

NIMS

NOW

2008.Vol.8 No.5 May

「都市鉱山」を活用する 発想と技術

携帯電話やパソコンを資源化するには

共用基盤部門 ～ステーションの紹介と最近の成果～

データベースステーション

材料データベースを利用した新材料の特性予測

Research Highlights

- 半導体中の不純物原子からの単一光子発生
- フッ化物強誘電体単結晶を用いて
SHGの発光に成功

スペシャル インタビュー

信州大学カーボン科学研究所 所長

信州大学工学部 遠藤 守信 教授

カーボンナノチューブ実用化
の道を切り拓いた先駆的研究

環境・エネルギー 材料研究展

世界に誇るエコイノベーションの切り札
材料技術ここにあり

http://www.nims.go.jp/jpn/events/ee_materials/

6/29
「世界貢献と知のインテグレーション」

6/30
「究極の資源・エネルギー利用を目指して」

5.29-30
東京ビッグサイト
レゾナンスホール・B2ホール・B3ホール

「環境・エネルギー材料研究展」のお知らせ

世界に誇るエコイノベーションの切り札 5/29 基調講演 「世界貢献と知のインテグレーション」

材料技術ここにあり 5/30 先端研究展示 「究極の資源・エネルギー利用を目指して」
企業展示 「世界に誇る解決力」

東京ビッグサイト 社会企画展示 「未来の科学者・高校生による材料研究」

5月29日(木)・30日(金)

http://www.nims.go.jp/jpn/events/ee_materials/

「都市鉱山」を活用する発想と技術

携帯電話やパソコンを資源化するには

あなたの携帯電話やパソコンに貴重な金属類が含まれているのをご存じですか。金属の種類によっては、さまざまな製品に使われた総量が現在の地下埋蔵量を大きく上回っているものがあります。不要になった携帯電話もパソコンも、合理的に回収して金属を再利用できれば資源そのものです。それを有効に活用していくためには、新たなコンセプトに基づく技術の挑戦と社会の意思形成が必要です。NIMSは金属資源を活かし切る技術を創り、再利用のループが円滑に回るように後押ししたいと考えています。

都市鉱山とは何だろう

鉱物資源に乏しい日本に実は隠れた大鉱山があります。廃棄された工業製品の中にある非鉄金属を再生可能な資源として見直そうという発想から、このことを最初に指摘して「都市鉱山」と呼んだのは、東北大学選鉱精錬研究所の南条道夫教授でした。1988年の論文に登場した言葉です。

それから20年、個人が使うIT機器や大型テレビなどのAV機器が劇的に増えた今日、日本の都市鉱山が蓄積量を大幅に増やしていることは想像に難くありません。再生利用はどのくらい進んだのでしょうか。そもそも日本の都市鉱山は今どんな規模になっているのでしょうか。

金属資源のライフサイクル分析や材料が地球環境に与える影響をテーマに研究を続けてきたNIMSの

原田幸明材料ラボ長は、「使用済み機器も資源としてさらに包括的に見る視点が必要」と語ります。この言葉にはどんな背景があるのか、さらに詳しく見てみましょう。

世界の金属埋蔵量を推定し、採掘して利用されている金属の総量がその何パーセントに当たるかを計算したデータがあります(図1)。京都大学の西山孝教授が1993年に公表した数字です。それによると、水銀の80%、銀・スズ・鉛の75%、金・亜鉛の70%、銅・マンガンの50%がすでに地上で使われています。20世紀末の時点で、地下鉱山に残されている埋蔵量よりすでに採掘した量が多くなった金属種がいくつもあるのです。限りある地下資源だけに頼るのではなく、身近な都市鉱山を活用し、金属の再利用に積極的に取り組まなくてはならないことが納得される数字です。



材料ラボ長
元素戦略クラスター長
原田幸明

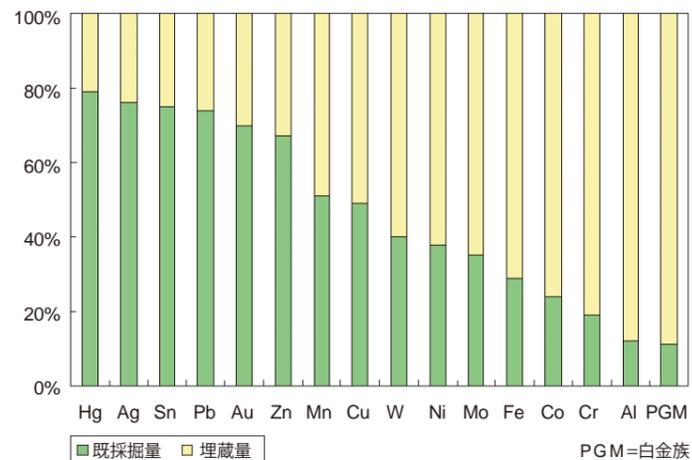


図1 各金属の既採掘量と埋蔵量の比率 (西山 孝著「資源経済学のすすめ」中公新書1993年より)

日本の都市鉱山は世界有数の資源量

新しいデザインや進んだ機能を備えたモデルが登場すると、多くの消費者が携帯電話やパソコンを買い換えます。電子機器の部品にはさまざまな金属が使われており(表1)、携帯電話なら集積回路を中心に1台あたり約6~8mgの金が使われています。国内で年間2100万台が買い換えられて不要になると推定されるので、再生すべき金は携帯電話に限っても1年に150kgもある計算です。しかし、実際には使用済み携帯電話はゴミとして捨てられて焼却や埋め立て処理されるもの、引き出しの片隅に放置されたり、思い出の品としてしまい込まれてしまうものが多く、回収されるのは1/4以下にすぎません。活用されないまま消える金は年間約100kgにのぼることになります(図2)。

合理的な回収と再生のシステムが働かない限り、都市鉱山は机の上で考えた可能性に留まり、本当に資源として活かすことはできません。回収されたとしても、現状では国内に留まらずに中古品として海外に流出する数が少なくないと推定されています。

原田ラボ長は、日本の都市鉱山の蓄積量を多くの公開データから推定する方法を編み出し、その数値を2008年1月に公表しました。

その内容に多くの人々が驚いたのは、日本の都市鉱山の規模が想像以上に大きいことが明らかになったからです。世界の鉱山の埋蔵量と単純に数字だけを比較してみると(図3)、今後需要が増えると予想される金属のうち、金(Au)の16%、銀(Ag)の22%が日本の都市鉱山に蓄積されていることとなります。さらに、インジウム30%、アンチモン20%、スズ11%、タンタル10%も目立って高率です。インジウムは液晶ディスプレイに、アンチモンは難燃性プラスチックに、スズやタンタルは電子部品に使われています。

さらにこの数値を世界の天然資源国の埋蔵量と比べてみても、金、銀、鉛、インジウムについて日本の都市鉱山は世界最大規模の鉱山に匹敵し、銅、白金、タンタルも世界3位までに入る規模になっています。天然資源に乏しいとされてきた日本が、実は世界有数の潜在的金属資源国であることが数字で示されたのです。

表1 製品に使用されている主な金属

製品	適用金属
プラスチック製品	Sb, Sn
メッキ鋼材	Zn, Sn
集積回路	Au
液晶素子	In
電子部品	Au, In, Ta, Sn
自動車	Fe, Pt
電子機器	Fe, Pt, Ag



図2 携帯電話から金の再生利用状況

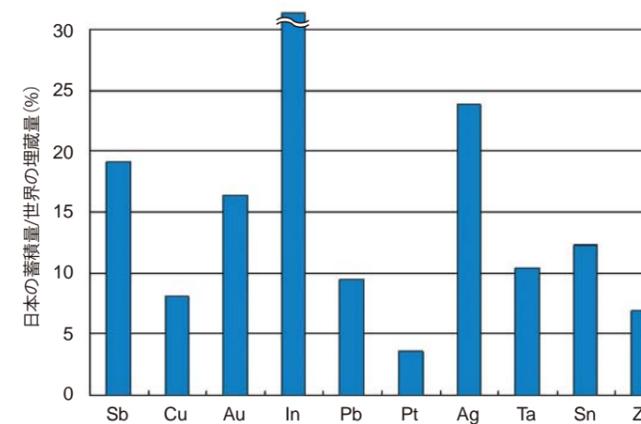


図3 世界の埋蔵量に対する日本の都市鉱山蓄積量の割合

まだまだ可能性が大きい再生利用

「日本の金属資源の回収やリサイクルは世界で最も進んでいます。都市鉱山の開発についても、東北大学のRtoS (Reserve to Stock)* のような試みがあります。それでも、リサイクルは個別の企業がビジネスとして進める問題と見る人も多いのが現状です。資源リスクが指摘されている現在では、資源の有効利用という見方から、全体的な状況を把握してこれから何をどう進めるべきかを考え、手を打っていく必要があります」。原田ラボ長はこう指摘します。

家電リサイクル法の実施以来、電気製品からのリサイクルは確かに進んできました。しかし、ここで回収・再生されている金属種のほとんどは、まだ鉄・銅・アルミニウムにとどまっています。ほかの金属の再生が行われることは少なく、特にその稀少性から資源の枯渇や不安定な供給が心配されるレアメタルに至っては、まだ回収ルートがありません。電子部品にさまざまな機能を発揮させるのに不可欠なレアメタルは、製品ごとに微量が使用されるため、再生には多くの手間や技術、そしてエネルギーを必要とします。

先ほど例に挙げた携帯電話の金はどうでしょうか。都市鉱山という言葉が広く知られるようになって、使用済み携帯電話の回収率も徐々に上がることが期待されています。けれども今のところ、回収した段階で再使用するか処理して金属を再利用するかを分別するルートは必ずしも整ってはいません。使用済み携帯電話1台約100gに含まれる金は数mgで、大半はプラスチック廃棄物です。機器の基板の中から金属を含む部分だけを取り出して分別する効率的な技術もまだ確立していないのです。現在、回収された使用済み携帯電話はまるごと大手製錬会社が引き取り、目的の金属を含む製品を炉で熔融処理して金属を回収しています。そこには大量の不要物も含まれるので、環境負荷を与えない技術で大規模な処理ができる製錬会社は日本にも決して多くありません。

最近盛んになっているのが、不要になった電子機器や家電製品を中古品として海外に輸出するルートです。輸出中古品の多くは金属再生の対象になっているものと考えられます。人手をかけてハンダ付けを外し、環境コストが比較的低い場所で処理するほうが、現状ではビジネスとして合理的なのでしょう。

* 使用済み電子機器を集め、分離した金属資源を人工鉱床として貯留するシステムで、一定品質の原料を一定量確保し、計画的なリサイクルをはかることが目的。東北大学多元物質科学研究所の中村崇教授が提唱し、秋田県大館市などで実験中。

しかし、こうしたルートが確立して、日本の都市鉱山の資源であるはずの使用済み製品が、国内の環境コストを理由に海外に流出してしまうとしたら、国として大きな損失ではないでしょうか。危惧の念をもつ人は少なくありません。

実際に輸出量は激増しており、パソコンを例にとると、2001年に回収された使用済みパソコン4880台のうち7.8%が輸出されましたが、2004年には回収7470台中26.4%が輸出されたという調査があります(国立環境研究所 2008年調べ)。

見落とされてきた精鉱化の重要性

都市鉱山を積極的に開発していくには何から進めればよいのでしょうか。原田ラボ長が2008年3月に発表した、「都市鉱山開発にはまず『都市鉱石』を作ろう」という提案を紹介することにしましょう。

ここで、天然鉱石を金属に作り上げるプロセスを振り返ってみたいと思います。鉱山から掘削された純度の低い鉱石は「粗鉱」とよばれ、通常、その場で目的金属の純度を高めた「精鉱」に加工して出荷されます。精鉱が資源国から船積みされて日本にやってくると、製錬会社はそれを炉で処理し、目的の金属を抽出・分離して純粋な製品に作り上げます。

これに比べると、現在の都市鉱山では粗鉱にあたる使用済み製品がそのまま輸出され、目的金属の抽出・分離と不要プラスチック廃棄物の処理を海外で行わせる傾向が強くなっています。都市鉱山開発においては、天然鉱石では当然行われてきた精鉱化のプロセスが欠けているのです。濃縮された精鉱、すなわち「都市鉱石」にいったん加工されていけば、その後の製錬技術は日本の得意技であり、優れた製錬技術を使った多様な取り組みを国内で行って資源化することができます。つまり、これまで行われてきた「回収→抽出」というプロセスを「回収→濃縮→抽出」と、ワンプロセス増やすのが都市鉱石化の提案のポイントです。そのルートの中で濃縮加工する都市鉱石工場を新たに作っていくことが必要です(図4)。使用済み製品が大量に回収される都会近くに工場を配置し、そこでいったん都市鉱石にしておけば、各地の抽出工場に輸送して金属に戻すことができると考えられます。

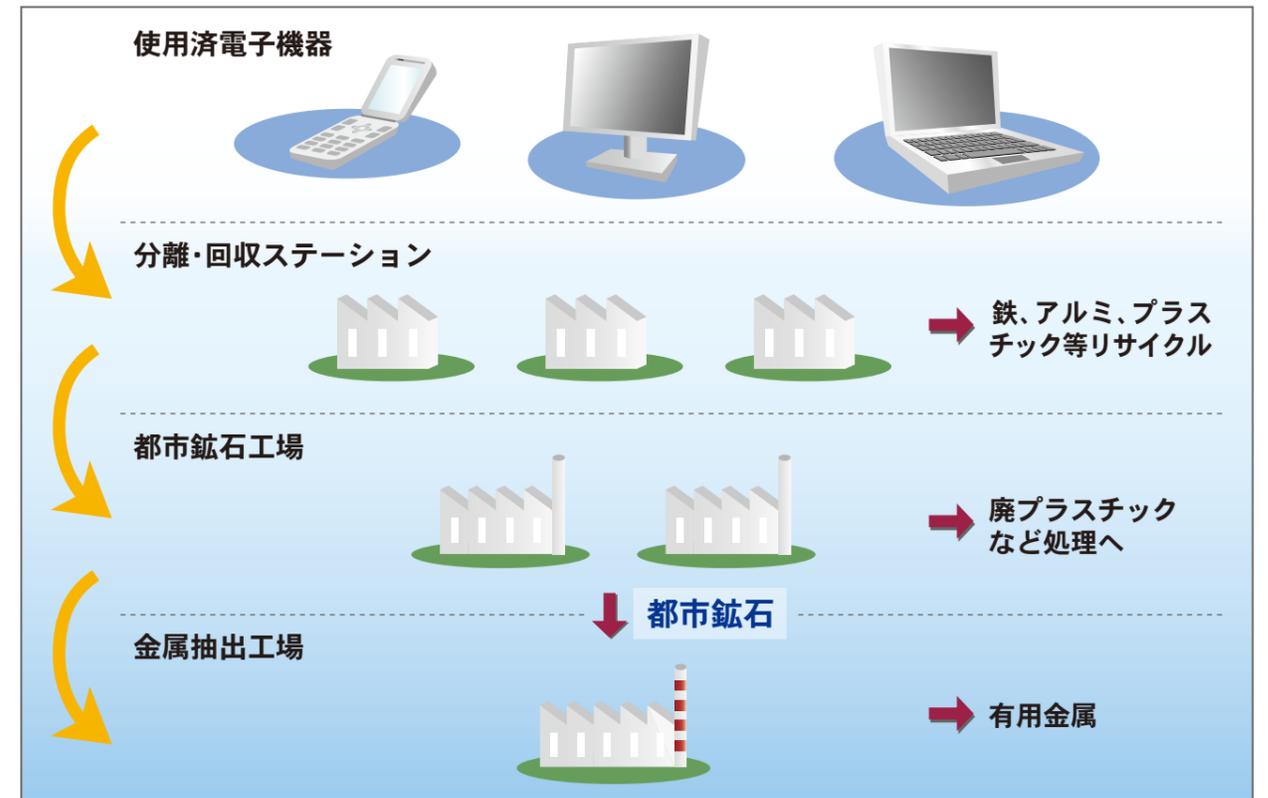


図4 使用済み製品の回収→都市鉱石→金属抽出のチェーン

「これまでの金属再生は、大量に回収されてそのまま熔融すればよい鉄やアルミなどに対応したプロセスでした。レアメタルをはじめ少量使用される貴重な金属の再生には、その使われ方に合った新しい考えと技術が必要です」。加えて原田ラボ長が強調するのは濃縮された都市鉱石の価値の上昇です。粗鉱にあたる使用済み製品を輸出している現状より、精鉱である都市鉱石にしてから輸出すれば、商品としての価値は高くなるはずで、使用済みパソコンより「レアメタル含有スクラップ」なら、国際商品としてより良い買い手が見つかるのではないのでしょうか。

金属再利用のチェーンを作ろう

資源とエネルギーの持続可能な利用には実は究極の解が存在します。エネルギーはもっぱら太陽エネルギーを利用すれば枯渇する心配は無用であり、資源は地球上にほとんど無限に存在する、アルミニウム、シリコン、カルシウム、鉄、酸素を活用すれば、これも枯渇する恐れはまずないからです。

これらの限られた種類の元素を活用して求める機能を発揮させるのが究極の資源戦略と言えるでしょう。大量に存在するこうした元素でレアメタルなどを代替させる技術の開発もこれからの重要なテーマ

です。それと同時に、究極の解に至るまでには、すでに採掘して利用している金属を使い切る技術を作りあげることが大切です。

都市鉱石をつくるための鍵である濃縮技術の開発も今後のテーマのひとつです。いま開発中の技術にも可能性のあるものがいくつかあります。たとえば、NIMSが開発しているピンポイント分離技術です。これは基板からチップを取り外す場合などに活用できる技術で、独自に開発した解体促進物質の液体をハンダ付けした部分に塗ってやると、熱をかけなくてもハンダを外すことができます。このような技術的な工夫を積み重ねれば、分別や都市鉱石化を進めることができそうです。

技術の開発と同時に大切なのは金属再利用の循環チェーンを作り上げていくことです。「放っておいても儲けたい企業があればやるだろうと考えて、長期的な戦略を作らずにいれば、資源の持続可能な利用は決して実現しないでしょう」。原田ラボ長が警戒するのは、現在の経済原則に任せておけば金属の再利用が進むはずだという安易な考えです。原田ラボ長は、長い目で見ながら夢のある方針を示し、消費者や企業、国や自治体の理解を得てその実現に向けて尽力していきたいと考えています。

～ステーションの紹介と最近の成果～



データベースステーション

データベースステーションは、世界最大級の物質・材料データベースをインターネットによって発信しています (<http://mits.nims.go.jp>) (図)。NIMS物質・材料データベースのトップページの特徴はMatNaviです。MatNaviはデータシートステーションが発刊しているクリープ、疲労、腐食および宇宙材料強度のデータシートのオンライン版(PDF)、公表されている学術文献から有用な数値データを採取し、データベース化した高分子、結晶基礎、拡散、圧力容器材料のデータとそれらのアプリケーションシステム(次ページ参照)から構成されています。MatNaviは結晶の基礎的な知見や状態図などにおいて材料科学教育の基礎を支えるばかりでなく、企業の研究者、技術者に対して、安心・安全な社会を築くための新材料の開発や最適な材料を選択し使用するための支援となるほか、材料の特性予測、材料特性比較、材料の同定(辞書機能)を行なうためのツールとして役立ちます。

私たちは「使われてこそ価値あるデータベース」をモットーとして、「ユーザーフレンドリーなデータベースシステム」の開発を目指しています。ユーザーが必要とする材料情報がどこにあるのかを調べるためにできるだけ少ない操作で検索できる横断検索システムを開発しました。8種類のデータベースについてカテゴリとキーワードを用いて材料別または特異性に横断的な検索が可能です(図の左上)。

一般に、データベースはその分野におけるデータの網羅性が求められます。しかし、一組織・機関で信頼できるデータを収集するには予算や人材の制約などで限界があります。そこで、NIMSの研究プロジェクトで開発した材料データベース(原子力材料、状態図)やアプリケーションばかりでなく国内外の材料データベース発信機関と連携しMatNaviにリンクしています。MatNaviから韓国および欧米のデータベースにもアクセスが可能です。

NIMS物質・材料データベースは平成20年1月末現在で世界110カ国10,293機関から34,722人(国内25,543人、海外9,179人)がユーザー登録し、毎月100万件を超えるアクセスがあります。毎月約2,000人が平均で3~4回ログインして利用しています。

データベースステーションはこれからもMatNaviのデータをさらに充実させるとともにユーザーフレンドリーなシステムを構築して材料の開発者および材料の利用者にとって有用な情報を発信して行きます。

データベースとアプリケーション

NIMSからの材料情報

外部機関との連携

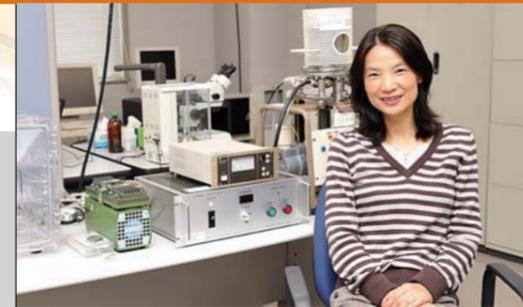
ユーザー登録

検索システム

利用案内

NIMS物質・材料データベースのトップページ (<http://mits.nims.go.jp>)

材料データベースを利用した新材料の特性予測



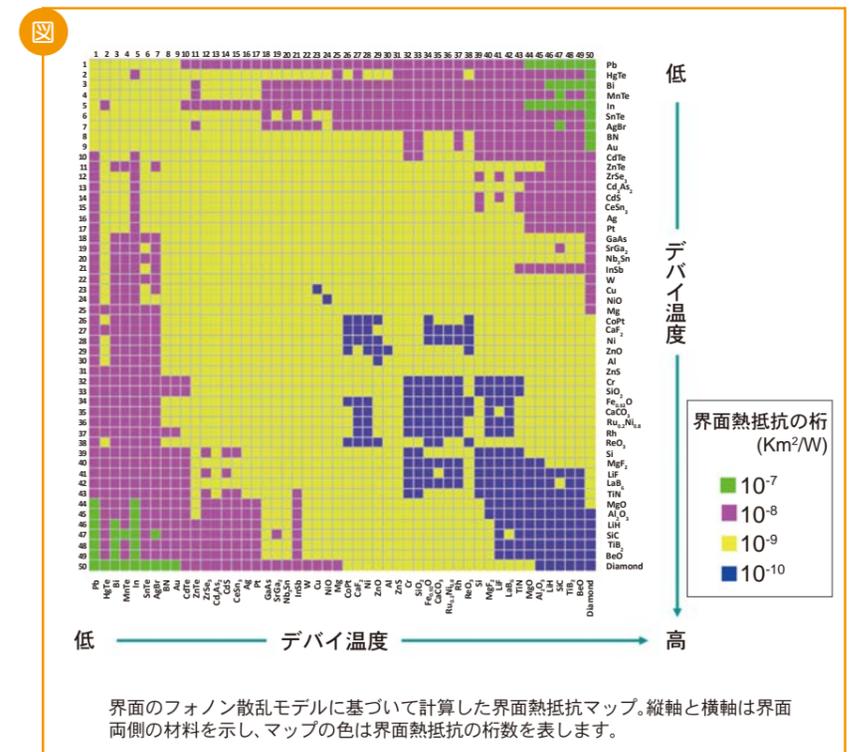
徐一斌

複合材料などの複数の材料から構成された材料システムの特性は、その構成材料の個々の特性に強く依存するので、各構成材料の特性データを利用して、新しい材料システムの特性を予測することが可能です。このプロセスで得られた知見は、新材料開発の重要指針となります。私たちは既存の材料データに基づいた新材料の特性予測ツールを開発し、実際の実験データと比較して、その有効性の検証を行ってきました。

複合材料熱物性予測システム(CompoTherm) (<http://composite.nims.go.jp/>) は、複合材料の密度、比熱、熱伝導率と熱拡散率を予測するオンラインのシミュレーションツールです。このツールは、モデリングが簡単で計算が速い解析法と、より複雑な材料構造(例えば3種類以上の構成材料が含まれている複合材料、あるいは構成材料に異方性がある場合)にも対応可能な有限要素法の二つのシミュレーション機能を搭載しています。また、高分子や金属、セラミックスなど約1000種類の材料の熱物性データを内蔵していて、材料選択や計算条件入力の際にこれらを利用できます。このツールを利用して、SiCウイスキーや粒子で強化されたAl合金複合材料や、イットリア安定化ジルコニア(YSZ)熱遮蔽コーティングなどの熱伝導率を予測し、予測値と実験値の偏差は10%以内であることを確認しました。

材料データベースを用いた特性予測のもう一つの例は、界面熱抵抗の予測です。通常の固体材料では、格子振動(フォノン)と電子の運動により熱を伝えています。材料と材料の間に界面が存在する

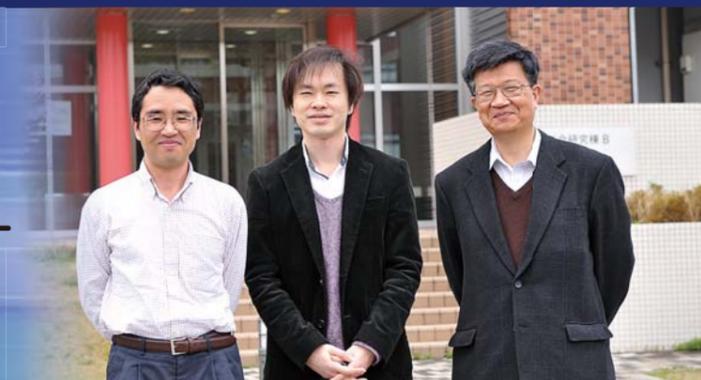
場合には、界面においてフォノンと電子が反射したり散乱したりするので熱抵抗が生じます。熱抵抗は、複合材料や電子デバイスなどの熱伝導率と温度分布、さらにはその放熱性、熱応力、耐熱衝撃性、エネルギー輸送・変換率などに大きな影響を及ぼすため、材料開発と電子デバイス設計に不可欠なデータです。しかし界面熱抵抗の実測は非常に困難で、これまで報告されているデータは非常にわずかです。私たちは、界面でのフォノン反射と散乱モデルに基づいて、界面両側の材料の結晶構造、格子の固さ、およびフォノンの運動速度を反映するデバイ温度、弾性率、音速を利用して界面熱抵抗を予測するプログラムを開発し、それを利用して約1300種類の界面の熱抵抗を予測しました(図)。さらに、Au/SiO₂、Au/サファイアの界面に対して、その熱抵抗を実測し、予測値と一致することを確認しました。



半導体中の不純物原子からの単一光子発生

—エネルギーのそろった単一光子の発生を実証—

半導体材料センター 半導体特性評価グループ
筑波大学 数理物質科学研究科*



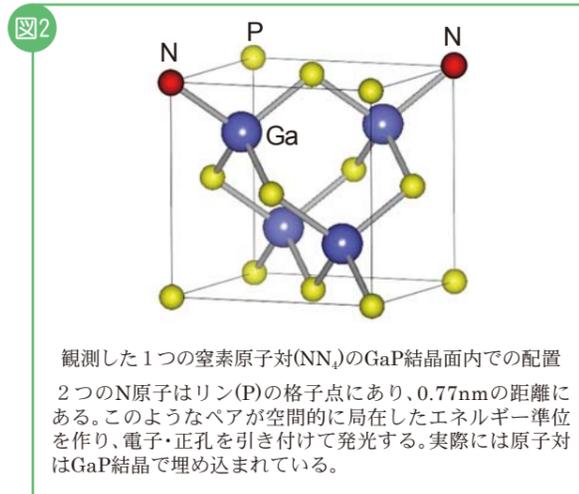
佐久間 芳樹 池沢 道男* 舂本 泰章*

コンピュータやインターネットの普及によって、私たちの社会は大変便利で豊かになりました。しかし、コンピュータの処理速度の向上がますます要求され、情報ネットワークもいっそう高度で複雑化するなかで、これまでの情報処理技術や通信技術の限界が見え始めています。近年、これを解決する方法として「量子情報通信」と呼ばれる新しい分野の研究開発が盛んになっています。具体的には量子計算や量子暗号といった技術がそれにあたりますが、その名のとおり量子力学という原子や光の世界をつかさどる物理法則を使った究極の技術です。これらが開発されれば、従来よりもはるかに速いコンピュータや、情報が絶対に漏洩しない安全な通信技術を構築できます。量子情報通信を実現する有力な手法として、光子を利用する方法があります。私たちが目にする光は、非常に多くの光子と呼ばれる粒子からできており、量子情報通信技術ではこの光子の一粒一粒に情報を載せて通信を行ったり、複数の光子の干渉を利用して計算を行ったりします。そのため、光子の粒を雨だれのように一つずつ発生可能な単一光子発生デバイスの開発が必須です。

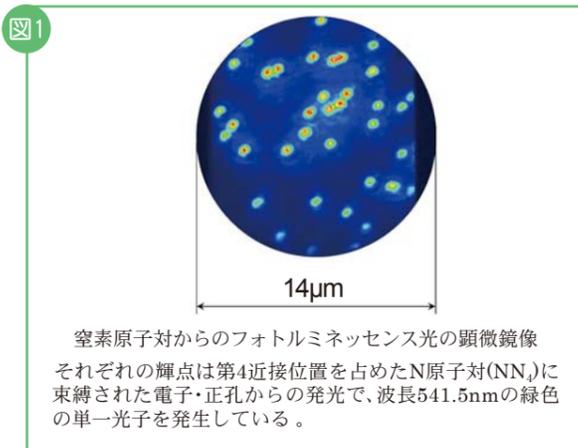
私たちは、この単一光子を効率的に発生させる半導体材料とデバイスの研究を行っています。単一光子の

発生には、1個の原子や分子の持つ性質が現れてくるような極微細なナノ構造が必要になります。最近私たちは、ガリウムリン(GaP)という半導体結晶中のひとつの原子面内に、窒素の不純物原子をごく薄い濃度で高精度に添加する技術を開発し、窒素原子対(NN_iと呼ばれるペア)が作るエネルギー準位につかまった電子と正孔が次々と結合して消滅するたびに、単一の光子が発生することを世界で初めて確認しました。図1はサンプルから光子が出てくる様子を顕微鏡で観察したものです。所々に明るい点が見えますが、そこでは同じ波長、すなわちエネルギーのそろった単一光子が間欠的に発生しています。希薄な窒素不純物はリンの原子層面内にランダムに入りますが、図2のようにある確率で2個の窒素原子が極めて近い距離で並んだペアが形成されると、そこから単一光子が発生する現象を見出しました。この方法の優れているところは、サンプル内の異なる場所から発生する全ての単一光子のエネルギーが正確にそろっている点で、他の方法では実現できていません。

今後、この材料技術をさらに発展させて、量子情報通信デバイスの基礎実験を行っていきます。



観測した1つの窒素原子対(NN_i)のGaP結晶面内での配置
2つのN原子はリン(P)の格子点にあり、0.77nmの距離にある。このようなペアが空間的に局在したエネルギー準位を作り、電子・正孔を引き付けて発光する。実際には原子対はGaP結晶で埋め込まれている。



窒素原子対からのフォトルミネッセンス光の顕微鏡像
それぞれの輝点は第4近接位置を占めたN原子対(NN_i)に束縛された電子・正孔からの発光で、波長541.5nmの緑色の単一光子を発生している。

フッ化物強誘電体単結晶を用いてSHGの発光に成功

光材料センター 光周波数変換グループ
日立化成工業株式会社*



N. Senguttuvan* 青島 真裕* 住谷 圭二*
グループリーダー 島村 清史 E.G.Villora A.Medvedev

フッ化物単結晶は、レンズとしてカメラや半導体加工装置、あるいはコーティング材料などとして用いられています。これは真空紫外領域(波長100nm付近)まで光を透過する優れた光透過性によるものです。私たちはフッ化物単結晶に新たな機能を持たせることで、紫外・真空紫外領域(UV/VUV)、特に193nmにおける全固体のレーザー光源の実現を目指し、研究を進めています。近年、UV/VUVの応用は半導体の微細加工装置や、レーザー治療装置等へと進んでいます。私たちの目指す光源が実現すると、UV/VUVにおける安全で小型、信頼性の高い光源になります。

フッ化物単結晶を用いて短波長光源を作るためには第二高調波発生(SHG)*による波長変換が最も効率が高いと考えられます。ところがフッ化物単結晶では一般に通常のSHGによる波長変換ができません。そこで強誘電性を持つフッ化物単結晶の開発を考えました。これにより擬似位相整合(QPM)**による効率の高いSHG波長変換デバイスが作れるからです。

強誘電性を有するフッ化物材料としてBaMgF₄(BMF)に着目し、その単結晶育成を行いました。直径

2インチのバルク単結晶の引き上げに成功した後、日立化成工業(株)と共同で、高品質BMF単結晶の育成にも成功しました(図1)。結晶は優れた強誘電性を示し、QPMデバイスも作製する事ができました。

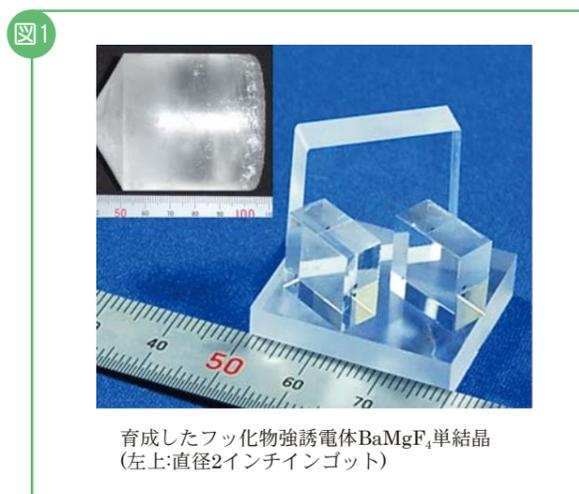
フッ化物単結晶を用いての波長変換という例はこれまでにないため、目に見える可視域での波長変換をまず試みました。その結果、緑色(波長532nm)のSHG発光に成功しました(図2)。その後現在までに415nm、406nmでのSHG発光にも成功しています。今後は更なる短波長化を行い、当初の目標である193nmのSHG発光を目指していきます。

本研究の一部は独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)産業技術研究助成事業の助成を受けています。また日本電子材料技術協会の優秀賞、日本材料学会の論文賞を受賞いたしました。

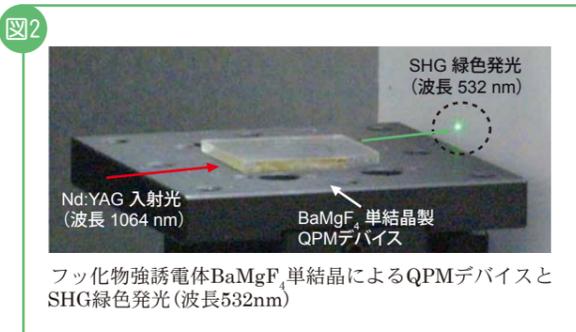
関連サイト:
NIMS公式サイト プレスリリース
<http://www.nims.go.jp/jpn/news/press/press211.html>

*第二高調波発生(Second Harmonic Generation : SHG)
非線形光学効果の一つであり、入射したレーザー光の2倍の振動数(半分の波長)をもつ光(第二高調波)を放射する現象。レーザーの短波長化に利用され、低いエネルギーのレーザー光から高いエネルギーのレーザー光をとり出すことができる。

**擬似位相整合(Quasi-Phase Matching : QPM)
非線形光学効果を用いた波長変換をより容易に、かつ高効率に行うための技術の一つ。強誘電体のドメインを周期的に、かつ連続的に反転させたデバイス。ドメインを反転させるたびに前記SHG光の強度を増加できるので、SHGを高効率で行えることになる。



育成したフッ化物強誘電体BaMgF₄単結晶
(左上:直径2インチインゴット)



SHG 緑色発光 (波長 532 nm)
Nd:YAG 入射光 (波長 1064 nm)
BaMgF₄ 単結晶製 QPMデバイス
フッ化物強誘電体BaMgF₄単結晶によるQPMデバイスとSHG緑色発光(波長532nm)

カーボンナノチューブ実用の道を切り拓いた先駆的研究

世界で初めて多層カーボンナノチューブの量産化を実現した独創的な研究の成功の裏には、数々の興味深いエピソードがあります。「何を見たいかではなく、そこに何があるかを見なさい」という先入観を排除した姿勢で取り組むことが大切と語る信州大学の遠藤守信教授に、「幸運の女神は準備を整えた者に微笑みかける(L.パスツール)」ことを実感したセレンディピティの経験について伺います。



信州大学カーボン科学研究所 所長
信州大学工学部 遠藤 守信 教授

炭素繊維の研究を始めたきっかけは何ですか。

1970年の初め、大学の修士の時期に私は半導体の研究室に在籍していました。当時半導体は飛ぶ鳥を落とす勢いでしたから、友人達がみんな半導体研究を選ぶ中、私はマイナーでも世界レベルを目標にしたいとの思いで、「大きな池のメダカより小さな池の鯉を目指す」野心を持って、炭素繊維の研究に進みました。

実験にサンドペーパーを使ったエピソードは有名ですね。

ベンゼンを熱分解して炭素繊維を生成していましたが、苦闘の日々でなかなかうまくいきません。実験で基板にこびりついた煤やカーボン膜を蒸留水できれいに洗って電気炉の中に入れ、大気中で加熱して真っ白なセラミック基板に戻し、翌日また電気炉にセットして実験を繰り返す中で、時間を短縮するためサンドペーパーを使って煤やカーボンを削り落とす手抜きを考えました。すると、なんと長さが1cmから2cmの炭素繊維が基板の上いっぱいすごい密度でできたのです。ところが使っていたサンドペーパーを新しいサンドペーパーに変えたら全然できなくなりました。その原因については2年後にフランスのOberlin教授の研究室に留学して行なった高分解能電子顕微鏡研究で、最初に伸びる炭素チューブがナノサイズの鉄粒子、すなわち極微の触媒によることを発見しました。最初に使っていた茶色のサンドペーパーは鉄が主成分で、後で使用した黒色はシリコンカーバイドだったのです。

まさにセレンディピティですね。

これを応用して基板の上に鉄の超微粉を撒く「種まき法」を発表し、企業でも産業化に向けての実験が始まりました。当時、炭素繊維は宇宙開発分野で脚光を浴びていましたが、この触媒気相法は他の量産方法に比べてコストがかかることから、もっと安価な生産方法が求められていました。

ある時車中で読んだ新聞記事に、インフルエンザに罹った人がくしゃみをするとウィルスは15mも遠くへ飛散するということが書かれていました。インフルエンザウィルスのサイズは100nm程度で、私が実験で使っている触媒粒は数nm～10nmですから、触媒粒子を浮かしておけば大量にできるのではないかと閃きました。その晩のうちに実験室で電気炉を立てて上から

ベンゼンと触媒を入れて触媒を浮遊する実験をしたら、いわゆる多層カーボンナノチューブが一発でできました。これもまたセレンディピティです。

この製法は1987年に特許を取り「浮遊触媒法」と名づけました。1988年に量産が開始され、以来多層カーボンナノチューブの量産にはこの『Endo法』が使われています。今後産業界が現在の生産性を2倍3倍にしたいと思えば、この技術でプラントを2つ3つと増設すればいいのですが、私はここで、もうひとつ別のセレンディピティを期待して、飛躍的に生産性を伸ばす革新的方法の開発に挑戦したいと思っています。

多層カーボンナノチューブはどのように応用されていますか。

リチウムイオン電池の負極の添加剤です。最近では正極の添加剤としても使われています。今、リチウムイオン電池は世界で10億個以上作られており、その多くに多層カーボンナノチューブが使われ、さらに環境対策としてのプラグインなどの次世代自動車用リチウムイオン電池の重要な素材となってきました。医療技術分野にも広がりを見せていますが、電池のようにClosedの用途ではなく、複合材料などOpenに使われるとなると科学的、合理的な毒性評価が不可欠で、関連の研究も広く展開されています。リスクとベネフィットを理解して広く社会合意を得ながら、重要分野で固有の地位を確立すべく応用開発を展開しています。

研究者にとって大切なことは何ですか。

「研究者は常に頭の中から研究テーマを離してはいけない」という恩師、小山恒夫先生の言葉を大切にしています。何をしている時でも研究テーマを頭の隅に置いておくと、異分野の情報をうまくキャッチして研究に結びつけるチャンスが生まれ、日常的な閃きにもつながるのです。研究者は机上の思考による研究ももちろん大切ですが、どれだけ体を動かすかも能力を見分けるひとつの指標になるでしょう。特に実態が見えない時には、行動するうちに何かが見えてきたりもするのです。

夢は何ですか。

科学は知的要求を満たすものですが、同時に科学に対する世の中の要請は人類、社会の役に立つことです。私は科学を工学技術に発展させる橋渡しをしっかりと行って行きたいと思っています。

新組織図



平成20年度の年度計画および予算について

NIMSは、本年4月に平成20年度年度計画を定め、文部科学大臣あて提出いたしました。本計画は、第2期中期計画に定められた事項を達成するため、平成20年度に実施すべき事業内容を定めております。プロジェクト研究開発については、ナノテクノロジーを活用する新物質・新材料の創成のための研究や、社会的ニーズに応える材料の高度化のための研究開発を引き続き推進し、平成20年度から「高信頼性、高性能を兼ね備えた全固体リチウム二次電池」、「気体分子センシングのためのナノ分子材料」、「繊維配向性を制御した革新的生体組織再生材料」、「レーザプローブによる構造部材の非接触材質劣化評価技術」の4つのプロジェクトを新たに実施するとともに、萌芽的研究等も引き続き着実に推進してまいります。詳細は、NIMSのホームページにてご覧いただくことができます。

<http://www.nims.go.jp/jpn/about/johokokai/doc/nendo20.pdf>

なお、平成20年度の予算は、右の表のとおりです。

(単位:億円)

区分	予算額
運営費交付金	154.2
施設整備費補助金	3.2
受託事業収入等	29.6
自己収入	1.2
計	188.3

各欄積算と合計欄の数字は四捨五入の関係で一致していません。

新理事の紹介



馬越 佑吉(うまこし ゆうきち)

大阪大学大学院工学研究科修士課程修了(1969)、大阪大学助手、独国マックス・プランク研究所客員研究員(フンボルト財団)、米国ペンシルバニア大学客員研究員(文部省長期在外研究員)、大阪大学助教授、教授、評議員、工学部長・工学研究科長、理事・副学長を経て2008年4月より物質・材料研究機構理事。工学博士(大阪大学)、日本学術会議会員

NIMSはMANA(国際ナノアーキテクトニクス研究拠点)が世界トップレベル研究拠点プログラムに採択されるなど、名実ともに材料関係の世界トップレベルの研究機関であり、大学と独立行政法人という組織の違いはありますが、世のための科学技術、材料研究という点で共通していますので、これまでの大学での経験を活かし、NIMSの更なる発展のために新風を吹き込みたいと思います。

新フェローの紹介



潮田 資勝(うしおだ すけかつ)

東京都立日比谷高等学校卒業(1960)、A.B.(学士) Dartmouth College(1964)、M.S.(修士) University of Pennsylvania(1965)、Ph.D.(博士) University of Pennsylvania(1969)、Department of Physics University of California, Irvine 助教授(1969)、同准教授(1974)、同教授(1978)、東北大学電気通信研究所教授(1985)、北陸先端科学技術大学院大学学長(2004)、物質・材料研究機構フェロー(2008)

就任にあたって

大阪大学では、耐熱性金属間化合物の変形・破壊機構の解明、結晶中の転位の振る舞いとその制御による力学特性改善、電子線照射誘起相変態によるナノコンジット組織制御、磁気特性利用による材料信頼性評価から骨再生・骨疾患の工学的手法による診断等、幅広い分野の研究者と連携して研究を展開しました。また、工学研究科長、理事・副学長(研究推進担当)として多数の大型研究プロジェクトの企画・立案・実施、組織・運営改革を先導してまいりました。

就任にあたって

この度NIMSフェローに就任し、ICYS-IMATセンター長とNIMSナノテクノロジー拠点長に任命されました。このポストにおける私の主な仕事は、研究者の皆さんが研究しやすい環境を作るお手伝いをする事、および全国レベルでナノテクノロジー・ネットワークの活動を積極的に推進することだと考えています。またカリフォルニア大学教授時代からの経験を生かして、NIMSの国際化推進にも尽力したいと思います。

平成20年度科学技術分野の文部科学大臣表彰を受賞

平成20年4月15日、平成20年度科学技術分野の文部科学大臣表彰の表彰式が行なわれ、NIMSの特別顧問および研究者が表彰を受けました。この表彰は科学技術に関する研究開発、理解増進等において顕著な成果を収めた者の功績を讃えることにより、科学技術に携わる者の意欲の向上を図り、我が国の科学技術水準の向上に寄与することを目的とするものです。

受賞部門は、顕著な功績をあげた研究者を対象とした科学技術賞および高度な研究開発能力を有する若手研究者を対象とした若手科学者賞です。



表彰式の様子 緒形材料信頼性センター長(写真中央)

●文部科学大臣表彰 科学技術賞(研究部門)

業績名:極低温下での材料試験法の開発と材料特性解明に関する研究

緒形 俊夫 独立行政法人物質・材料研究機構 材料信頼性センター センター長

業績名:コンビナトリアル固体化学の創成とナノ材料機能探索の研究

鯉沼 秀臣 独立行政法人物質・材料研究機構 特別顧問

国立大学法人東京大学 大学院新領域創成科学研究科 客員教授

松本 祐司 国立大学法人東京工業大学 応用セラミックス研究所 准教授

伊高 健治 国立大学法人東京大学 大学院新領域創成科学研究科 特任研究員

業績名:高機能イメージ炉の単結晶でのルテニウム酸化物超伝導の研究

前野 悦輝 国立大学法人京都大学 大学院理学研究科 教授

西村 博 元キヤノンマシナリー株式会社 研究開発センター エキスパート

池田 伸一 独立行政法人産業技術総合研究所 主任研究員

菊川 直樹 独立行政法人物質・材料研究機構 光触媒材料センター 主任研究員

河野 智 キヤノンマシナリー株式会社 技術担当

業績名:水のポリアモルフィズムの実験的研究

三島 修 独立行政法人物質・材料研究機構 ナノ物質ラボ NIMSフェロー

●文部科学大臣表彰 若手科学者賞

業績名:生体組織界面を接合する材料技術の研究

田口 哲志 独立行政法人物質・材料研究機構 生体材料センター 主任研究員