

むきざい、NOW

NIRIM
National Institute for Research in Inorganic Materials

科学技術庁
無機材質研究所

MAY 2000 **No.181**

[特集]

平成12年度 新グループ・ステーション・ プロジェクト・特別研究紹介

CONTENTS

- 特集
平成12年度 新グループ・ステーション紹介
- 1 平成12年度のスタートに当たって
 - 2 第5研究グループ
 - 3 超高压カステーション
新プロジェクト
 - 4 「微量でも危険なダイオキシン類の浄化を目指して」
 - 5 欠陥制御ダイナミックスによる光機能化
新特別研究
 - 6 微粒子を並べてつくる光を操る結晶
 - 7 ニュース
 - 7 編集後記

平成12年度のスタートに当たって



総括無機材質研究官
加茂陸和

無機材質研究所では研究グループの解散再編成およびステーションの研究計画の見直しに当たっては、所内で研究課題の募集を行い、提案された課題について研究所外部からの2名の委員を含む内部評価委員会において多面的に検討し、その意見をもとに所長によって課題の採択が行われることになっています。また特別研究を含めたプロジェクト研究については12名の産官学各界からの有識者による外部評価委員会による評価を受け、その評価結果をもとに研究の推進を図ることになっています。

平成12年度の2研究グループの解散再編成に当たっては3件の研究課題の提案があり、また超高压力ステーションの研究計画の見直し提案も行われました。内部評価委員会では、1. 必要性和波及効果、2. 関連研究の世界的水準での位置付け、3. 研究の独創性や問題意識等研究内容や年次計画の妥当性、4. 当研究所としての妥当性等を中心に検討し、委員の意見をもとにそれぞれの提案課題について検討結果をまとめました。その結果、グループ研究としては次ページで紹介される「多孔質珪酸塩に関する研究」のみが採択され、前年度で解散したガラスに関する研究については、セラミックス分野での重要性を考慮して1年間調査研究を行い、再度課題募集を行うこととなりました。また超高压力ステーションについては新研究計画が採択され、次の5年に向けて研究のスタートを切りました。

プロジェクト研究については、新たに「欠陥制御ダイナミクスによる光機能化研究」、「ミレニアム有害化学物質除去触媒の探索・創製研究」および特別研究として「光機能粒子性結晶の創製に関する研究」を開始することといたしました。

ここでは紹介いたしません、昨年度から開始した所長特命による独立研究として、今年度は新

しく5テーマが採択され、3～5年の研究期間で推進されることとなっています。

今年度から新たに採択された研究課題について紹介をいたしました、研究内容など詳細については次ページ以降の各研究課題の案内をご覧ください。これらの研究の推進を通して社会への貢献を目指す所存でございますので、一層のご指導ご鞭撻のほどよろしくお願い申し上げます。

第1研究グループ	蛍石型酸化物 MO ₂
第2研究グループ	銅族複合カルコゲナイド Cu-M-X
第3研究グループ	サイアロン Si-M-Al-O-N
第4研究グループ	酸化亜鉛基化合物 ZnO-M _x O _y
第5研究グループ	多孔質ケイ酸塩 M _x Si _y O _z
第6研究グループ	希土類オルソアルミネート RAIO ₃ , ただし R: La-Lu, Y及びSc
第7研究グループ	チタン・ルテニウム基化合物 Ti ₁ Ru _n X _n
第8研究グループ	スズ・チタン酸塩 A _x (Sn, Ti)O _n
第9研究グループ	次世代ガラス素材 MO _x RX _y Glass
第10研究グループ	リン酸炭酸カルシウム Ca(PO ₄) _x (CO ₃) _y · nH ₂ O
第11研究グループ	高压安定超伝導体 MA ₂ Ca _{n-1} Cu _n O _{2n+3}
第12研究グループ	ホウケイ化イットリウム YB ₄₁ Si _{1.0}
第13研究グループ	定比ニオブ酸リチウム・タンタル酸リチウム LiNbO ₃ · LiTaO ₃

プロジェクト研究等

- [1] 新超伝導材料の研究開発
- [2] インテリジェント材料研究
- [3] SRを用いた研究及び施設整備の総合的推進
- [4] 超常環境を利用した新半導性物質の創製・材料化に関する研究 (COEプロジェクト第二期)
- [5] コンビナトリアルマテリアル科学技術研究
- [6] 超耐熱セラミックス研究開発
- [7] 欠陥制御ダイナミクスによる光機能化に関する研究
- [8] 有害化学物質除去触媒の研究開発
- [9] 無機材質特別研究
- [10] その他の研究

快適な住空間・水空間創出のための マイクロ空間制御材料

多孔質ケイ酸塩($M_xSi_yO_z$)



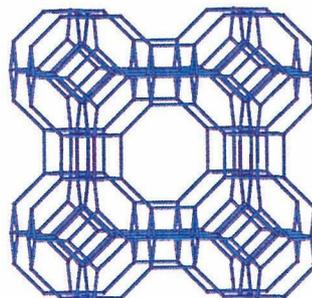
第5研究グループ
総合研究官 小松 優

無機または有機イオンに対して化学的に活性な多孔質ケイ酸塩は、地球環境の保全・浄化及び原子力平和利用に役立つことが期待されています。特に快適な水空間や住空間をつくり出すための環境に優しいマイクロ空間制御材料として注目されています。第5研究グループでは、それらの応用を視野に入れ、化学分離材料としてのイオン交換・吸着・触媒作用に着目した基盤的研究を進めます。

地殻中のケイ素存在量は酸素(46%)について27%を占めています。このケイ素を成分の一部とするケイ素化合物は、ガラス、粘土、多孔質ケイ酸塩などの形で存在しており、様々な機能を持っています。中でも多孔質ケイ酸塩は、細孔サイズの大きさにより異なったイオンや分子などを取り込む性質を持っており、大変興味深い物質です。それらは細孔サイズの大きさによりマイクロポア系(細孔サイズが2nm以下)、メソポア系(2-50nm)及びマクロポア系(50nm以上)の3種類に分類されています。第5研究グループではその多孔質ケイ酸塩を研究対象とし、化学分離材料としての基盤的研究を推進します。

具体的には、環境汚染物質ばかりでなく有用物質の捕獲に重点を置いた研究を推進します。マイクロポア系ケイ酸塩の代表的なものは、マイクロポア系の代表的物質としてはゼオライトという天然にも産出するケイ酸塩があります。一口にゼオライトと言っても現在数十種類知られており、それぞれが様々な性質を示します。この材料の代表的な用途としては、地球環境の保全・浄化を目指した水処理材や有害物質捕獲材の開発などがあります。本研究では、生活廃水中に多く存在する窒素系化合物やリン酸塩などの有害物質の捕獲を目指します。研究推進にあたっては、まず天然ゼオライトでそれらの有害物質の捕獲能力を調べます。さらにイオン交換能、吸着能などに着目した材料の本質を見極めるべく、代表的なマイクロポア系人工ゼオライトの一種である純粋なソーダライトの合成研究を行います。このソーダライト中に存在するナトリウムイオンは、他の金属イオンと置き換わる性質を持っていますので、銀イオンなどの有用金属の捕獲法や有害陰イオン吸着による除去法の確立を目指すつもりです。例えば、現在環境問題となっているヨウ素イオンの捕獲などが考えられます。マイクロポア系ケイ酸塩ではこれらのイオン捕獲が中心ですが、10年ほど前から細孔サイズを大きくしたメソポア系ケイ酸塩合成に関する研究報告が行われてきました。従来のマイクロポア系ケイ酸塩の細孔中では捕獲出来ないような大きい分子(例えばタンパク質)の捕獲が目的です。この研究分野は歴史が浅いため、再現性よく合成する事から始めなくてはなりません。また本材料は水を嫌う性質があるためデシケ

ーター中に保管しますが、それでも一定期間以上保管していると結晶構造が崩れ、メソポアサイズの細孔が消滅します。それらの基本的性質を十分に把握し、マイクロポア系材料では不可能であった大きいサイズの分子を選択的に捕獲する研究を行い、快適な生活空間創造を目指します。マクロポア系ケイ酸塩の代表的なものはシリカゲルで、乾燥剤などとして生活の中に入り込んでいる身近な物質です。近年、本研究グループ員等が、このシリカゲルを有機物質で修飾した疎水性ゲルを開発しました。この疎水性ゲルは、従来の層状構造無機イオン交換体には見られない分離能を持っています。即ち、隣接イオン間の性質(特にイオン半径及び価数)が似ており、従来分離が困難であった希土類金属イオン群の相互分離が可能になりました。予備実験では、従来の溶媒抽出法により得られている希土類イオン間の分離値を大きく上回る結果を得ています。希土類金属イオンの用途は多種多様ですが、特に発色現象にそれぞれ固有の性質を持っている事が注目されています。例えば、カラーテレビは赤色、青色、黄色の3色の組み合わせで作られていますが、この中の赤色はユーロピウムという希土類元素が利用されています。この元素を赤色の発色源として利用するようになって以来、カラーテレビの画面が鮮明になりました。また、近年マルチトレーサー平和利用研究が注目されています。マルチトレーサー法とは、金・銀等のターゲット金属にイオンビームを照射した際の核破砕反応により、アルカリ金属、アルカリ土類金属、遷移金属、希土類金属など多種類の元素の放射性同位体をつくり出す手法です。本研究ではそれらの研究により得られた多種類のトレーサーの中から、必要なトレーサーを取り出す技術の確立を目指します。目的に応じてトレーサーの種類を選択する事により、より精度の高いデータを取り出すことが可能となり、放射性医薬品や生体微量元素等の医学・環境・生物の分野において、トレーサーを用いた様々な新規実験系やガンマカメラなどの医療診断等への応用が期待されます。特に従来法では困難であった希土類金属イオン間の分離を、本研究グループでぜひ達成したいと思います。さらにこの研究を推進する事により、生物親和性付与による吸着・脱離反応の高度化、表面修飾技術等の幅広い生活者ニーズに応える応用研究への展開を目指しております。



環境汚染物質捕獲材
：ゼオライト

静的・動的超高压力発生システム 開発

新規高密度相の探索・合成・材料化



超高压カステーション
総合研究官 赤石 實

超高压力下の物理学・物質科学等の基礎科学の発展及び高硬度材料の合成・開発を行うために、静的・動的超高压力発生システムの開発と利用に関する研究を行います。関連研究グループと共同し、化学反応を利用してB-C-N-O系を中心に新物質の探索・合成を行うとともに、新高硬度材料開発を目指します。

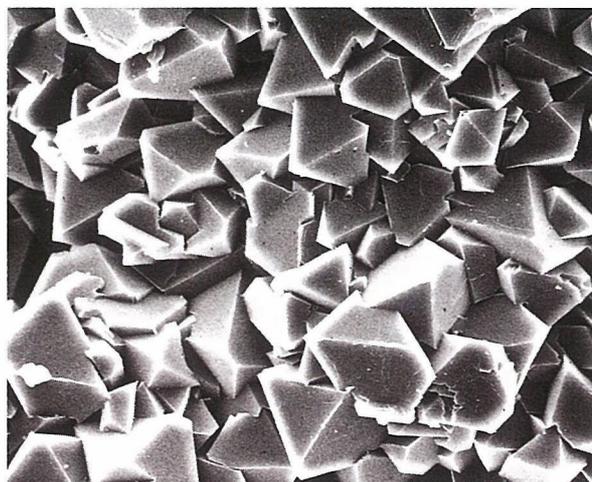
超高压力下の物性研究や合成研究は、新たな超高压装置の開発により、数多くの新しい研究成果を発信しながら発展してきております。発生圧力の拡大は、未知の現象・新たな相転移の発見、新物質の合成等を目的とする研究者にとって、極めて必然的かつ共通の研究課題であります。ステーションの研究成果の一例を挙げれば、6 GPaの超高压合成装置の発生圧力を8 GPaまで高めた結果、世界初のダイヤモンド合成以来懸案とされていた非金属触媒の発見、耐熱性ダイヤモンド焼結体の開発に成功したこと等です。

6期目を迎えたステーションでは、超高压力下の相転移や物質探索・合成研究を目的とするサブテラパスカルからテラパスカル（テラパスカル＝1千万気圧）領域の圧力を対象とする装置開発と材料合成を目的とする大容量試料空間に20 GPa（GPa＝1万気圧）までの圧力発生を目指すものに大別されます。前者はダイヤモンドアンビル（DAC）にレーザー加熱を組み合わせたDAC／レーザー装置と二段式軽ガス銃及びレーザー銃からなる衝撃圧縮装置です。後者はベルト型超高压合成装置に代表されるものであります。

従来の高压物性・合成研究を概観してみますと、圧力誘起の相転移を調べたり、相転移を利用した物質・材料合成等大部分の研究が、相転移を対象としております。超高压力下の新物質合成を一層発展させるためには、従来型の研究に加えて、

新たな観点からの合成研究が必要であると以前から考えておりました。その一つが超高压力下の化学反応を利用した物質合成であると思います。このような立場から超臨界状態の窒素を用いた元素との化学反応を利用した物質合成に着手し、BN系ナノチューブの合成等幾つかの興味ある研究結果が得られております。窒素流体のみならず、有機物の分解反応により生成したC-O-H流体を用いたダイヤモンド合成にも成功しております。図から明らかのように、合成したダイヤモンドは、天然のそれらと同等な八面体形状をしております。

静的及び動的超高压力装置の高度化と利用技術開発を行い、広範囲の超高压力条件下で、新しい物理現象、新たな相転移、化学反応を利用したB-C-N-O系の新高硬度物質合成、新物質や既存物質の高機能化による新高硬度材料開発に関する研究を行います。その結果、超高压下の基礎科学への貢献はもとより、従来からの懸案であるダイヤモンドや立方晶窒化ホウ素等の既存の高硬度物質に代わるB-C-N-O系新高硬度物質の創成が期待されます。



C-O-H流体相から結晶化したダイヤモンド

微量でも危険なダイオキシン類の浄化を目指して

有害化学物質除去触媒の探索・創製



第8研究グループ
総合研究官 渡辺 遵

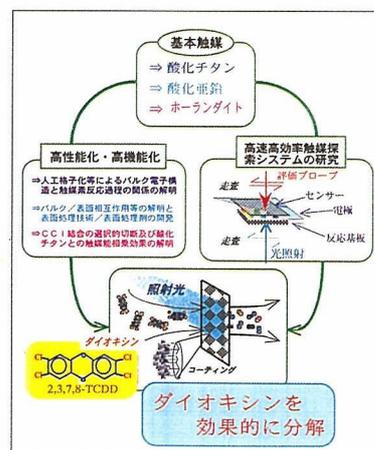
微量でも危険なダイオキシン等の有害化学物質を生活空間で捕捉し、分解・浄化するには光触媒が有効に利用できます。酸化チタン、酸化亜鉛、ホーランドイト型複合酸化物は、ダイオキシン類の分解・浄化に活用できる基本的な光触媒能を有します。弱点の克服や反応効率の改善により、身近に飛来するダイオキシン類を生活空間で効果的に除去できる触媒材料を開発します。

微量でも危険なダイオキシン類等の有害化学物質を効果的に分解、除去できる光触媒材料の開発を目指し、酸化チタン、酸化亜鉛、ホーランドイト型複合酸化物の触媒機能の高性能化、高機能化を図ります。また、これに伴い高速、高効率な触媒探索・評価手法の構築を目指します。具体的には以下の通りです。

ダイオキシン類には200種を越す仲間がいます。塩素の数や位置によってその毒性は大きく異なり、最も毒性が強いのは2,3,7,8-TCDD（テトラクロロジベンゾパラジオキシン、図中の押し絵を参照）で、その毒性は青酸カリの1万倍とされています。このように微量でも危険な化学物質の浄化については、大量発生源における効果的な除去に加えて、様々な原因で環境に放出されたものを生活空間で捕捉し、分解・除去することを考えなければなりません。後者については、光触媒反応により微量有害物質を生活空間で効果的に浄化できることが、酸化チタンによる防汚、防臭あるいは防菌効果などですでに示されています。本プロジェクトではダイオキシン類に対してそのような役割を果たせる光触媒材料の開発を目指します。

光触媒作用によるダイオキシン類の浄化には、二通りの方法が考えられます。

一つは完全に分解し二酸化炭素と塩素のようなものにする、他の方法はベンゼン環から塩素を剥ぎ取って無毒化することです。酸化チタンは前者の特徴を秘めており、現在実用的視点で最も研究されている光触媒材料ですが、未だ決め手になってはいません。酸化亜鉛も酸化チタンと類似の光触媒能を有することが期待されますが、光照射により自己溶解する欠点をもっています。一方、ホーランドイト型触媒は炭素-塩素結合を選択的に切断できる特徴を秘めています。即ち、ダイオキシン類について言えば、塩素を剥ぎ取り、無毒化する道筋です。本プロジェクトでは、有害な中間生成物の抑制や分解反応の高効率化に向けて上記基本触媒の高性能化、高機能化を図るとともにダイオキシン類の分解・浄化プロセスの具体的検討を行います。これらを円滑に進めるため、①ダイオキシン等を想定しモデル触媒反応により分解・浄化反応の評価及び反応機構の解析を行い、それに基づき②ダイオキシン類への適用と浄化プロセスや担体の開発及びデバイス化等を進めます。また、これらに伴い、触媒合成や評価に関する高速・高効率反応手法を開発します。以下に計画の概要を図示します。



有害化学物質除去触媒の探索・創製に関する研究概要図

欠陥制御ダイナミクスによる光機能化

実用を目指した光学用単結晶材料の開発



第13研究グループ
総合研究官 北村健二

広い分野で応用される誘電体単結晶の光機能は、物質中の外因性、内因性欠陥と密接に関係しており、それらにより劣化をおこす機能あるいは逆に欠陥の特異性を利用する機能などがあります。したがって、欠陥制御ダイナミクスの研究、すなわち物質中に導入される欠陥の構造と密度を制御することによって、高度に光機能化した材料の開発が期待できます。

光による情報伝達、情報処理、情報記憶、加工、センサー技術等の開発は急速な勢いで発展しており、これらの技術は21世紀におけるキーテクノロジーになることは間違いありません。特に、光情報技術では、近年の情報処理の爆発的な増大により、超高密度・超高速伝送技術あるいは超大容量メディアの開発が急務となっております。ここでは誘電体単結晶の波長変換機能、光変調機能、光記憶機能等の高度化、およびそれに用いる材料自身の開発が不可欠です。一方、このように広く応用が期待される誘電体単結晶の光機能は、物質中の外因性、内因性（真性）欠陥と密接に関係しており、欠陥制御ダイナミクスの研究、すなわち物質中に導入される欠陥の構造と密度を制御することにより、ニーズにかなう材料の光機能化を実現することができると期待されます。

本プロジェクトでは、ニオブ酸リチウムとタンタル酸リチウムを対象材料とし、単結晶育成およびその後の処理における欠陥導入ダイナミクスを研究し、より高度に機能化された単結晶を作成することを目標とします。また、光機能特性評価の標準化を通して、より優れた実用レベルの光機能材料開発を外部研究機関との連携、外部研究者の参画を通して、以下の項目について総合的に推進します。

①外因性欠陥制御に関する研究

るつぼ材の高純度化、粉末原料の高純度化に関する研究を行い、るつぼ材メーカー、原料メーカーとの連携による高純度化技術開発を推進します。

②単結晶育成技術の開発および高度化

原料供給システムを用いた二重るつぼ単結晶育成法の実用化をおこない、これを利用した精密組成制御により真性欠陥発生のダイナミクスと欠陥構造、密度制御に関する研究を行います。

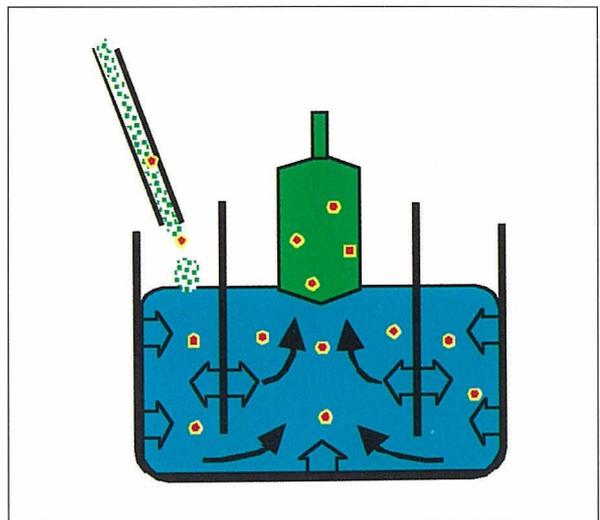
③材料・機能特性評価法の確立および標準化

光機能材料としての基本特性、性能特性等の評価法を検討し、標準化した評価法を確立します。

④光機能素子、システムの開発と実用化に関する研究

上記基礎研究の成果として得られる材料を、波長変換、光変調、光メモリーとしてデバイス化、システム化を図り、材料へのフィードバックをかけながら民間企業への技術移転、企業における実用化の支援を推進します。

これらの研究内容を平成12年度より5年間のプロジェクトとして推進します。



図：原料供給型二重るつぼ単結晶育成法

原料およびるつぼからの不純物（赤丸）混入、るつぼ内の物質移動等の制御を通して、育成単結晶の光機能を改善。

微粒子を並べてつくる光を操る結晶

光機能粒子性結晶



独立研究官
沢田 勉

微粒子を三次元的に周期配列させることにより、巨大な格子定数をもった「粒子性結晶」をつくることができます。その格子定数が光の波長と同程度であるとき、粒子性結晶は光と強く相互作用し、光を操る結晶となります。本研究では、そのような粒子性結晶の材料応用のキーとなる、単結晶作製法の開発を目指します。

物質材料の分野で結晶と呼ばれるものは、通常、原子や分子が三次元的に周期配列した固体のことです。そのような物質では、配列周期、つまり格子定数はオングストロームのオーダーであり、これはちょうど量子力学的波動としての電子の波長領域にあります。そのため、結晶の周期構造は電子と強く相互作用し、結晶内の電子の存在状態が結晶構造に大きく依存することになります。では、もし格子定数がもっと大きくなったらどうでしょうか。個々の原子・分子の代わりに、多くの原子・分子が集まってできた微粒子を構成単位として周期的に配列させるならば、格子定数の非常に大きな結晶をつくることができます。我々は、このような結晶を、従来の結晶と区別するために「粒子性結晶」と呼ぶことにしました。たとえばサブミクロン・サイズの直径をもつ球形の微粒子を最密充填して周期構造をつくると、格子定数もサブミクロンのオーダーにある粒子性結晶ができます。この格子定数は光の波長の領域と一致するので、結晶構造は光と強く相互作用することになります。宝石として知られるオパールは、そのような粒子性結晶の一つの例であると考えられます。

光の波長と同程度の格子定数をもった結晶はフォトニック結晶と呼ばれ、通常の結晶の中で電子がエネルギー・バンド構造を形成するのと同じよ

うに、フォトニック結晶の中では光子がエネルギー・バンドを形成します。そして、結晶中の電子の制御が今日の固体エレクトロニクスの基礎となったように、フォトニック結晶による光子の制御が、21世紀に出現するであろう光集積回路などの革新的なフォトニクス素子の基礎となることが考えられます。粒子性結晶は、フォトニック結晶として機能する新しい光材料となることが期待されるわけです。

材料科学の分野では、これまでに様々な機能性物質の結晶材料が開発されてきました。その歴史の中では、良質の単結晶を作製できるようになることが、材料開発や応用の進展のブレークスルーを与えてきた場合が少なくありません。同様のことが粒子性結晶においても成り立つでしょう。そのような観点から、我々は、これまでに蓄積されてきた単結晶作製の知識と技術を活用し、粒子性結晶について大型で良質の単結晶を作製する方法を追究して行きます。



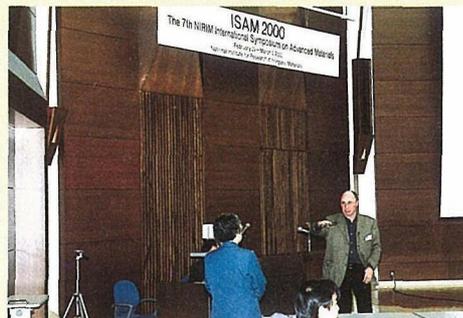
光をブラッグ反射して輝く人工オパール

◆ ニュース

■ 第7回先端材料国際シンポジウム (ISAM'2000) を開催

平成12年2月29日から3月3日までの4日間、湘南国際村センター（神奈川県葉山町）において、第7回先端材料国際シンポジウム (ISAM'2000) が開催された。

今回のシンポジウムは、所内研究者の他、国内外から多数の著名な研究者を招待し、「電子顕微鏡領域」に関する議論が活発に行われた。



■ ガラスに関連した研究課題（総合研究官）の公募

無機材質研究所では、ガラスに関連した研究課題を公募いたします。無機材質研究所では研究課題に対応した、物質名を冠した研究グループを作り、5年毎に解散・再編を行いながら基礎的研究を推進しております。今回採択された研究課題の提案者には、無機材質研究所総合研究官として、提案課題の研究推進における中心的役割を果たしていただきます。その他、詳細につきましては下記問い合わせ先にてご照会ください。

応募資格：特になし。ただし研究期間終了時点で60歳以下であること。

研究期間：平成13年4月から5年間以内。

選考予定時期：平成12年9月中旬

提出書類：研究計画書（様式については問い合わせ先）

応募締め切り：平成12年8月31日

書類提出・問い合わせ先

〒305-0044 茨城県つくば市並木1-1 科学技術庁無機材質研究所
管理部企画課（菱田）

TEL: 0298-58-5622 FAX: 0298-55-2142 E-mail: hishita@nirim.go.jp

■ 人事異動

平成12年 4月 1日付け	鈴木忠篤	辞職
〃	菊池則幸	無機材質研究所管理部庶務課長
〃	中澤弘基	特別研究官
〃	小松 優	第5研究グループ総合研究官

■ 表彰

平成11年12月 2日	福島 整	日本表面科学会	表面科学技術賞
12年 3月22日	板東義雄	日本セラミックス協会	学術写真賞最優秀賞
	佐藤忠夫		
	倉嶋敬次		

◆ 編集後記

新年度の発足に当たり、恒例の新グループ、ステーション、及び新プロジェクトの紹介をいたしました。編集して改めて感じたことは、物質・材料系は科学技術の中では金銭もさほど掛からぬ地味な分野とっておりましたが、それでも研究者は随分と社会との連携を強く意識しなければならない世の中になったものに関心している次第です。20数年前にもなるでしょうか、筆者らが研究所に入った頃、セラミックス研究の分野がこのようなご時世を迎えることになろうとは思ってありませんでした。
(新課題編集担当：渡辺 遵)

むきざいNOW 発行日 平成12年5月1日 第181号
編集・発行 科学技術庁 無機材質研究所

〒305-0044

茨城県つくば市並木1丁目1番 TEL.0298-51-3363

FAX.0298-55-2142

NIRIM
National Institute for Research in Inorganic Materials

ホームページ <http://www.nirim.go.jp/>