラミックの出力因子の温度依存性

【参考文献】

[1] M. Yasukawa *et al.*, Proceedings of The Third International Conference on the Science and Technology for Advanced Ceramics, Yokohama, 2009 (Special issue of Mater. Sci. Eng. B).

低温プラズマ技術による環境先端材料の開発研究

物質化学工学科 山田 憲二

低温プラズマ技術による高感度可視光応答性光触媒の開発研究

【要約】

低温プラズマ表面修飾により酸化チタン微粒子の環境浄化機能が改善できる可能性を明らかにした。さらに、低温プラズマ表面修飾に伴って炭素ドーピングが起こり、可視光応答性が発現することを明らかにした。現在、酸化物半導体の低温プラズマ表面ナノ構造制御の高度化に取り組んでおり、高感度可視光応答性を示す新規光触媒の研究開発を進めている。

【きっかけ】

20年近くに亘って低温プラズマ技術による固体材料の表面機能化について研究を行っている。当初は高分子材料表面を対象に目的の機能分子をグラフトさせる低温プラズマ表面修飾に取り組み、高分子材料の表面構造に与える低温プラズマ処理効果についての知見を蓄積して来た。この結果、酸化物半導体の表面機能化にも低温プラズマ表面修飾が有用であるとの見通しを得た。平成13年度より、酸化物半導体である酸化チタンの環境浄化機能の改善を目的に、酸化チタン微粒子の低温プラズマ表面修飾の研究を開始した。

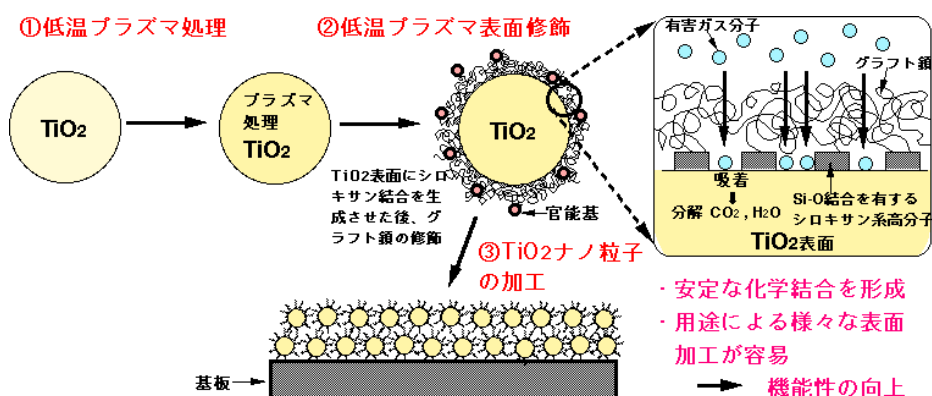
【プロセス】

低温プラズマ表面修飾による酸化チタン微粒子の環境浄化機能改善のアプローチが独創的かつ有効であると評価され、民間財団からの委託研究（H13～H14年度）及び科研費特定領域研究「光機能界面」の公募研究（H14～18年度）に採択された。酸化チタン微粒子表面に酸化ケイ素様多孔性極薄膜層を形成させ、その表面に目的の機能性有機分子をグラフトできることを明らかにした。この研究過程で、低温プラズマ表面修飾により酸化チタン微粒子表面に炭素ドーピングが起こることを初めて見出した。さらに科研費基盤研究（B）（H15～17年度）にて、低温プラズマ処理により酸化チタンへの窒素ドーピングが可能であり、可視光応答性が発現することを明らかにした。

【成果】

高感度可視光応答性光触媒を開発するための低温プラズマ表面ナノ構造制御技術の高度化への方向性を明らかにすることができた。現在、科研費基盤研究（B）及びJST委託シーズ発掘試験において酸化物半導体の低温プラズマ表面ナノ構造制御の高度化に取り組んでおり、高感度可視光応答性を示す新規光触媒の研究開発を進めている。表面ナノ構造制御は大気圧プラズマにおいても原理的に可能であるので、低コストの実用化が期待される。

また本開発研究は本科卒業研究、専攻科特別研究のテーマに取り上げており、独創的なアプローチによる高感度可視光応答性光触媒の開発を目的としているので、研究に取り組む学生のモチベーションが高く、これまでに学会研究発表で表彰された学生も出ている。



未利用資源の色素を利用した色素増感太陽電池の開発

電気電子工学科 湊 賢一

地域産業に根ざした研究事業の遂行

【要約】

1991年にスイスのローザンヌ工科大学のグレッツェル教授により報告された色素増感太陽電池はシリコン以外の材料を用いた次世代太陽電池として大きな注目が集まっている。しかし、光吸収材料（色素）として主に希少金属であるルテニウム錯体が用いられているため、資源的制約による価格高騰が問題になると予測されている。そこで本研究では、ルテニウム錯体に替わる色素として「未利用資源」に着目し、北海道・函館地区の水産業によって排出される水産系廃棄物（イカ）の色素（イカ墨）を用いた色素増感太陽電池の開発を試みた。

【きっかけ】

太陽電池用電極の研究を始める段階において、本校シーズ集を眺めていたところ、物質工学科上野教授が「天然黒色色素粒子の精製に成功！¹⁾」という記事を書かれていたのを発見したのがきっかけである。現在は、色素と太陽電池用電極の両面から、高い効率を有する色素増感太陽電池の開発について共同研究事業を行っている。

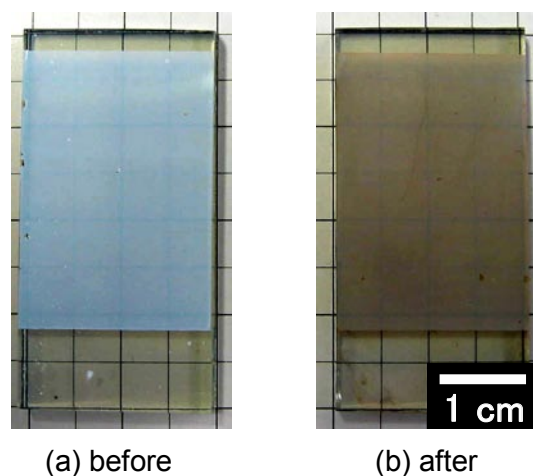
【プロセス】

函館高専（上野教授）と道立工業技術センターとの共同研究事業によって、単分散状態でのイカ墨粒子化が可能となる精製技術を確立した²⁾。精製されたイカ墨粒子を色素増感太陽電池に用いた際の特性評価や問題点に関して、定期的に打ち合わせを行い、共同研究事業を進めている。道立工業技術センターや北海道教育大学と協力し、色素や太陽電池としての特性評価実験を行っている。

【成果】

色素増感太陽電池にイカ墨を用いることによって、発電することが確認された。

これまで廃棄処理されていた材料に光が照らされる結果となった。しかしながら、ルテニウム錯体に替わる色素としては、まだまだ大きな課題が山積みである。光電変換効率についても、実用化には程遠い状態であるため、今後さらなる研究開発が必要である。



(a) before

(b) after

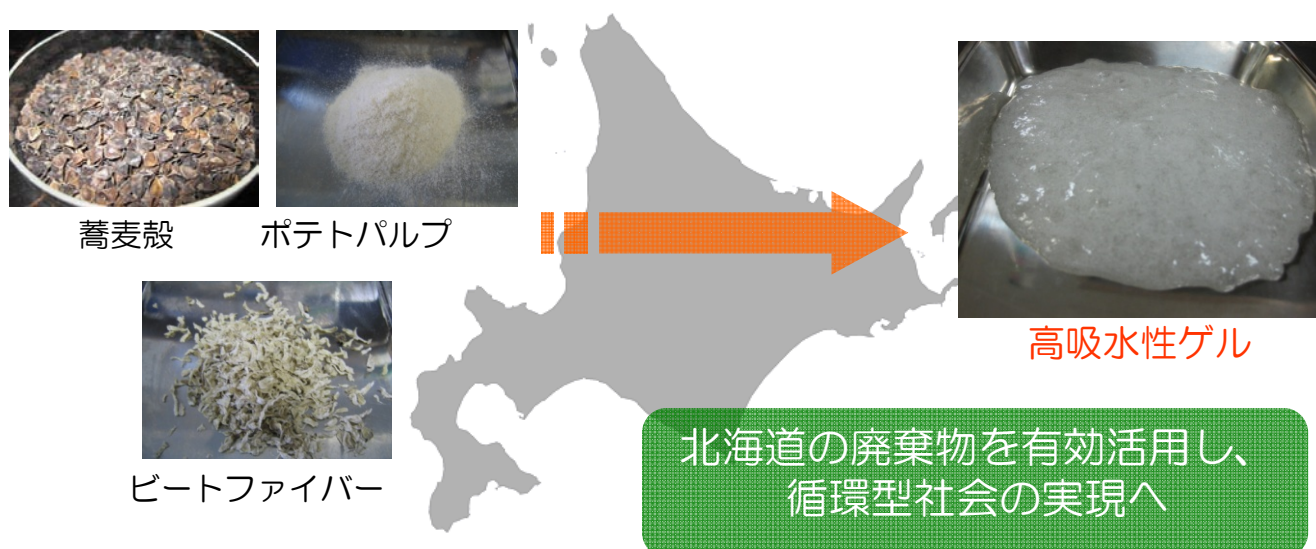
【文献】 1) 上野孝, 函館高専研究シーズ集, p.24(2007).
2) 上野孝他, 特開2009-46621.

Fig.1. Photographs of the TiO_2 thin film on the FTO glass (a) before and (b) after sepia dye immersion

生分解性を有する環境調和型高吸水性材料の開発

物質工学科 甲野 裕之

木質系廃棄バイオマスから高吸水性材料への変換技術開発



【要約】

環境に優しい吸水性材料の開発を目的として、北海道で排出される蕎麦殻、ポテトパルプ、ビートパルプ等の廃棄セルロース系バイオマスを主成分とする生分解性を有した高吸水性高分子材料の開発を行った。現在、賛同頂いた企業とのコラボレーションにより実用化を検討している。

【きっかけ】

平成19年度末、地元の環境コンサルティング企業である株式会社山口技研コンサルタントより、蕎麦殻を活用した材料開発の依頼を受ける。本研究室のシーズであるセルロース誘導体化技術による吸水性高分子化を応用することになった。

【プロセス】

共同研究により、蕎麦殻をターゲットに吸水性材料への変換法を検討。

その後、平成20年度 独立行政法人科学技術振興機構（JST）シーズ発掘試験の支援を受け、地元北海道への還元を念頭に置き木質系バイオマス全般へ適用できる技術へ発展させた。

【成果】

現在、本技術により自重の約300倍もの吸水性能を有する高分子材料を得ることができた。本材料は上市されている石油系（アクリル酸系）吸水性高分子とは異なり、生分解性を有し、環境に対する非毒性もない。しかし、吸水速度、保水性能等の技術的課題はまだ残っており、当初の目標である製品化に向け更なる研究開発を進めている。

木材糖化硫酸法(北海道バイオマス変換法)における硫酸回収の評価技術

電気情報工学科 土田 義之
物質化学工学科 千葉 誠

公設試との連携による環境評価技術の取り組み

【要約】

現在、有効な石油代替エネルギーとしてバイオエタノールが注目される。その原料の多くは食糧と競合し、世界規模での食糧危機を招く可能性がある。食糧と競合がなく、使われずに多量に存在する木材からのバイオエタノール生産が必要である。

北海道では、木質系バイオマス資源の廃材を豊富に得ることができ、バイオエタノール生産を行うには糖化とエタノール発酵のプロセスが必要となる。

本研究では、濃硫酸を用いて加水分解し単糖化を行う北海道法バイオマス変換技術の評価技術の検証を進めている。

【きっかけ】

北海道法では、木材の重量以上の硫酸を必要とするため、硫酸と糖を分離し、硫酸を濃縮し再利用する必要がある。

本研究は北海道林産試験場との連携により共同研究を進めており、多重化したイオン交換膜電気分解・透析装置を開発し、より電流効率のよい高濃度硫酸回収の評価について検証する。

【プロセス】

多重・多層化した電気分解・透析装置を作成(図1)し、内部に硫酸を入れ、電圧を印加する実験を実施。

表1は硫酸の濃度、電圧、時間の組み合わせを示す。

電気分解・透析実験後に滴定試験を行い硫酸の濃縮を確認する。

【成果】

図2は、30%硫酸、10V、1時間の実験の際の電流量-内部抵抗曲線である。

結果から、内部抵抗については装置一層時のデータと比較して予測よりも低くなる結果が得られた。

電流効率は30%硫酸、10V、1時間の実験では67.33%で一層時の41.24%のデータと比較すると向上がみられ、多重化の有効性を検証できた。

硫酸の濃縮は0.1~0.2mol/lの間で濃縮を確認することができた。

多重化した電気分解・透析装置による実験を行い、バイオエタノールプラントの実用化に向けた確認を検証することができた。

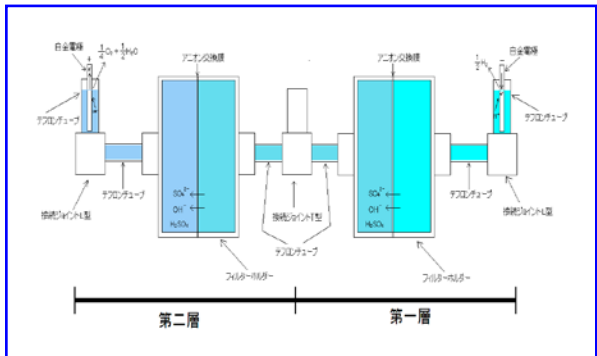


図1. 電気分解・透析装置

表1. 硫酸の濃度、電圧、時間

	硫酸濃度	電圧	時間
1	30%	10V	1時間
2	30%	10V	2時間
3	30%	15V	1時間
4	40%	10V	1時間
5	40%	15V	1時間

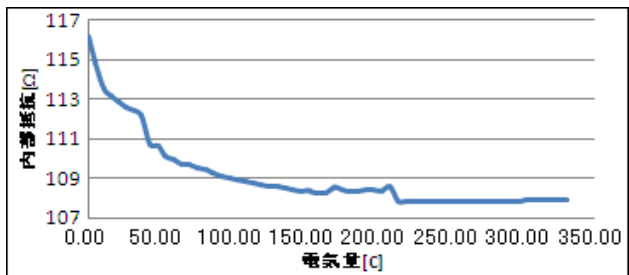


図2. 電流量-内部抵抗曲線

お問い合わせ先
氏名: つちだ よしゆき
連絡先電話番号: 0166-55-8017
電子メールアドレス: tsuchida@asahikawa-nct.ac.jp

マイクロ波加熱特性を利用した高品位な炭素材料の作成と応用

物質化学工学科 宮越 昭彦

高品位な炭素材料を安価・迅速に作成する方法の開発

【要約】

電子レンジを改造したマイクロ波発振装置とマイクロ波を集中印加させる加熱炉を組合せた装置により、高品位な活性炭を作成する技術を考案した。製作費用が10万円程度の装置により、焼成時間が40分程度で、市販活性炭を超える色素吸着能や電磁シールド性（簡易テスターによる）をもつ炭素材料を作成することができる。

【きっかけ】

市内の企業から廃ふとん綿の有効利用について相談を受け、活性炭素繊維として再利用する研究に着手した。加熱媒体としてのマイクロ波特性に着目し、市販の電子レンジを改造した簡易な装置により、「高品位な炭素材を手早く作成する方法の開発」を目指して試行を重ねてきた。ここでの高品位とは活性炭の吸着作用を担っている細孔や炭素表面に対してより機能的な条件を保持させた活性炭であることを指す。本法で作成した活性炭は表面積が大きく、細孔の開口性が高いことに加えて、タール等の残渣が極めて少ない清浄な表面をもつ特徴がある。

【プロセス】

本研究はマイクロ波の熱伝播性と加熱炉の輻射熱を同時に利用することが特徴である。活性炭の利用は多岐にわたることから、本研究の実用化に向けての活路は環境浄化材（水圏や大気圏、室内）や触媒、電極材、さらには電磁波シールド材など多方面にある。

現在、企業や大学、公的機関にPRしながら活用法を探っている。これまでに共同研究あるいは試験的評価を依頼した部署とその内容を示す。

- 豊橋技術科学大学：マイクロ波加熱で作成した炭素材の細孔形状評価と触媒作用
- 長岡技術科学大学：種々の条件で作成した活性炭素と水素吸着性能の評価
- 旭川市内A社：汚濁河川水に対する凝集効果および清澄作用の評価
- 山口県宇部市経済部：宇部市バイオマスタウン構想（竹炭の性能評価と差別化）

【成果】

細孔評価等の基礎データを集めながらも、これまでの要素研究的な位置付けから一段上を目指し、より付加価値の高い炭素材を作成するために「炭素材と金属種を融合させた素材の製法」を検討している。水素吸着能や触媒性能などの特徴的な作用や応用を見出したいと考えている。

【装置外観と吸着性能】



中央は加熱処理後の炭化綿
右は赤ワイン色素の吸着試験の様子
(本法で作成した炭化綿は透明に脱色できる能力がある。)

お問い合わせ先
氏名:みやこし あきひこ
連絡先電話番号:0166-55-8045
電子メールアドレス:miyakosi@asahikawa-nct.ac.jp

農業系廃棄物の有効利用を図る「RHSカーボン」の開発

制御情報工学科 穴戸 道明

農工連携による環境調和型高性能材料の創成

【要約】

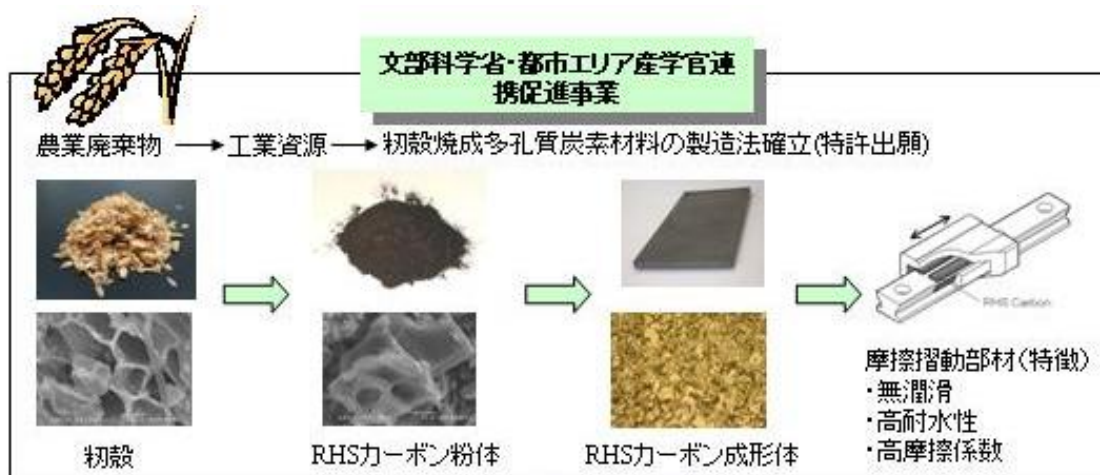
籾殻を用い、バイオマス工業材料やエコマテリアルとしてのキーコンセプトを持つ籾殻焼成多孔質炭素材料「RHSカーボン(Rice Hull Silica Carbon)」の開発を行った。本素材は、籾殻の持つ独特な構造や成分構成を利用し、天然素材が有するユニークな特性を生かした独創的な機能性材料であり、摩擦摺動部材をはじめ、多くの分野で実用化が検討されている。

【きっかけ】

『日本有数の米どころ』、山形県の地域農産資源である稲作は、収穫と同時に非食部である籾殻などの農業系廃棄物も多く発生する。この焼却などで自然還元に頼られている籾殻の工業資源化を行い、廃棄物の有効利用を図ることを目指した。

【プロセス】

本研究は、山形大学大学院理工学研究科飯塚研究室が文部科学省・都市エリア産学官連携促進事業にて基盤技術を確立した。現在では、この時の共同研究グループの枠組みによって継続的に取り組まれている。



【成果】

セラミック状に加工したものは、無潤滑、高耐水性、高摩擦係数というコア・コンピタンスを確立し、工業用摺動エレメントや食品、医療分野など幅広いアプリケーションが検討・実用化されている。

さらに高分子化合物と複合材料化を図ることにより、補強性や導電性を付与するフィラーとして、静電、導電性市場や電磁波吸収体など、幅広いアプリケーションの創成やニッチ市場での活用を検討中である。

海岸漂着漁網と農業廃棄物の複合化による地域資源の発掘

物質工学科 佐藤 司

漂着漁網のプラスチック化および米粉殻 (RH) との複合材料の製造と評価

- 【要約】**
- ・ 漁網をPP, PE樹脂として再利用。RH粉碎物との複合材料の製造。
 - ・ 現在セラミックス材料に用いられる炭化処理RHとの比較を行った。
 - ・ もみ殻に炭化処理を与えずとも所要の機械的性質を維持することが分かった。

- 【きっかけ】** 【海岸機能の劣悪化】
- ・ 海岸に漂着するプラスチックや漁網、ロープ等の堆積。回収・処理が困難、微粒子化し自然界へ拡散。



- 【農業廃棄物の有効活用】
- ・ 籾殻、稲わら、米ぬか・・・から付加価値の高い材料の開発を検討。

(山形県酒田市飛島海岸で撮影 H19.10.25)

両者の複合化によるリサイクル・環境保全型地域資源の発掘を目指す。

【プロセス】



魚網 (洗浄、裁断処理)



籾殻 (粉碎処理)

- ・ 漁網の処理、籾殻の処理を経て複合材料を製造。
- ・ 機械的性質の評価

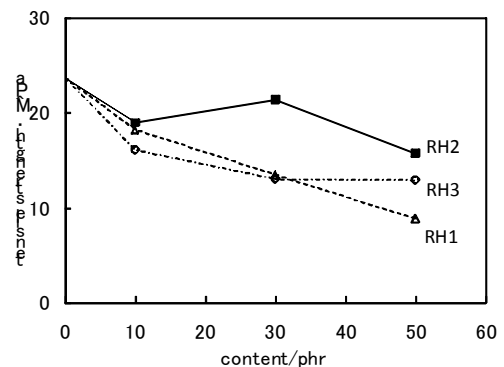


一軸スクリュウ混練機による複合化



複合材料のペレット化

- 【成果】**
- 粉碎処理を行い、RH1よりもさらにサイズの小さいRH2は炭化処理物 (RH3) と同等以上の引っ張り強度を与えた。これにより、RH処理の時間とコストの削減が図られる。



植物を原料とした環境調和型ELID研削加工用砥石の開発

電子制御工学科 長谷川 勇治

環境汚染・廃棄物の植物を工業製品に変え・自然に戻す

【要約】

理化学研究所・茨城大学・新世代加工システム(株)・三和油脂(株)・富士ダイス(株)の協力のもと、環境・材料に優しい砥石としてメタルレス砥石の開発を行っている。シリコンウエハや金型などの精密鏡面研削が可能なELID研削加工法とこの環境調和型メタルレス砥石の融合により、高品位な加工面の創成を目指している。

【きっかけ】

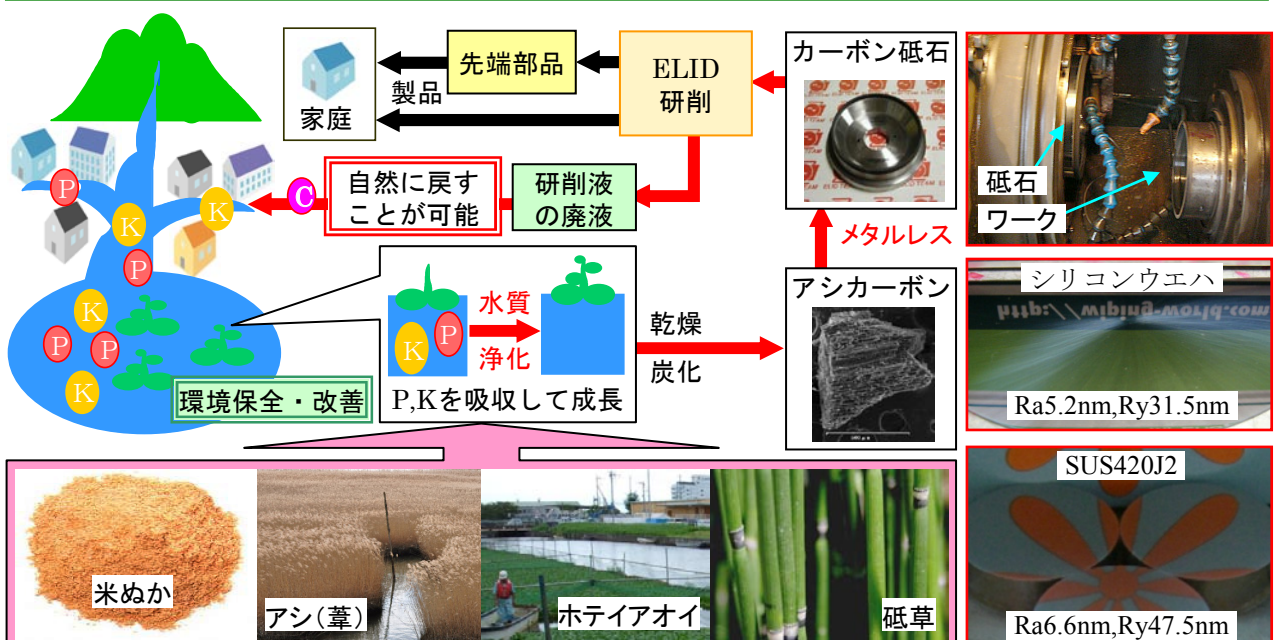
山形大学・三和油脂(株)では、米ぬかを原料とした炭素材料『RBセラミックス』を開発した。このRBセラミックスは軽量でありながら、高強度、高硬質、低摩擦、優れた耐摩耗性を示し、摺動材や防滑材などとして利用されている。本研究では、茨城県の地の利を活かし、さらにバイオマスやカーボンオフセットなどを考慮し、水質浄化を目的として栽培されているホテイアオイやアシなどの植物を原料とした環境・材料に優しい砥石として、メタルレスのカーボン砥石の開発を行った。

【プロセス】

採取した植物を三和油脂(株)にてカーボン化させ、富士ダイス(株)にて砥石の製作を行った。茨城大学と共同で加工実験を行い、その加工特性等の評価を理化学研究所にて行う。

【成果】

産官学の連携により、アシを原料とした#1200カーボン砥石を用いてロータリー平面研削を行った結果、シリコンウエハをRa5.2nm、SUS420J2をRa6.6nmという高品位の加工が可能となった。今後は実用化を目指して、カーボン化条件の検討および微細砥粒砥石での加工などを行う予定である。



低環境負荷型吸着材料の開発

物質工学科 小川 和郎

【要約】

共同研究『キチン・キトサンおよびデンプンを利用した高選択的吸着材料の開発』の成果から、課題点であった“成形性”をセルロースによって解決した。セルロースの成形性、シクロデキストリンの高吸着性および両者に共通の低環境負荷性を組み合わせることで、低環境負荷型の吸着材料の開発を実現した。この技術は綿糸にも有効であったことから、セルロース系廃棄物の新規再利用法としても期待ができる。

【きっかけ】

“鳥取県から新しい技術シーズを発信しよう”を合言葉に、米子高専の若手教員2名と県内企業1社で『キチン・キトサンおよびデンプンを利用した高選択的吸着材料の開発』という共同研究をスタートさせた。

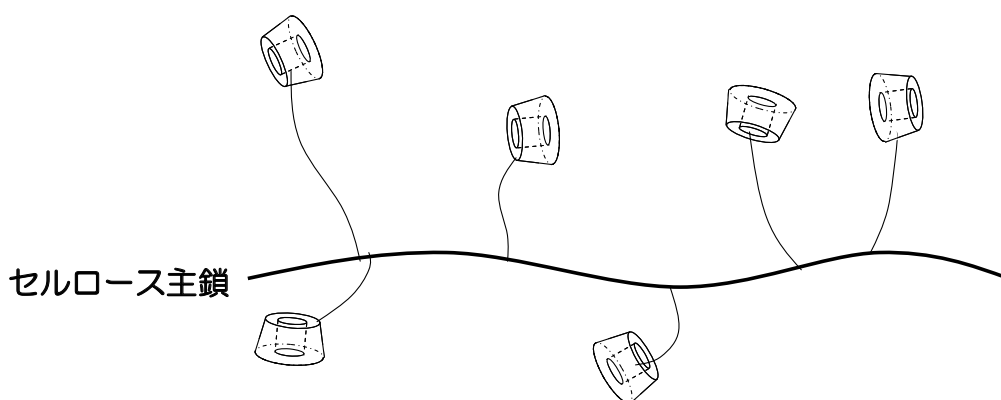
【プロセス】

キチン、キトサンあるいはデンプンにシクロデキストリンを導入した吸着材料は環境負荷が小さく、高い吸着性能を示したことから実用化が期待されたが、水中での成形保持力に劣る等の欠点が残った。そこで、セルロースにシクロデキストリンを導入した吸着材料を新たに開発し、最適な合成条件を確立するとともに成形性の改善を試みた。

【成果】

セルロースを用いることで、吸着性能を低下させることなく成形性のみを向上させることができた。また、セルロースを綿糸に変えても高い吸着性能を示したことから、この技術はセルロース系廃棄物の再利用としても期待ができる。

シクロデキストリンは高価であることから、コスト削減につながる合成条件の見直しや、吸着材料の再利用法など、実用化に向けて最終調整中である。



柔軟性をもつ「フォトレジスト材」の開発

物質工学科 山崎 博人

地元企業ニーズを実践教育の中で対処して生まれた新規レジスト材

【要約】

地元中堅企業のニーズを学生の研究テーマとして取り組んだ。実践的教育を実施する中、フレキシブル基盤上への微細加工が可能な柔軟性をもつフォトレジスト材を開発することができた。

【きっかけ】

山口県は全国で1、2位に相当する化学工業材料を製造している。この中で、明和化成(株)は液晶テレビなどのパネル等作成時に使用するフォトレジスト材において世界30%のシェアを占める地元中堅企業であり、平成18年度から宇部高専物質工学科 山崎研究室と共同研究を進めている。特に、平成19年度以降、共同研究テーマを次世代のレジスト材の開発へと主眼を移し、柔軟性を有するレジスト材の開発に着手することになった。

【プロセス】

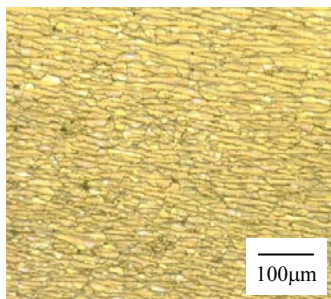
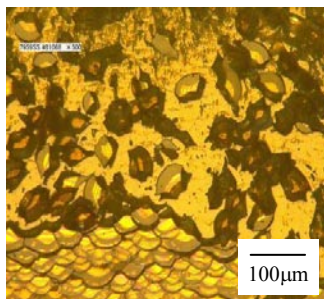
高専側がフォトレジスト材の合成を、企業側が物性評価をそれぞれ担当して共同研究を進めた。高専では卒研究生及び専攻科生を併せた2～3名が本研究開発チームの一員として取り組んだ。



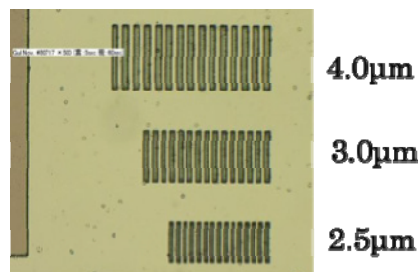
月例ミーティングの一場面

【成果】

柔軟性を有するフォトレジスト材として、新規クレゾールノボラック樹脂の開発に成功した。この樹脂は折曲げ面が飛散することなく、優れた柔軟性をもち、かつ、90%以上の高い残膜率を維持しつつ、 $2.5\mu\text{m}$ 迄レジストパターンを微細に描画できるなど、リソグラフィ特性が実用域に達していた。本共同研究の中で、毎月ミーティングを開催し、進捗状況や課題抽出の確認を行うなど、学生らは活きた実践教育を体得できた。



塗布膜の折曲による柔軟性の検討(×500)
(左:飛散した従来品、右:開発品)



高い描画能を示す開発品
(エッジ幅が右の数値に該当)

【共同特許出願】

○山崎博人, 石口康治*, 古本貴久*(所属: * 明和化成(株)) (2008年特許出願済)
○PCT外国特許出願予定

循環型社会形成推進科学事業

土木工学科 前野 祐二

各種廃棄物焼却灰を主原料とした環境低負荷型混合セメントの開発

【要約】

ごみ焼却施設から排出されるごみ焼却灰、石炭火力発電所から排出される石炭灰、廃石膏ボードから分離した石膏、牛の屠蓄危険部位をBSE対策として800℃以上で燃焼した焼却灰を主原料として、建設資材の混合セメントを開発する。

【きっかけ】

焼却灰の有効利用を長年研究を行い、焼却灰の硬化性能や石炭灰による重金属等の溶出防止を明らかにするとともに廃棄物処理業者から石膏の有効利用を技術相談、牛の危険部位焼却灰の有効利用の技術相談を受け、これら廃棄物の活用を研究し、この混合セメントの開発に至った。

【プロセス】

本研究は環境省循環型社会形成推進科学研究費補助金を受け、鹿児島県環境技術協会、東京工業大学、明星大学との共同研究として実施している。現在、M市、S市と木質バイオ焼却灰を原料として、焼成をしない、混合粉碎だけで混合セメントを作製し、水と混合セメントを混合・締固め・養生でコンクリートを作製する。作製したコンクリートの各種強度試験を実施している。

【成果】

本研究は、平成8年から継続しておこない、現在の混合セメントの開発に至った。これまで、多くの卒業研究学生が参加し、研究成果を挙げてきた。特に平成15年に初期の混合セメントで作製したインターロッキングを本校専攻科棟の渡り廊下車道部に敷設した。図1に示すように現在でも損傷がなく、本研究で作製したコンクリートの耐久試験の貴重な実施例となっている。

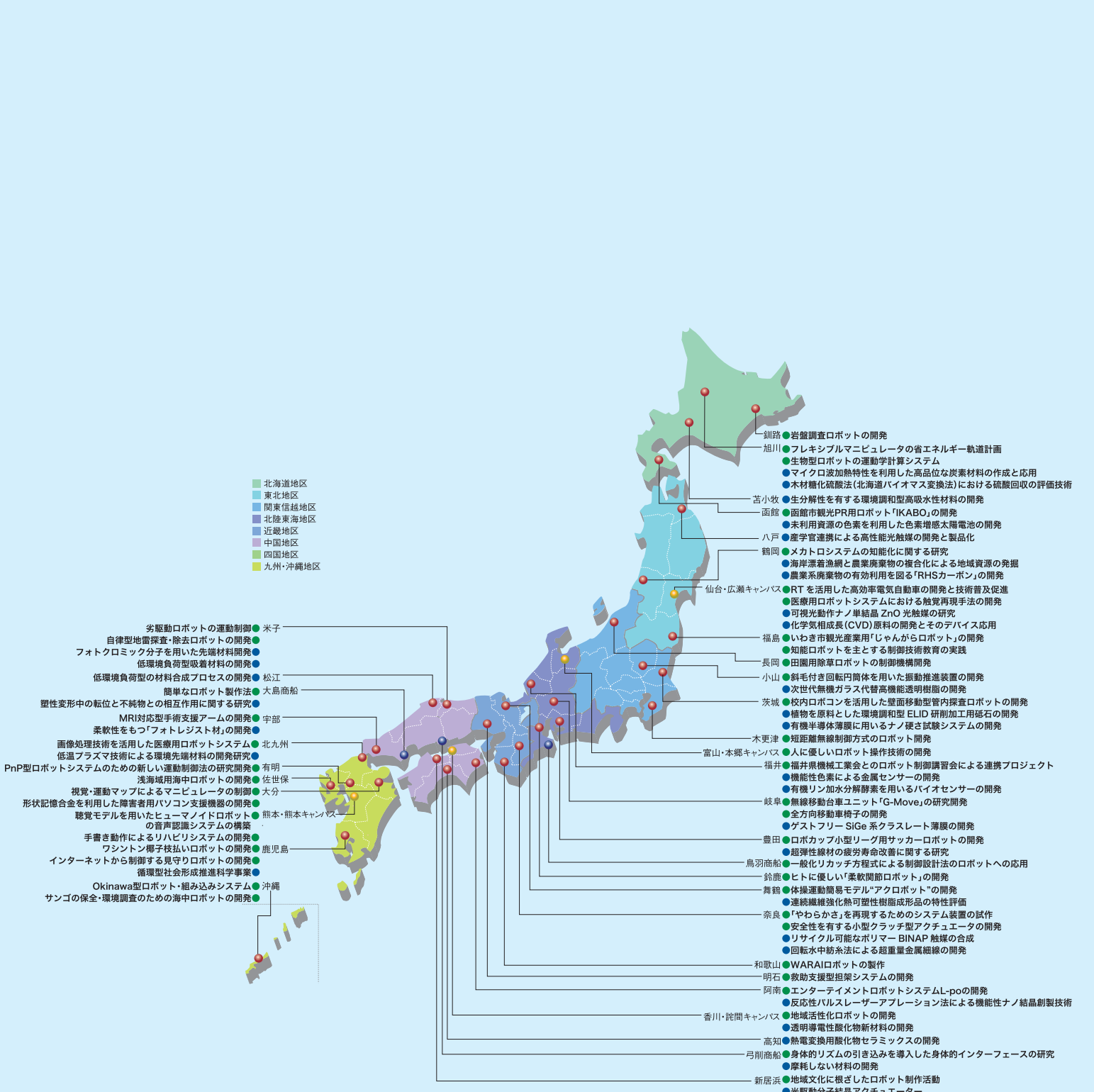


図1 車道部に敷設したインターロッキング

インターロッキング、積み石ブロックなどを作製し敷設して耐久試験を行うとともに、再生品の最大可溶量試験やpH依存試験を行い、いかなる環境にも安全であることを明らかにしている。また、海洋での耐久試験も実施している。

さらに、本研究のコンクリートの炭酸ガス吸着性能など着目すべき特徴が明らかになる。

以上のように資源循環型社会を形成することを目的に廃棄物のリサイクルへの貢献を目指す。



- 北海道地区
- 東北地区
- 関東信越地区
- 北陸東海地区
- 近畿地区
- 中国地区
- 四国地区
- 九州・沖縄地区

- 劣駆動ロボットの運動制御 ● 米子
- 自律型地雷探査・除去ロボットの開発 ● 米子
- フォトクロミック分子を用いた先端材料開発 ● 米子
- 低環境負荷型吸着材料の開発 ● 米子
- 低環境負荷型材料合成プロセスの開発 ● 松江
- 簡単なロボット製作法 ● 大島商船
- 塑性変形中の転位と不純物との相互作用に関する研究 ● 宇部
- MRI対応型手術支援アームの開発 ● 宇部
- 柔軟性をもつ「フォトレジスト材」の開発 ● 宇部
- 画像処理技術を活用した医療用ロボットシステム ● 北九州
- 低温プラズマ技術による環境先端材料の開発研究 ● 北九州
- PnP型ロボットシステムのための新しい運動制御法の研究開発 ● 有明
- 浅海域用海中ロボットの開発 ● 佐世保
- 視覚・運動マップによるマニピュレータの制御 ● 大分
- 形状記憶合金を利用した障害者用パソコン支援機器の開発 ● 熊本・熊本キャンパス
- 聴覚モデルを用いたヒューマノイドロボットの音声認識システムの構築 ● 熊本・熊本キャンパス
- 手書き動作によるリハビリシステムの開発 ● 鹿児島
- ワシントン椰子枝払いロボットの開発 ● 鹿児島
- インターネットから制御する見守りロボットの開発 ● 鹿児島
- 循環型社会形成推進科学事業 ● 鹿児島
- Okinawa型ロボット・組み込みシステム ● 沖縄
- サンゴの保全・環境調査のための海中ロボットの開発 ● 沖縄

- 釧路 ● 岩盤調査ロボットの開発
- 旭川 ● フレキシブルマニピュレータの省エネルギー軌道計画
- 生物型ロボットの運動学計算システム
- マイクロ波加熱特性を利用した高品位な炭素材料の作成と応用
- 木材糖化硫酸法(北海道バイオマス変換法)における硫酸回収の評価技術
- 苫小牧 ● 生分解性を有する環境調和型高吸水性材料の開発
- 函館 ● 函館市観光PR用ロボット「IKABO」の開発
- 未利用資源の色素を利用した色素増感太陽電池の開発
- 八戸 ● 産学官連携による高性能光触媒の開発と製品化
- 鶴岡 ● メカトロニクスの知能化に関する研究
- 海岸漂着漁網と農業廃棄物の複合化による地域資源の発掘
- 農業系廃棄物の有効利用を図る「RHSカーボン」の開発
- 仙台・広瀬キャンパス ● RTを活用した高効率電気自動車の開発と技術普及促進
- 医療用ロボットシステムにおける触覚再現手法の開発
- 可視光動作ナノ導体 ZnO 光触媒の研究
- 化学気相成長(CVD)原料の開発とそのデバイス応用
- 福島 ● いわき市観光産業用「じゃんがらロボット」の開発
- 知能ロボットを主とする制御技術教育の実践
- 長岡 ● 田園用除草ロボットの制御機構開発
- 小山 ● 斜毛付き回転円筒を用いた振動推進装置の開発
- 次世代無線ガラス代替高機能透明樹脂の開発
- 茨城 ● 校内ロボットを活用した壁面移動型管内探索ロボットの開発
- 植物を原料とした環境調和型 ELID 研削加工用砥石の開発
- 有機半導体薄膜に用いるナノ硬さ試験システムの開発
- 木更津 ● 短距離無線制御方式のロボット開発
- 富山・本郷キャンパス ● 人に優しいロボット操作技術の開発
- 福井 ● 福井県機械工業会とのロボット制御講習会による連携プロジェクト
- 機能性色素による金属センサーの開発
- 有機リン加水分解酵素を用いるバイオセンサーの開発
- 岐阜 ● 無線移動台車ユニット「G-Move」の研究開発
- 全方向移動車椅子の開発
- ゲストフリー-SiGe系クラスレート薄膜の開発
- 豊田 ● ロボカップ小型リーグ用サッカーロボットの開発
- 超弾性線材の疲労寿命改善に関する研究
- 鳥羽商船 ● 一般化リッチ方程式による制御設計法のロボットへの応用
- 鈴鹿 ● ヒトに優しい「柔軟関節ロボット」の開発
- 舞鶴 ● 体操運動簡易モデル「アクロロボット」の開発
- 連続繊維強化熱可塑性樹脂成形品の特性評価
- 奈良 ● 「やわらかさ」を再現するためのシステム装置の試作
- 安全性を有する小型クラッチ型アクチュエータの開発
- リサイクル可能なポリマー-BINAP触媒の合成
- 回転水中紡糸法による超重量金属細線の開発
- 和歌山 ● WARAIロボットの製作
- 明石 ● 救助支援型担架システムの開発
- 阿南 ● エンターテインメントロボットシステムL-poの開発
- 反応性パルスレーザーアブレーション法による機能性ナノ結晶創製技術
- 香川・詫間キャンパス ● 地域活性化ロボットの開発
- 透明導電性酸化物新材料の開発
- 高知 ● 熱電変換用酸化セラミックスの開発
- 弓削商船 ● 身体的リズムの引き込みを導入した身体的インターフェースの研究
- 摩擦しない材料の開発
- 新居浜 ● 地域文化に根ざしたロボット制作活動
- 光駆動分子結晶アクチュエーター

■お問い合わせ先

独立行政法人国立高等専門学校機構 知的財産本部
 〒108-0023 東京都港区芝浦3-3-6 キャンパスイノベーションセンター4F
 TEL.03-5484-6286 FAX.03-3453-7023 URL <http://www.kosen-k.go.jp/>

