

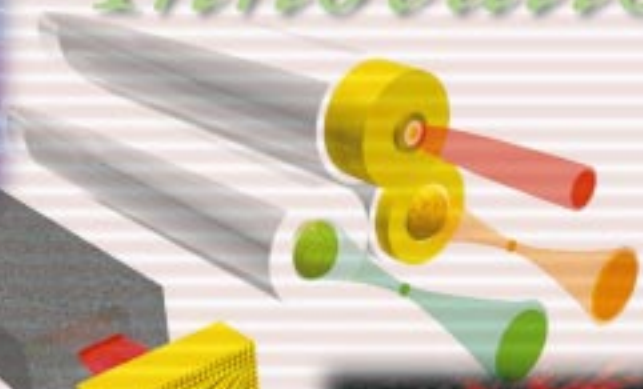
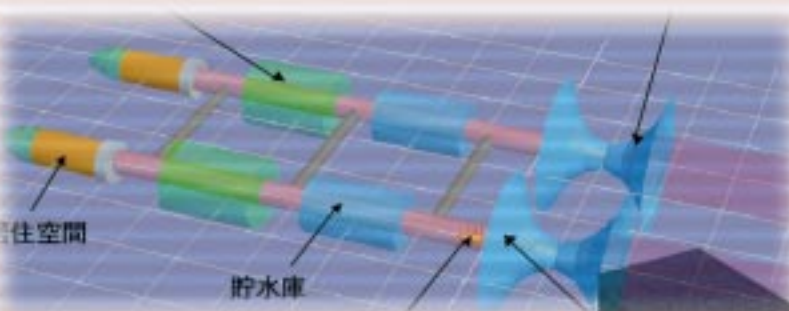
北大 工学シーズ集 Vol.4

Seed Technology from the Graduate School of Engineering, Hokkaido University

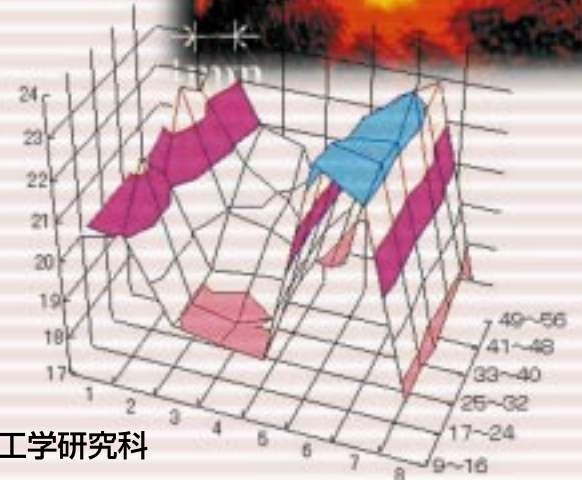
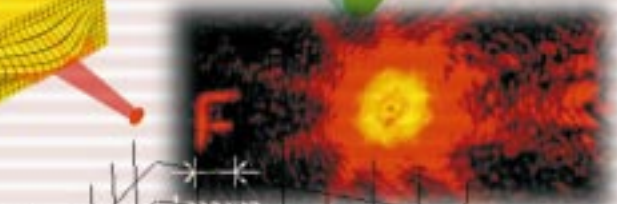
Imagination



Innovation



Inspiration



連携推進部を設置

平成18年10月1日、工学研究科に連携推進部が設置されました。この連携推進部は、地域連携や社会連携に向けた研究を一層推進し、リエゾン機能の基盤強化を図るためのものです。専攻、研究室、教員単位で、学内、学外等の機関や組織と連携した研究活動を支援し、研究科内のシーズ発掘や企業等とのマッチングを行います。連携推進部は現在、連携推進ディレクターとして、山脇教授（省庁担当）と奈良林助教教授（企業担当）が担当しています。部員には、早川産学連携係長、浪塚研究協力係長が兼務しています。2人のディレクターが中心となって、右図にある業務を進めて行きます。

これらの事業内容に関することならどのようなことでもお気軽に連携推進部（連絡先：総務課産学連携係）へご相談ください。

（連携推進部）



#06-02-01

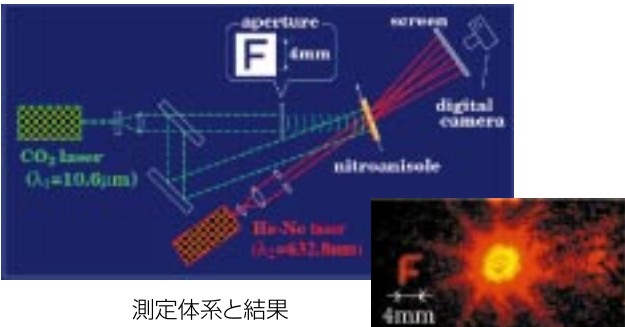
中赤外ー可視コンバータを利用した中赤外画像の計測システム

量子理工学専攻 光・波動応用計測工学講座
榎戸 武揚・富岡 智

<http://tyche.qe.eng.hokudai.ac.jp/index.html>

波長10μm程度の中赤外域の光は光子のエネルギーが小さいため、その計測には冷却が必要となり、可視域のように高空間分解能の画像センサーはない。われわれは、熱レンズ効果を有する有機液体材料を用いて、中赤外光像を可視光に対する屈折率分布に変換し可視光像を読み出すシステムを確立した。このシステムは冷却を必要とせず、現在のところ空間分解能10line-pairs/mm、立ち上がり時間10msを達成している。

応用例：プラズマ計測、医用計測など



測定体系と結果

#06-02-02

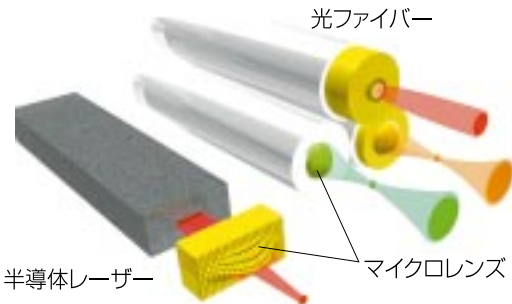
自己整合型マイクロレンズ

応用物理学専攻 固体量子物理工学講座 田中 啓司・斎藤 全

<http://brilliant-ap.eng.hokudai.ac.jp/index-j.html/>

特殊ガラスの感光現象を用いて、微小光源（半導体レーザーや光ファイバーなど）から射出する光を収束するマイクロレンズを、その光自体の照射で作ることができる。自己整合型なので、光源に対するレンズの（光軸）位置合わせは全く必要ない。可視光や赤外光に対して、レンズから10μmから無限大の任意の位置に光を収束させることができる。

応用例：微小光源用レンズ素子、光通信帯域伝送用
レンズアレイ（光ファイバー束）



半導体レーザーおよび光ファイバーと一体化マイクロレンズ（用途に応じて屈折率分布型（右上）と凸型レンズ（同下）が選べる。）

#06-02-03

鉛筆サイズの 小型分光偏光計

応用物理学専攻 光波動量子物理工学講座 岡 和彦

<http://www.eng.hokudai.ac.jp/labo/photonic/index-j.html>

独自に開発したチャンネル偏光計測技術を用いると、従来法では不可欠であった回転偏光素子や電気的な偏光変調素子などが一切不要となり、偏光光学系から電気配線を排除できる。このため、小型、高速、完備、低コスト、かつ高安定な偏光計測系を実現できる(特許出願中)。

応用例：光学材料の偏光特性評価、リモートセンシング、ロボットビジョン、医用計測など



鉛筆サイズ小型分光偏光計



一体型撮像偏光計(偏光カメラ)

#06-02-05

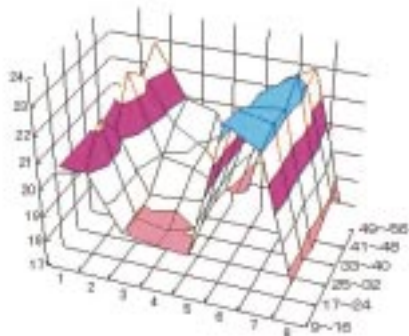
パルス中性子を用いた 透過画像撮影

量子理工学専攻 応用量子ビーム工学講座 鬼柳 善明

<http://jukebox.qe.eng.hokudai.ac.jp/contents/study.html>

中性子は透過力が強く、水素などの軽い元素をうまく見ることができる。パルス中性子を用いて透過イメージをとることによって、非破壊的に内部のものをみられるだけではなく、材料内部の結晶構造の乱れ、組織変化に関する情報が得られる。

応用例：物体内部の透視、水素貯蔵合金内の水素の分布や結晶構造変化、ストレスがかかった材料の結晶構造の乱れの測定など



折曲げた鉄材で観測された2次元面の結晶構造の乱れ(高さが結晶の乱れの大きさを示す。空間分解能は現状最高約0.7mm)

#06-02-04

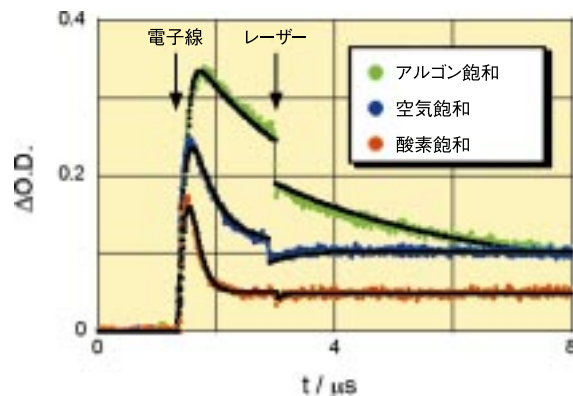
電子線・レーザー逐次 多重照射システム

量子理工学専攻 応用量子ビーム工学講座 住吉 孝

<http://ikasu.qe.eng.hokudai.ac.jp/>

高エネルギー電子線を物質に照射して、ラジカルイオンやフリーラジカルを高濃度に発生させ、それらをレーザーで励起することにより、基底状態では起こらない分子内および分子間の新しい反応を誘起することができる。本システムでは、反応機構や速度論をナノ秒の時間スケールで直接観測し、解析することが可能である。

応用例：新規および高選択性反応の開発など



励起フリーラジカルの反応に対する酸素の効果(キサンテニルラジカルの例)

#06-02-06

医療用 放射線検出素子の開発

量子理工学専攻 応用量子ビーム工学講座 金子 純一

<http://www.hucc.hokudai.ac.jp/~q16646/>

医療応用を主要な最終ターゲットとして各種シンチレータや化合物半導体、さらに高品質ダイヤモンド単結晶の合成とそれに基づく放射線検出素子の開発を行っている。結晶合成は主に浮遊帯溶融(FZ)法合成装置やチョクラスキー法合成装置を使用し、ダイヤモンドの合成にはμ波プラズマCVD合成装置を使用する。これらの装置を用いて合成した結晶を自前で切断・研磨等の加工を施し性能評価を行っている。

現在、企業と共同で結晶大型化と医療応用を目指しており、この他の材料候補についても、企業との共同研究を歓迎する。

応用例：PET装置、SPECT装置、X線CT装置、医療照射用線量計、非破壊測定装置など



FZ法で合成したGPSシンチレータ(PET用に市販されているGSOシンチレータの2.5倍以上の発光強度をもつ結晶の合成に成功)

#06-02-07

イオンスパッタによる ナノレベル平滑化

量子理工学専攻 プラズマ理工学講座 日野 友明

<http://apollo.qe.eng.hokudai.ac.jp>

100nmの凹凸を持つ多結晶銅に対して、独自に開発したイオンスパッタ法により、凹凸を20nmまで低減できる方式を開発した。図に原子間顕微鏡で観たイオン照射前後の凹凸を示している。この方法を用いれば、反応性イオンを使用せず、製作プロセスで真空を破ることなく半導体やMEMS等のナノスケール加工ができる。

応用例：半導体導体の超微細加工、MEMSの超微細加工、その他、電子部品、生体機器等の微細加工



#06-02-08

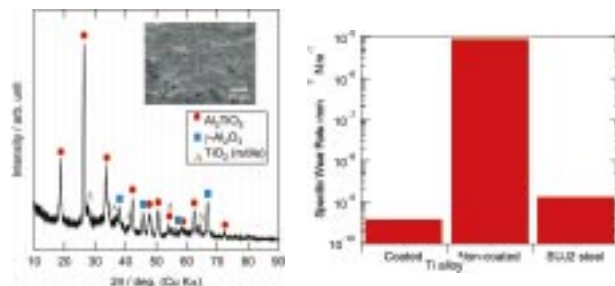
スパーク陽極酸化によるチタン合金 への耐摩耗性コーティング

物質化学専攻 機能材料化学講座 幅崎 浩樹

[http://elechem1-mc.eng.hokudai.ac.jp/
NewElechemLabo/ElechemHome.html](http://elechem1-mc.eng.hokudai.ac.jp/NewElechemLabo/ElechemHome.html)

水溶液中における陽極酸化により、耐摩耗性に乏しい軽量チタン合金に結晶性のよい硬質セラミックコーティングを施すことができる。これにより高温コーティングプロセスを利用できないチタン合金の耐摩耗性を大幅に改善できる。生成する酸化膜の絶縁破壊に伴う火花放電の熱を利用して高結晶性酸化物膜を形成する(特許出願中)。

応用例：自動車エンジン用バルブスプリング等



コーティングの
XRDパターンとSEM

コーティングを施す前後の
Ti-15V-3Al-3Sn-3Cr合金と
耐摩耗性に優れたSUJ2鋼の
摩耗速度の比較

#06-02-09

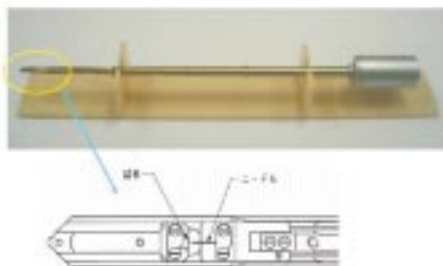
ナノメカニクス 接合解析装置の開発

量子理工学専攻 ナノ材料科学(協力講座) 柴山 環樹

<http://www.caret.hokudai.ac.jp/LQECM/index.html>

ガス冷却高速炉用先進材料の接合特性を評価できるピエゾ素子駆動型ナノメカニクス接合解析装置を開発した。実機環境を模擬し破壊の様子を超高圧電子顕微鏡にてその場観察できる。本装置は、電源開発推進対策特別会計法に基づく文部科学省からの委託研究として、国立大学法人北海道大学が実施した平成17年度「ガス冷却高速炉用先進材料のナノメカニクス接合解析技術の開発」の成果である(特許出願中)。

応用例：先進原子力材料の評価、構造材料接合部分の健全性評価、ナノ材料の機械的特性評価



ナノメカニクス接合解析装置

#06-02-10

溶融金属燃料の 噴出挙動に関する研究

エネルギー環境システム専攻

エネルギー生産・環境システム講座 杉山 憲一郎

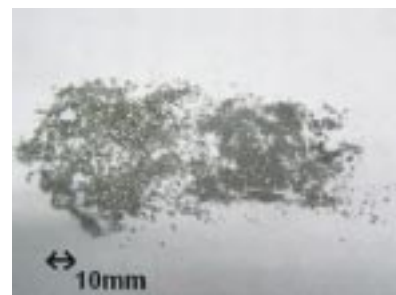
http://nms.qe.eng.hokudai.ac.jp/nuclear_safety/

本研究室では、液体金属冷却高速炉の安全性向上に寄与するための研究を行っている。高速炉において仮に燃料が溶融した際、溶融燃料が分散・破碎することが安全性の観点から望ましい。燃焼末期の事故を想定した場合、溶融燃料は泡状で噴出するため、泡状溶融燃料を模擬するための実験装置を開発し、模擬物質を用いた泡状溶融金属の噴出挙動や破碎挙動の解明を行っている。

応用例：泡状金属や金属微粒子の作成



泡状金属作成装置



金属微粒子

#06-02-11

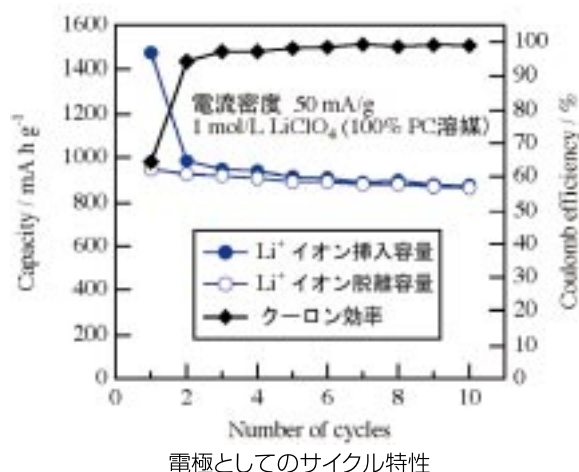
高容量で安価なリチウムイオン二次電池用負極素材

物質化学専攻 機能材料化学講座 金野 英隆

<http://am2-mc.eng.hokudai.ac.jp/index.html>

発泡ウレタンに液状シリコンを含浸して加熱硬化したものを前駆体とし、アルゴン中1200～1300℃で熱処理すると、黒鉛の2倍以上のLi⁺イオン挿入脱離容量を持つSi-C-Oガラス状化合物が得られる。PC溶媒を使用できるという利点もあるので、第1サイクルの不可逆容量を減らすことができれば、リチウムイオン二次電池の負極材料として有望である。

応用例：リチウムイオン二次電池（特許出願中）



#06-02-12

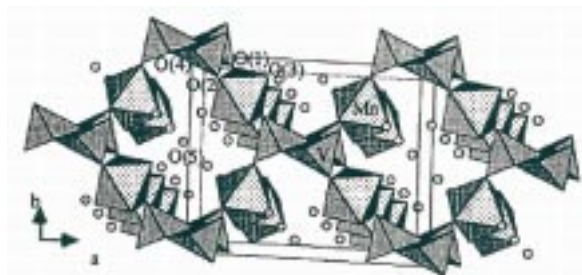
大きなトンネル状細孔をもつリチウムイオン電池用複遷移金属酸化物

物質化学専攻 無機材料化学講座 吉川 信一

<http://rose.hucc.hokudai.ac.jp/~q16641/>

リチウムイオン電池用の電極材料として、高い充放電容量と大きな繰り返しサイクル数を併せ持つ酸化マンガンを探求して、層状酸化マンガンNa_xMnO₂の層間にV⁵⁺イオンが層間を支える柱としてインタカレーションする反応を調べるうちに、直径約6 Åのトンネル上の細孔を結晶構造中にもつMnV₂O₆・4H₂O多孔体の生成することを見出した（特許出願中）。

応用例：リチウムイオン電池電極材料、酸化還元能を持つ不均一触媒、分子ふるい、吸着剤等



MnO₄(OH₂)₂:八面体、VO₅:ピラミッド、○:酸素
MnV₂O₆・4H₂Oの結晶構造

#06-02-13

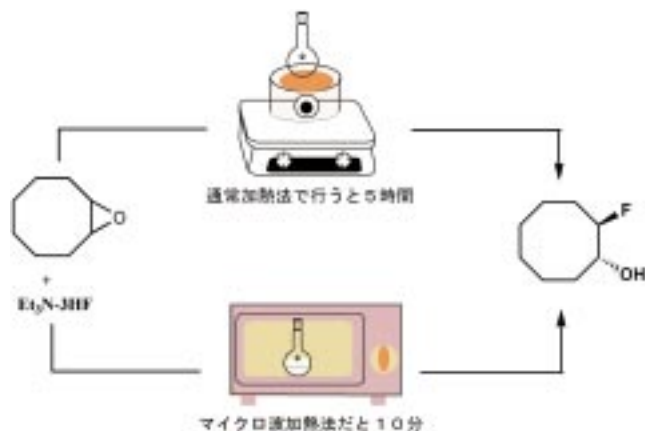
マイクロ波を利用した有機合成—有機フッ素化合物の省エネ合成

有機プロセス工学専攻 有機工業化学講座 原 正治

<http://org-mc.eng.hokudai.ac.jp/index-j.html>

有機合成をマイクロ波照射下で行うと通常の加熱法より反応時間を著しく短縮でき、有機溶媒を必要としない優れた省エネルギー、省資源プロセス法となる。マイクロ波法は、フッ素化合物の合成にも利用できる。エポキシドの開環フッ素化反応を通常加熱法で行うと数時間必要とするが、マイクロ波加熱法では数分で終了する（下図）（特許出願中）。

応用例：医農薬・機能性材料（液晶物質）の製造



マイクロ波加熱による有機フッ素化合物の合成促進

#06-02-14

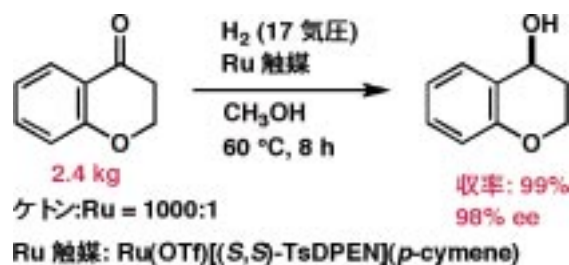
アレーンRu錯体触媒を用いる4-クロマノン類の不斉水素化

有機プロセス工学専攻 有機工業化学講座 大熊 毅

<http://os-cp.eng.hokudai.ac.jp/index.html>

光学活性アレーンRuトリフラート錯体を用いることにより、4-クロマノン類の高エナンチオ選択的水素化に成功した。他の手法では合成困難な4-クロマノール類が、両鏡像体ともに定量的に、最高98%の鏡像体過剰率で得られる。本反応は操作性にも優れ、キログラムスケールの反応にも適用できる。生理活性物質の合成で実用化が期待される（特許出願中）。

応用例：医薬、香料などの合成プロセス



4-クロマノン類の実用的不斉水素化

#06-02-15

ゼオライトナノ結晶積層水分離膜と反応・分離触媒膜

有機プロセス工学専攻 化学工学講座 増田 隆夫・多湖 輝興

<http://cp1-ms.eng.hokudai.ac.jp/>

ゼオライトの単分散ナノ結晶を合成する方法を開発した。この結晶を積層した膜は耐酸性が極めて高く、90%以上の濃酢酸や含酸素有機物質水溶液から水を選択的に分離する。また、ナノ結晶積層反応・分離触媒膜はサーマルショックに耐久性を有し、逐次反応の中間体選択生成を可能とする(特許出願中)。

応用例：水分離用蒸留塔補助型脱水膜、コンタクター型逐次反応中間体選択生成触媒膜



ゼオライトの60nm前後の単分散ナノ結晶



ゼオライトナノ結晶積層反応・分離膜

#06-02-16

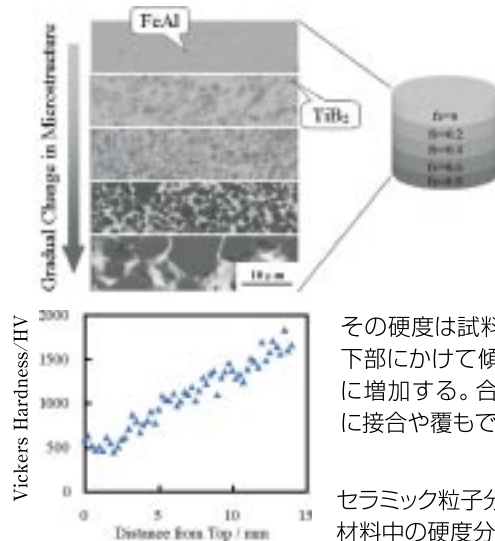
セラミック粒子分散傾斜機能材料の燃焼合成

材料科学専攻 マテリアル設計講座 松浦 清隆

<http://www.eng.hokudai.ac.jp/labo/MSESC/>

元素粉末の混合比を段階的に変えて作った圧粉体を約700℃まで加熱すると瞬時に燃焼合成反応が起こり、TiB₂系セラミック粒子が傾斜組成的に変化しながらFeAl母相中に分散した金属材料が得られる(特許出願中)。

応用例：硬質耐磨耗材、掘削用ドリル、泥水用ポンプ、摺動部品、部材



#06-02-17

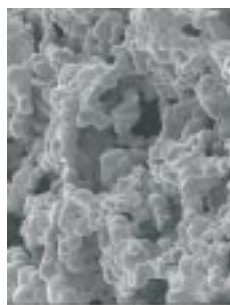
廃乾電池焙焼残渣原料を用いた多孔体セラミックスの作製

物質化学専攻 無機材料化学講座 高橋 順一

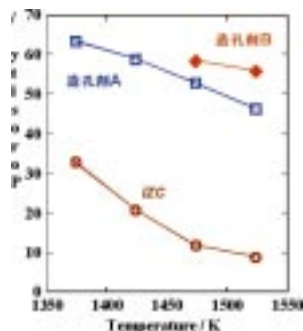
<http://imc-mc.eng.hokudai.ac.jp>

亜鉛とマンガンの酸化物を主成分とする廃乾電池再生原料の有効利用の一環として機能性セラミックスを開発した(特許出願中)。再生粉末に成形助剤や水を加えて混練・熟成した後、さらに造孔剤(農産物またはその廃棄物)、焼結助剤を加えて目的の形状に成形・乾燥する。1100~1250℃で焼成することによって、1~500μmの細孔径、30~80%の気孔率を有するセラミックス多孔体となる。

応用例：微生物利用排水浄化担体、排ガス浄化用セラミックスなど



代表的な細孔構造SEM写真



焼成温度に伴う気孔率変化

#06-02-18

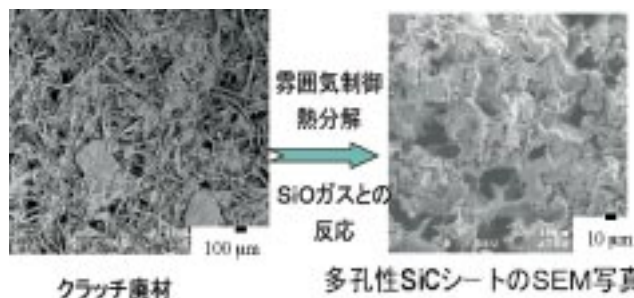
クラッチ廃材からのシート状SiCの作製

物質化学専攻 無機材料化学講座 嶋田 志郎

<http://www.kotai4-ms.eng.hokudai.ac.jp/kotai/index.html>

自動車に使用されるクラッチの厚紙(シリカ系粘土鉱物、セルロース繊維、炭素繊維にフェノール樹脂を含浸した複合紙)から、クラッチサイズの大きさにくり抜いた後に残った廃紙をクラッチ廃材と言い、毎月130トンも廃棄されている。このクラッチ廃材の雰囲気制御熱分解とSiOガスとの反応プロセス(1500℃)とを組み合わせることで、廃材からそのシート形状を維持したまま高強度、高硬度の多孔性SiCシートを作製する(特許出願中)。

応用例：都市ゴミ焼却炉SiCレンガの補強・補修材、高温排ガス用フィルター



#06-02-19

先端的な湿式比重選別機の開発 —分けるのは訳無い?!—

環境循環システム専攻 廃棄物資源工学講座 恒川 昌美

<http://mp-er.eng.hokudai.ac.jp/indexjp.htm>

本研究室で開発した湿式比重選別機(TACUB Jig)は、世界の多数の主力炭鉱で高品質の石炭を選別するのに活躍している。この選別機を廃棄物の資源化・リサイクルや汚染環境の浄化に応用するため、種々の基礎研究を展開し、多くの実用化技術を開発。現在、濡れ性の差を利用して、比重差が無いものを分離できるハイブリッドジグ、水より軽いものを選別できるリバースジグなどを開発中(特許出願中)。

応用例： 廃コンクリートからの骨材回収、各種シュレーダダストからの有価物回収、鉛汚染土壌からの鉛粒子除去など



選別前
選別後
プラスチックの選別
(緑:PE、赤:PVC)

建設中のASR
リサイクルプラント

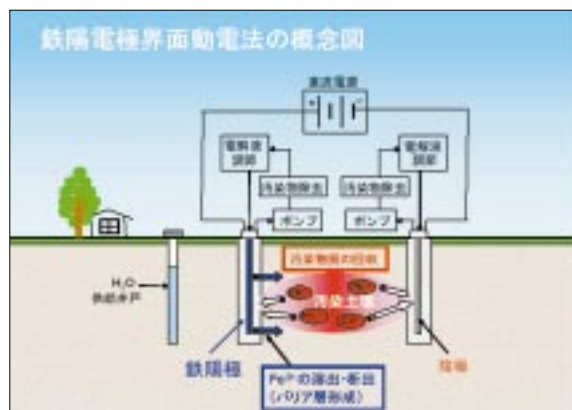
#06-02-21

鉄陽電極界面動電法による 環境修復

エネルギー環境システム専攻
エネルギー生産・環境システム講座 小崎 完・佐藤 正知<http://nms.qe.eng.hokudai.ac.jp>

重金属等によって汚染した土壌に対して、鉄電極を土壌に直接差し込み、電流を流す環境修復法を考案した。この手法では、イオン移動によって汚染物質が電極近傍で回収される一方で、陽極から溶け出た鉄イオンが土壌中で析出し、その後の汚染物質の移行を遅延するバリアとして機能する(特許取得済)。

応用例： 土壌汚染に対する環境修復、汚染の固定化



#06-02-20

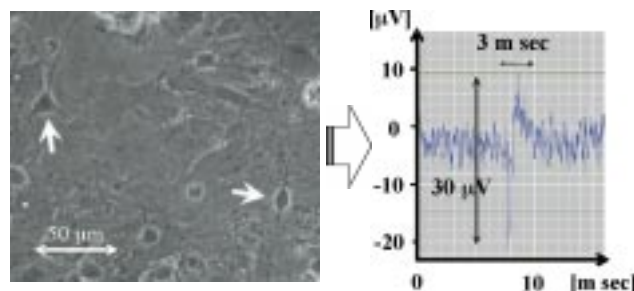
細胞の凍結保存技術 の開発

応用物理学専攻 凝縮系物理工学講座 内田 努

<http://www.eng.hokudai.ac.jp/labo/bio/bio.html>

生物の基本単位である細胞を生きたまま凍結できれば、冷凍食品から再生医療に至るまで応用範囲は大変広がるだろう。現在精子等の凍結保存法は開発されているが、生物の中核である神経細胞や心筋細胞などは開発途上である。これらの細胞の自発的な電気活動を観測しながら、凍結保存技術を開発している。また、水の構造化が細胞の活動・生存に及ぼす影響やメカニズムを研究している。

応用例： 食品の冷凍・低温保存など



凍結保存後、再び培養された
神経細胞(白矢印)。
非凍結の細胞と同じ形状である。

左図の神経細胞において
測定された自発発火信号。

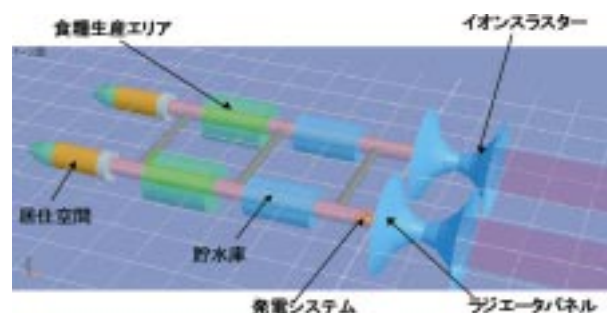
#06-02-22

外惑星宇宙船用 エネルギーシステム

エネルギー環境システム専攻
エネルギー生産・環境システム講座 奈良林 直・島津 洋一<http://shima3.qe.eng.hokudai.ac.jp/member.html>

火星や木星・土星などの外惑星を探索することが近未来の具体的な計画となって米国で開発が着手された。外惑星や深宇宙では太陽光が弱まり、地球軌道に帰還するまで往復数年間の長期にわたる航行のエネルギー源は原子炉が最適である。そこでナトリウム冷却の高速炉に直結した多数のシリンダーヘッドを有するスターリングエンジン発電システムを採用し、600℃に加熱して実験中である。

応用例： スターリングエンジン発電システム



外惑星探査用大型宇宙船の概念図

#06-02-23

超高EGR・低酸素ディーゼル燃焼

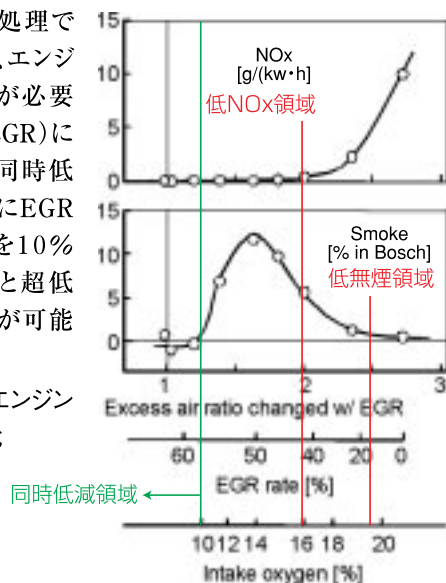
エネルギー環境システム専攻 応用エネルギーシステム講座
小川 英之・首藤 登志夫・李 鉄

<http://mech-me.eng.hokudai.ac.jp/~netsu2/>

ディーゼルエンジンは50%に迫る高熱効率のパワースourceとして幅広く利用されているが、微粒子やNO_xの排出が問題になっている。

これらは排気系の後処理での浄化が困難なため、エンジン本体における低減が必要であり、排気再循環(EGR)による微粒子とNO_xの同時低減を試みた。図のようにEGRにより吸気酸素濃度を10%以下まで低下させると超低NO_xのまま無煙燃焼が可能になる。

応用例：ディーゼルエンジンの排気浄化



EGRによる微粒子とNO_xの同時低減領域

#06-02-24

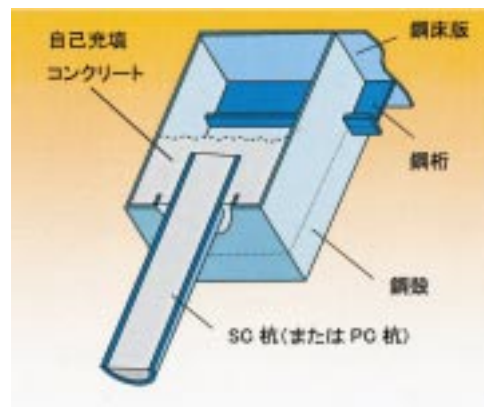
合理性を追求した複合ラーメン構造接合部の開発

環境創生工学専攻 社会基盤施設管理工学講座 上田 多門・古内 仁

<http://www.kozo.eng.hokudai.ac.jp/~maintenance/>

本構造は、力学特性、経済性、施工性、維持管理性を合理的に追及して考案したものであり、中小規模の複合ラーメン橋の接合部に適用するために開発された。従来構造に比べて、寸法が小さくなるとともに、鋼殻内の鉄筋、シアコネクタ等がほとんど配置されていないところに特徴がある(特許出願中)。

応用例：橋梁、覆道、海洋・港湾・建築構造物



新たな複合構造接合部

#06-02-25

複雑ネットワークのモデリングとその数理解析

応用物理学専攻 量子物性工学講座 矢久保 考介

<http://subutu-ap.eng.hokudai.ac.jp/>

物質世界や生命体、さらには社会における様々な複雑ネットワークの構造を実際に調べてみると、平均ノード間距離が全ノード数の対数に比例していたり、次数分布がべき乗則に従うなど、種類の異なるネットワークの間に驚くべき共通性があることが解ってきた。そこで、複雑ネットワークを数理モデル化し物理学の手法を応用することによって、多様なネットワークの諸性質を統一的に理解し、ネットワーク効率化のための一般的指針を与えるべく理論的な研究を行っている。

応用例：効率的ネットワーク



単純なランダム・ネットワーク



ハブ構造を有するスケールフリー・ネットワーク

質的に異なる二種類の複雑ネットワーク(100ノード)



◆連絡先◆

国立大学法人 北海道大学大学院 工学研究科 研究企画事務室

TEL:011-706-7571 (直通・平日9:00~17:00)

FAX:011-706-7895 E-Mail:KenKyou@eng.hokudai.ac.jp

HP:<http://www.eng.hokudai.ac.jp/graduate/>

◆発行◆

国立大学法人 北海道大学大学院 工学研究科 研究企画室

◆印刷◆

東洋印刷株式会社

【おことわり】 本誌記事・写真・イラストなどの無断転載・複製は固くお断りいたします。