

1.材料理工学コース

コースの概要

材料理工学コースでは、金属、セラミックス、半導体をベースに、材料物性の微視的発現機構の解明を進めるとともに、生産プロセスの技術開発を実現するための教育研究を行います。固体物理学、固体化学、金属材料学、セラミック材料学を中心として基礎科学から材料の工学的応用までの幅広い分野について学びます。

コースの特徴

材料理工学コースのカリキュラムの特徴は、原子配列や電子状態などのナノスケールレベルでの現象から材料の性質が生まれる仕組みを学んだ後に、その仕組みに基づいて発現するマクロスケールレベルでの材料の物理的・化学的性質を学ぶといった、段階を踏んだ教育プログラム構成にあります。材料理工学コースでは、今日の社会が直面するエネルギー、環境の諸課題に対応するために、従来の材料工学を更に進めて、ナノサイエンス・ナノテクノロジーの開発手法を積極的に取り入れながら、次世代先端材料やレアメタルなどの希少元素に代わる代替材料の開発を推進するための教育研究活動を実践します。

どんな人材を育てるか

材料理工学に関する知識・教養を駆使して、今日の日本や世界が直面するあらゆる技術的問題に挑戦する創造的な研究者・技術者を養成します。

材料理工学とは

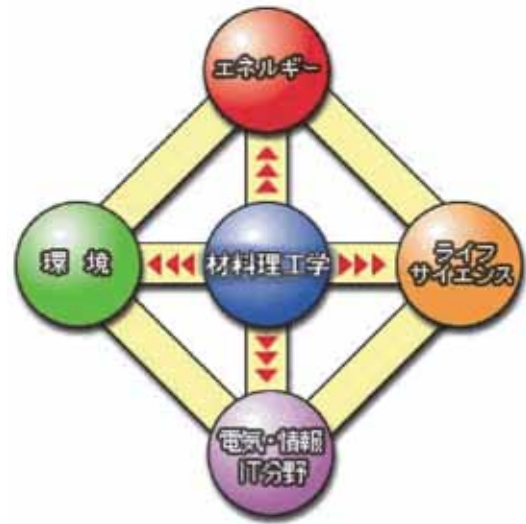
材料理工学とは、物質から目的にかなう機能を有する材料を生み出す理論と方法を研究し、さらに材料を製品化するときに必要な製造プロセス技術を開発する学問です。図には、材料理工学の学問、材料理工学コースで行う研究分野や実用材料の関係の概要を示しています。たとえば自動車のボディーに使われている鋼板をイメージしてみてください。原料は鉄鉱石(鉄の酸化物)ですが、それを溶鉱炉で還元することによって溶けた鉄が得られます。これをさらに転炉で精錬して溶けた鋼にします。成分調整された溶けた鋼を鋳型に流し込みながら連続的に延ばしたり、冷えて固まった鋼の塊を加熱して、薄く延ばすことによって、強度と加工性を備えた自動車用の鋼板が誕生します。鉄鉱石(原料)のままでは利用価値はありませんが、物質に関する基礎知識、シミュレーションによる性能予測及び最適な製造プロセスの開発などを通して、物質に人間が手を加えることによって社会生活に不可欠な材料へと変身するのです。

材料理工学コースでは、社会生活に役立つ材料を創製するために、物質の物理的・化学的性質などの基礎物性やその評価技術を研究しています。また、材料の機械的性質、電気的性質、光学的性質などの評価を行うとともに、高度な計算機シミュレーションによる理論予測を行います。さらに、さまざまなナノテクノロジー・ナノサイエンスや複雑な化学反応を駆使して、最適な材料の製造プロセス開発を行います。このような教育と研究によって、新たな材料作りに取り組んでいます。



材料理工学で社会貢献！

右の図を見てください。エネルギー、環境、ライフサイエンス、IT分野など新聞紙上やニュースなどでよく目にするキーワードがあり、その中心に材料理工学が位置しています。これらの4つは、安全で豊かな人間生活を送るため、また地球環境を維持していくために、我々材料理工学者に課された最重要課題であり、世界各国で熱心に研究が行われています。つまりこの図は、材料理工学がまさしくこれら最先端の研究分野の中心となる基礎学問であるということを示しています。世の中の期待が大きく、勉強しがいがある学問です。是非、我々と一緒に材料理工学を勉強し、大いに社会に貢献すべく努力していきましょうではありませんか！



教員からのメッセージ 物質・材料の底力を探求する「材料理工学」

材料理工学コース 教授 齋藤嘉一



私達が生きる文明社会は今、エネルギー問題や環境問題、希少資源の枯渇や高騰といった地球規模の深刻な問題に直面しています。私達には、これらの問題解決に挑戦しながら科学技術を更に発展させ、安全で環境への負荷が小さい社会基盤を構築するという難しい使命が課せられています。材料理工学は、物理学と化学を横断した原子レベルでの現象理解に基づいて、新材料・新機能の創出実現を目指す材料科学・材料工学の融合分野です。理学系・工学系科目をバランスよく配した教育課程を通じて、物理学、化学、数学に関する基礎学理を修め、ナノテクノロジー・ナノサイエンスの台頭に象徴される21世紀型の材料工学の研究者・科学者を養成します。地球規模の諸問題解決に利用可能な新材料の開発に挑戦したい！そんな意欲に溢れた貴方の入学を歓迎します。

2.材料理工学コースの教育

2.1 学習教育目標

材料理工学コースでは、金属、セラミックス、半導体などの材料に関する技術者あるいは研究者として、自立して社会に貢献できる人材を養成することを目指しています。この目的のために、以下に示す(A)~(L)の知識や能力が学生諸君に身につくように、入学から卒業までの教育体制を整備しています。

材料理工学に関する知識と能力

- (A) 材料の性質、機能、生産プロセスに関する知識とそれらを応用できる能力
- (B) 材料の特性の測定法、解析法、評価法に関する基礎知識とそれらを応用できる能力

科学技術一般に関する知識と能力

- (C) 工学を理解するうえで必要な数学、物理学、化学に関する基礎知識とそれらを工学に応用できる能力
- (D) コンピュータによる計算、情報処理、制御に関する基礎知識とそれらを活用できる能力

技術者としての素養

- (E) 課題を分析し、総合的に検討して解決方法を提案できる能力
- (F) 研究・開発の調査、計画、実施、評価を自主的かつ継続的に遂行し、まとめる能力
- (G) 研究活動と社会の関わりや企業における組織とチームワークを理解して行動する能力
- (H) 英語の基礎力と技術的英語の運用能力
- (I) 報告書作成のための論理的な文章の作成能力
- (J) 口頭発表および討論のための技術的基礎知識とその運用能力

社会の構成員としての素養

- (K) 社会人として必要な人文・社会学的基礎知識とそれに基づいて広い視野から考える能力
- (L) 環境と安全に関する基礎知識および管理・対処能力

JABEE 認定に基づく国際基準の授業カリキュラム

材料理工学コースの前身である材料工学科は、平成17年5月付けで JABEE 認定を取得し、世界に通用する技術者教育を行なっています。JABEE 認定は、技術者教育の内容に関して国際的な同等性が確保されていることを保証するものです。

2.2 カリキュラムと授業

4年間の大学生活は理工学部の3号館で主に営まれます。入学直後の初年次ゼミで物質科学科材料理工学コースがどんなコースなのか、これからどのように大学生活を送るのか詳しい説明を受けます。これで入学当初の不安感は一掃されるでしょう。授業科目は余裕を持って編成されており、各人が自由に選べるように工夫されています。

概略は次のようになります。1年、2年では【国際言語科目】、【教養科目】、また【専門科目】を受ける準備としての基礎的な数学、物理、化学などを含む【教養基礎教育科目】の授業を受けます。【専門科目】は高学年になるほど多くなりますが、理学と材料工学の学問分野を順序立ててバランス良く学べるように、基礎的な科目を重視した編成になっています。4年になる前にはすでに材料工学技術者に必要な一通りの【専門科目】を学び終わることができます。3年では、インターンシップの工場見学などもあり、実社会へ巣立つ準備をします。4年になると希望の研究室に入り、卒業課題研究を行います。これを終わると晴れて卒業となります。

◎主要科目一覧

| 1年次 | 2年次 | 3年次 | 4年次 |
|----------------|----------|--------------|----------------|
| 初年次ゼミ | 基礎数学Ⅴ | 機能材料学 | 研究プロポーザル |
| 入門物理学Ⅰ, Ⅱ, Ⅲ | 基礎化学Ⅲ | 光物性科学 | 卒業課題研究 |
| 入門化学Ⅰ, Ⅱ | 応用物理基礎 | 計算材料科学 | 品質管理 |
| 基礎物理学実験 | 物理化学Ⅰ, Ⅱ | 固体物理学 | 数理計画法 |
| 基礎化学実験 | 材料組織学 | 電子材料学 | 技術史 |
| 基礎数学Ⅰ, Ⅱ, Ⅲ, Ⅳ | 固体化学 | 機能表面工学 | 技術者倫理 |
| 基礎物理学Ⅰ, Ⅱ | 構造物質科学 | 金属材料学Ⅱ | テクニカルコミュニケーション |
| 基礎化学Ⅰ, Ⅱ | 構造解析学 | エネルギー変換材料学 | 【国際言語科目】 |
| 情報処理の技法 | セラミック材料学 | 機能無機材料学 | |
| 物質科学概論 | 金属材料学Ⅰ | 材料電気化学 | |
| 材料物理学 | 結晶物理学 | 材料化学プロセス学 | |
| 【国際言語科目】 | 弾性体力学 | 材料プロセス学 | |
| 【教養科目】 | 電磁気学 | 加工プロセス学 | |
| | 量子論概論 | 凝固加工学 | |
| | 製図基礎 | 表面科学 | |
| | 材料理工学演習 | 材料評価学 | |
| | 材料理工学実験Ⅰ | 材料理工学実験Ⅱ, Ⅲ | |
| | 環境安全科学 | 地域産業論 | |
| | 【国際言語科目】 | 外国文献講読 | |
| | 【教養科目】 | 創造工房実習 | |
| | | インターンシップⅠ, Ⅱ | |
| 教養基礎教育科目 | | | |
| 専門教育科目 | | | |

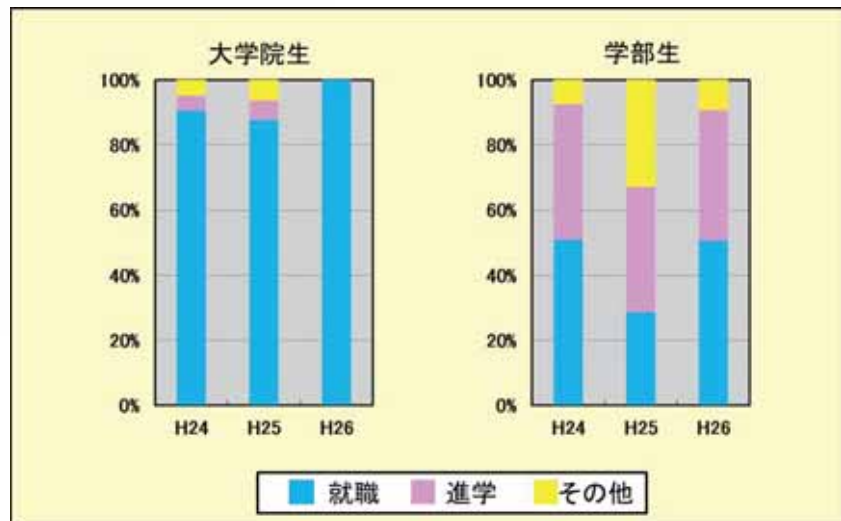
3. 進学と就職

3.1 卒業・修了後の進路

材料理工学コースを卒業・修了した後の進路は大きく分けると二つになります。一方は修士課程もしくは博士課程への進学，他方は就職です。就職する場合でも，公務員あるいは一般企業に分かれます。このページでは，理工学部物質科学科材料理工学コースの前身である工学資源学部材料工学科，平成26年度までの進学や就職先などについて説明します。

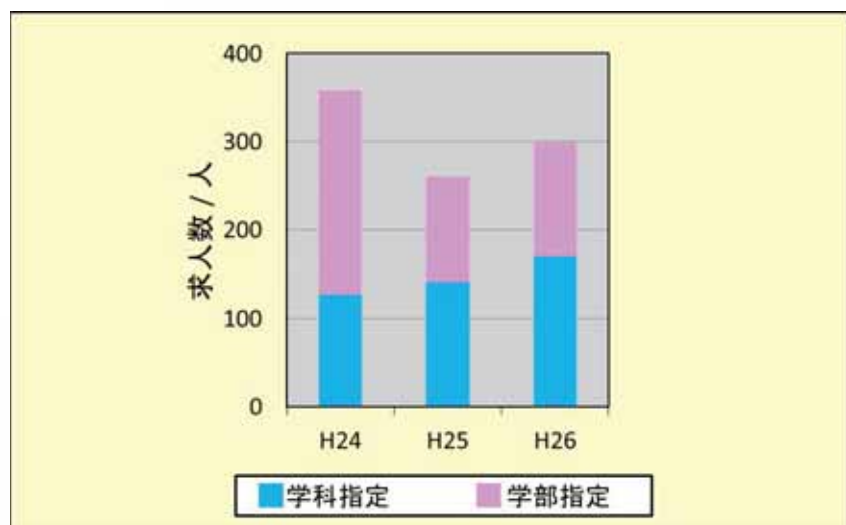
1. 進学率

進学者と就職者の割合についてですが，大学院生の場合にはほとんどが就職，学部学生は約50%が就職します。学部学生の40～50%程度が大学院進学です。その他は大半が公務員志望です。



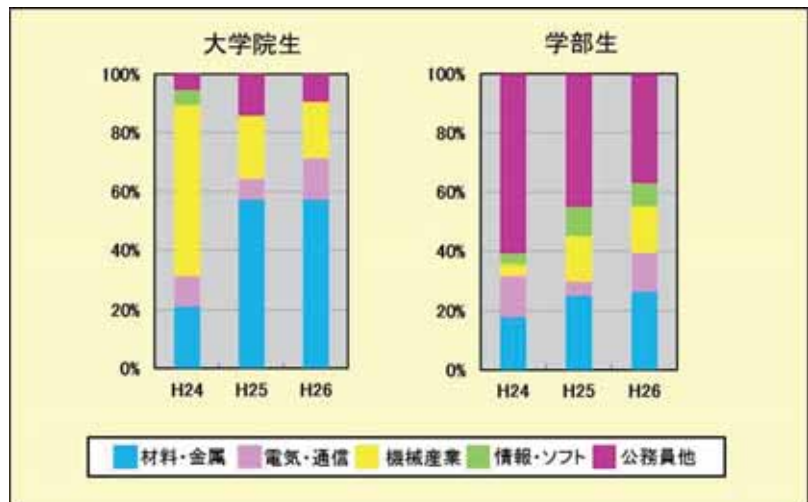
2. 求人数

つぎに，材料工学科，工学資源学部に対する求人数の推移を見てみましょう。求人数は年度により異なりますが，就職希望者数に対して十分な学科指定求人があります。



3. 就職先業種

就職者の産業別比率についてみると、材料・金属系産業や機械産業を中心に、さまざまな業種に就職していることがわかります。これは、材料理工学コース（前材料工学科）卒業生の進出分野が、一部の工学分野に限定されるものではなく、広い産業分野に及んでいることを示しています。



<24年度から26年度までの主な就職先は以下のとおりです>

| 学部生 | 大学院生 |
|--|--|
| JR東日本(3), NECエンベデッドプロダクツ, TDK, アイジー工業, アカオアルミ, ソフトウェア情報開発, デンソー機工, トヨタ自動車東日本, ニプロ, パンチ工業, ホシザキ東北, ヤマザキマザック, 医療法人徳真会, IHI検査計測, キリウ, ケーヒン・サーマル・テクノロジー, ホンダテクノフォート, 菊和, 真壁技研, 東北芝浦電子, 八神製作所, 鈴木, 丸木医科器械, 岩機ダイカスト工業(2), 光洋電子工業, 三井ミーハナイトメタル, 三徳化学工業, 三菱電機ビルテクノサービス, 三條金属, 秋田スバル自動車, 新潟ダイヤモンド電子, 前田ホールディングス, 大豊工業, 鶴見鋼管, 東京ラチエータ, 東北ヒロセ電機, 日軽パネルシステム, 日鉄住金環境プラントソリューションズ, 日本原燃, 日本大昭和板紙, 日本電機産業, 日本郵政, 日立システムズ, 日立ツール, 日鐵住金溶接工業, 福島製鋼, 北越メタル(3), 秋田県, 静岡県, 岩手労働局(2), 大館市, 八戸市 | DOWA ホールディングス(2), JR東日本, NECトーキン, NLT テクノロジー, YKK, アダマンド工業, イハラサイエンス, キヤノンアネルバ, コダマコーポレーション, サンディスク, ジヤトコ, スズキ, セントラル硝子, トヨタ紡績, マニー, IHIエアロスペース・エンジニアリング, アイメタルテクノロジー, アドバネクス, アライドマテリアル, アルファシステムズ, エフ・シー・シー, クロタニコーポレーション, ケーヒン, ケーヒン・サーマル・テクノロジー, ジェイテクト, タンガロイ, ディスコ, ワールドインテック R&D, 日本製鋼所, 三井ミーハナイト・メタル, 三和テッキ, 住友電装新潟原動機, 大昌電子, 大豊工業(2), 東北特殊鋼, 日産自動車, 日本軽金属, 日本原燃, 日本高周波鋼業, 日本電産コパル, 日立建機, 日住金建材, 浜名湖電装, 熊谷機械設計 |

※()内の数字は3年間の累積人数。()のないものは1人。

4. 資格

- 教職に関する単位を修得すれば、高等学校教諭一種免許状「工業」あるいは「理科」が与えられます。
- 材料工学科を卒業すれば、JABEE 認定プログラム修了者として「技術士補」に登録できる資格が得られ、技術士の第一次試験が免除されます。

3.2 大学院への進学

材料工学コースの卒業生は、材料の基礎科学から応用にいたる幅広い知識と技術を十分に習得して巣立っていきます。卒業後の進路は、大学院進学と、技術者としての企業への就職に大別されます。昨今の工業技術の進歩により、社会ではより高度な専門知識と多様性・総合性が求められています。秋田大学理工学部では、このような社会のニーズに対応して、平成 28 年度に秋田大学大学院理工学研究科博士前期課程とそれに続く理工学研究科博士後期課程を設置する予定です。

大学院 理工学研究科（予定）

【博士前期課程（2年：修士）】

理工学部を卒業し博士前期課程に進学すると、大学院理工学研究科物質科学専攻に所属することになります。博士前期課程では、材料工学の基本的な考え方である、『材料の基礎科学から工学的応用まで』に関わる幅広い分野を、より深くかつ実践的に学びます。社会が直面するエネルギー、環境の諸課題の解決や産業基盤を育成するために、ナノサイエンスやナノテクノロジーを駆使した次世代先端材料やエネルギー・環境材料の研究開発を行います。また既存技術を一新する製品プロセス革新に関する教育・研究を行います。ハードからソフトまで広範な産業分野の進展に対応できるように配慮しています。修了すると修士（工学）の学位が授与される予定です。

【博士後期課程（3年：博士）】

博士後期課程に進学すると、大学院理工学研究科総合理工学専攻に所属することになります。ここでは、博士前期課程に引き続いて、より高度な研究と教育が行われます。先端科学や産業界を担う第1線の研究者・エンジニアとしての教育と訓練が、国際的なレベルで行われます。修了すると博士（工学）の学位が授与されます。

卒業生からのメッセージ



住友金属工業(株)

大島 康弘さん

平成 13 年度 工学資源学部材料工学科卒業
平成 15 年度 工学資源学研究所材料工学専攻修了

モノづくりを支える材料工学！

自動車や家電製品など世界のあらゆる工業製品は、様々な材料・素材から作られています。材料工学科では、金属、半導体、セラミックス、磁性体、超伝導体など幅広い材料について、その特性、機能を研究しています。元々モノづくりに興味を持っていた私は、材料工学という分野からモノづくりを支えたいと思い、材料工学科を志望しました。

私は今こんな仕事をしています

現在私は鉄鋼メーカーである住友金属工業で溶融亜鉛めっき鋼板をつくる製造ラインに技術スタッフとして携わっています。亜鉛めっき鋼板は主に自動車や家電製品に使用されており、普段の生活でも目にする機会が多い材料です。製造ラインは全長 400m、作られている鋼板の長さも 1000m を超える非常に大規模なものです。要求される品質レベルは高く、直径 1mm の傷がひとつ入るだけでも出荷できない製品になってしまいます。見かけは大きな設備ですが、金属の材料組織といったミクロの視点から、絶えず複雑な制御をおこなっています。このめっき鋼板をつくるためには、鉄鉱石（酸化鉄）から鉄を還元する技術、鑄型に流し込み均一に凝固させる技術、薄鉄を延ばす技術、鋼板を連続して焼き鈍す技術、めっきを均一に塗布する技術など、ここに挙げきれないほど数多くの技術が必要となります。これらの技術を支えているのは材料工学であり、学生時代に得た知識がとても役立っています。

4. 材料理工学コースの研究活動

マテリアル創成科学講座

材料の物理的・化学的性質は、材料を構成する原子の種類や量、材料の作製法や熱処理などに応じて複雑に変化します。本講座では、さまざまな物質・材料が有する物理的・化学的性質の発生機構をナノスケールからミクロンスケールに及ぶ組織・構造解析ならびにシミュレーションに基づいて解明し、新材料・新機能の創出を推進するための教育と研究を行います。

- ・ 高分解能電子顕微鏡法による材料評価に関する研究（齋藤(嘉)）
透過型・走査透過型電子顕微鏡法を中核とするナノ計測技術を駆使して、材料の組織と構造を原子レベルで解析し、材料物性の微視的発現機構を解明する研究を行っています。
- ・ 金属・合金材料の構造と物性に関する研究（肖）
金属・合金材料がもつ多様な微視的構造と物性の関係を明らかにし、得られた知見を新合金開発に応用することを目指しています。
- ・ フォトニクス材料の光物性と光誘起構造の創製（小玉）
ワイドバンドギャップ結晶の合成と真空紫外分光による固体の励起状態の緩和過程の解明、また超短パルスレーザーによる超微細構造の作成について研究しています。
- ・ 有機および無機材料を用いたバイオ分子デバイスの開発（辻内）
有機色素、合成色素、アミノ酸、ペプチド、蛋白質、半導体物質、その他、有機、無機、化合物から構成されるバイオセンサー、イオンセンサー、色素増感太陽電池、などバイオ分子デバイスについて研究しております。
- ・ 磁性薄膜の高機能化に関する研究（石尾）
磁性薄膜の基礎物性研究と磁気計測装置の開発を進めるとともに、新規な永久磁石や高密度磁気記録材料などへ応用研究を行っています。
- ・ 情報知能材料の研究（長谷川）
電子ビームリソグラフィやイオン照射技術を用いて磁性薄膜をナノ微細化することで、超高密度磁気記録媒体への応用を目指した研究を行っています。
- ・ 凝固組織制御に関する研究（大笹）
フラクタル次元を用いた合金の凝固組織形態の評価および、凝固組織制御のために、凝固プロセスと組織形成過程のコンピュータシミュレーションについて研究を行っています。
- ・ 凝固プロセスのモデリングと凝固組織・偏析制御に関する研究（棗）
組織形成・流体・伝熱等の数値計算を用いて実用合金の凝固組織・偏析制御モデルの開発を行っています。

マテリアル機能講座

エネルギーや資源利用効率の向上に資するような機能材料を創製するには、材料がもつ物理的・化学的性質を極限まで追求することが重要です。本講座では、過酷な使用条件に耐え、工業製品の寿命と信頼性を高める材料、例えば高強度・高耐久性材料や高性能電気化学材料に注目して、実用化の観点から革新的な材料生産技術の創出を目指した教育と研究を行います。

- ・ 高温酸化物超伝導体に関する研究（魯）
高温酸化物超伝導相の生成機構の解明をめざすとともに、Bi系超伝導材料の作製および超伝導特性評価を行っています。
- ・ 機能性表面材料の開発に関する研究（原）
電気化学的手法と熱拡散法により、耐環境性、水素吸蔵性、耐熱性などの機能をもつ表面材料の開発や材料表面における物理化学的現象の解明に関する研究を行っています。
- ・ 金属の高温酸化および耐酸化性向上に関する研究（福本）
水蒸気による加速酸化メカニズムの解明と電気化学プロセスによる各種耐熱合金の耐酸化性改善について研究しています。
- ・ 超硬質セラミック材料の合成と機械的性質（泰松）
チタンやタングステンのホウ化物、炭化物は非常に高い硬度を持っていますが、焼き固めることが難しいです。超硬質セラミックスの開発を目指して、これらのセラミック複合体の合成と機械的性質について研究を行っています。
- ・ 計算機を用いた材料設計に関する研究（佐藤）
分子軌道法による電子状態計算を行い、金属材料の耐食性などの実際の性質との関連性を分子レベルで研究することにより、新しい材料設計を試みています。
- ・ セラミック構造材料の特性改善に関する研究（仁野）
従来よりも優れた機械的特性を有するセラミック材料の開発および、その特性改善メカニズムをミクロスコピックな立場から研究しています。
- ・ 電池・電極材料の開発（田口）
電気自動車用電池に代表される高性能二次電池および燃料電池と、素材製造プロセスで重要とされる省エネルギー型電極材料の研究開発を行っています。
- ・ 燃料電池材料の開発（高橋）
燃料電池は高効率でクリーンな発電システムとして有効な技術ですが、高活性・高耐久性が必要とされます。さらなる高性能化を目指し、材料工学・触媒化学・電気化学の観点から新規燃料電池材料の開発を行っています。

- ・ 高強度鋳造複合材料の研究（麻生）
材料が減っていくメカニズムを調べたり、多様化するごみなどに対処する装置などの耐摩耗材料の研究を行っています。
- ・ 材料の変形シミュレーションに関する研究（大口）
材料の変形を正確にシミュレーションできる構成モデルと、その構築に有用な情報を得るための実験手法について研究しています。
- ・ 鋳物の高性能化に関する研究（後藤）
高強度部品や複雑形状部品のための鋳物材料、及びそれらの製造に適した鋳造プロセスについて研究しています。



材料のミクロな形態や電子状態を調べる実験装置（理工学部3号館101室）と実験のようす



材料理工学コース

マテリアル創成科学講座・材料物理学研究室

教授 齋藤嘉一, 助教 肖英紀

研究課題：ヘテロ構造制御に基づく金属・半導体材料の新機能創出に関する研究

本研究室のキーワードは「ヘテロ構造制御」(“Hetero-structure control”)です。我々が追求する材料開発のアプローチとしては、合金や化合物半導体中にナノスケールで存在する様々な組織・構造の不均一性(ヘテロ構造)の実態を把握したうえで、これを積極的に利用する術を探求し(ヘテロ構造制御)、従来法では実現困難であった新機能を引き出すことを考えます。そのために、透過型・走査透過型電子顕微鏡法などのナノ計測技術を駆使して材料に内在するヘテロ構造因子、つまり不純物や第2相、格子欠陥などに関する正確な情報を引き出し、これらの物性影響を精密に評価・解析し、そこで得られた材料設計指針に基づいて常識を超えた性能や革新的機能を有する金属・半導体材料の創製を目指します。具体的な研究例として、マグネシウム(Mg)や銅をベースとした高性能析出硬化型合金の設計・開発、準結晶の構造とその物性影響、さらにはスキルミオン磁気構造材料の開発などを実施しています。

Mgは実用金属中最も比重が小さく、Alに代わる軽量構造部材として需要が急増しています。従来は、強度、延性、耐食性が低いなどの理由により、適用範囲が限られてきましたが、近年Mg-Zn-Y系において600 MPa超の降伏強度を有する合金開発が報じられ、脚光を浴びています。図1はその改良版としてMg-Zn-Y系に対してCeを同時添加した合金の析出組織を捉えた走査透過型電子顕微鏡像(HAADF-STEM像)です。白く見える線状コントラスト(写真a)や周期的に並んだ輝点(写真b)は、溶質原子(Y, Ce, Zn)の特殊な偏析・固溶状態を示し、優れた強度性能をもたらす影響組織と考えられ、力学物性との関連性の調査を進めています。

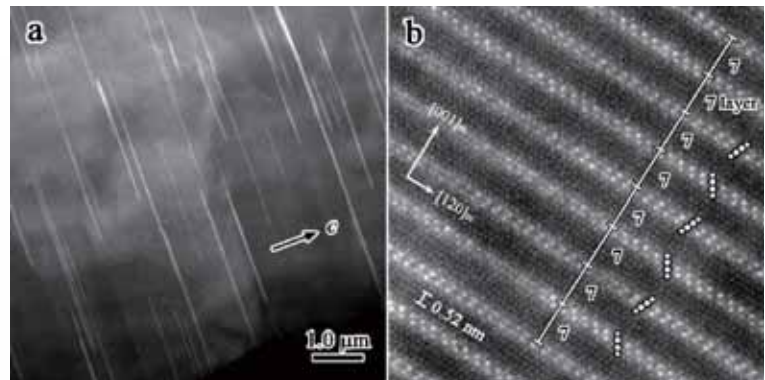


図1 Mg-Zn-(Y, Ce)合金の時効析出組織を捉えたHAADF-STEM像(平成26年度 金木大志 修士課題研究より)

準結晶は、1984年に発見された特殊な原子配列をもつ物質群です。従来の結晶材料のような周期性をもたないことから種々のユニークな性質を示します。図2はAl-Ni-Co正10角形準結晶の電子回折図形(a)と、その対応する原子配列を捉えたHAADF-STEM像(b)であり、準結晶のもつ美しい10回回転対称性が見てとれます。このような準結晶構造をもつ新物質を様々な元素を組み合わせることで合成し、その原子配列および物性を調べることによって、準結晶構造がどのように物性に関係しているかを解明することを目指しています。

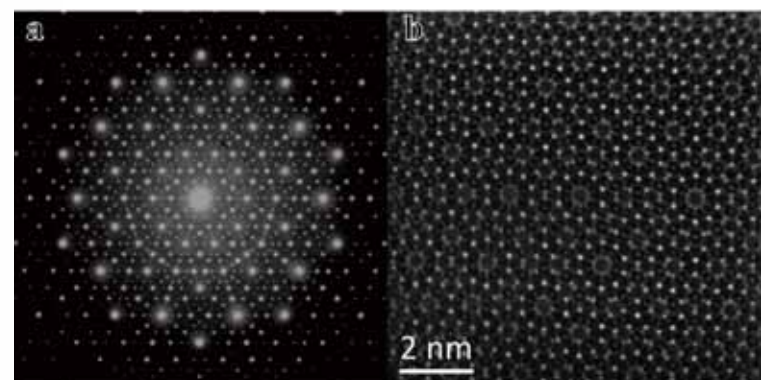


図2 Al-Ni-Co正10角形準結晶の電子回折図形(a)および原子分解能HAADF-STEM像(b)

材料工学コース

マテリアル創成科学講座・フォトニクス材料研究室

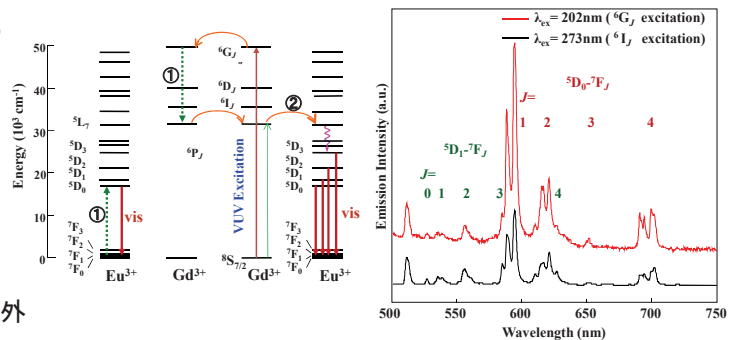
教授 小玉 展宏

研究課題：無機固体材料の光物性

「無機固体材料の光物性」(“Photophysics of inorganic solid-state materials”)をキーワードとして、“固体で光を創る、光で誘起構造を創る”という理念の基に、新材料の光機能発現、構造と光物性との相関、レーザー微細加工によるフォトニック結晶と呼ばれる新しい物質の創製を目指した基礎研究をしています。「フォトニクス」とは、フォトン(光の粒子、光子)を利用する技術です。フォトニクス技術を支える基盤となる新しい発光材料を始めとするフォトニクス材料は、省エネルギーディスプレイ、固体LED照明、光メモリ、高効率太陽電池のための波長変換材料、バイオイメージングへの応用が期待されています。また、フォトニック結晶とは、誘電率が光の波長程度の周期構造をもつ物質であり、光を自由自在に制御できる画期的で多様な光機能が予測され、光技術の新たな分野を切り開くものです。

物質創成科学講座・フォトニクス材料研究室では、無機材料を中心に、新奇な結晶セラミックス、単結晶、ガラスを作成し、それらのもつ光物性を分光学的手法により調べています。“固体に光を照射すると何が起きるのか”という基本的な疑問に答えることを目標に、固体の励起状態(エネルギーの高い状態、励起子)や固体の構造変化などを、シンクロトロン軌道放射光を利用した極端紫外光から可視光、近赤外光を用いる分光装置で解析します。また、パルスレーザー光時間分解分光装置により、励起状態からの電子やエネルギーの緩和・伝達過程のダイナミクスを、解明することで、新たな光学遷移過程(発光遷移)をもつ、例えば量子カッティング(1光子吸収2光子発光)材料の設計、開発に繋げています。

図1は、結晶中の Gd^{3+} - Eu^{3+} 対における光励起によるエネルギー伝達モデルと真空紫外



励起での2光子発光の実証結果を示し、このモデルを応用し、太陽電池の効率アップのための可視-近赤外波長変換材料を研究しています。また、光励起で生じた正孔の自己束縛効果に関与する長残光蛍光現象のメカニズムを解明し、新たな蓄光材料の設計、提案をしています。さらに自己束縛励起子(自ら作った格子歪みに束縛された電子-正孔対)の発現とその構造や緩和過程の解明による光と固体の構造変化や欠陥生成に関する基礎研究を行っています。

図2には、フェムト秒(1兆分の1秒)超短パルスレーザー光照射により、 $Ti^{3+}:Al_2O_3$ 単結晶表面に形成されたナノ周期構造の原子間力顕微鏡写真(a)とLKBホウ酸塩ガラス表面にナノホール(直径約150nm)の2次元アレイを形成した電子顕微鏡像(b)です。これら

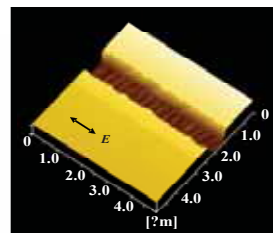


図2. (a) ナノグレーティング

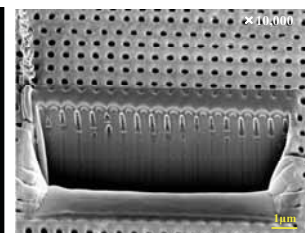


図2. (b) ナノホールアレイ

の成果は新しいフォトニック結晶の創製に繋がるものです。フォトニクス材料研究室では、新奇な光物性を示す材料探索と発現機構の解明を通し、光と物質の相互作用に関する基礎研究を進めています。

材料理工学コース

マテリアル創成科学講座・分子エレクトロニクス研究室

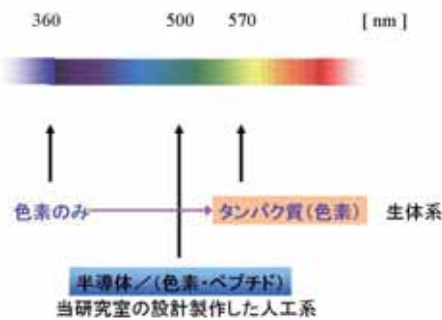
講師 辻内 裕

研究課題：分子エレクトロニクス材料の開発と応用

「分子エレクトロニクス材料の開発と応用」(“Nano-molecular Electronics and Application of Nano-molecular Electronic materials”)が研究のキーワードです。従来の電子部品の構成とは異なる、分子を最小ユニットとして組み立てるエレクトロニクス技術が20世紀後半から検討されてきています。水素、炭素、窒素、酸素、などありふれた元素を中心に、組み立てられる分子エレクトロニクス材料は、省資源、省エネルギーを実現し、高性能となると想像されています。分子の集合体中を電子や光子が移動、エネルギー変換、ほか様々な機能を発現する材料の開発をめざし、光合成の人工システム、分子エレクトロニクスデバイス、高機能単分子薄膜技術、ほか様々な応用化技術へ発展する分野です。

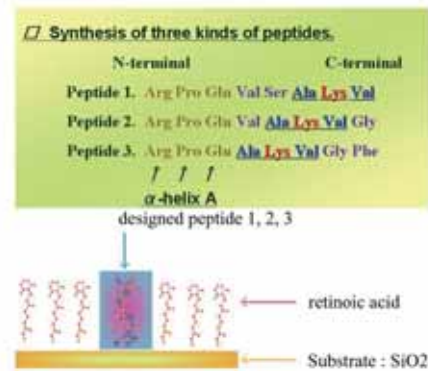
材料物性学講座・分子エレクトロニクス研究室では、まだ歴史の浅いこの分野への研究を促進するための手法として、これまで培ってきた生物物理学の知見を活かして分子・原子システムの設計を行っています。例えば、生体系に存在している超分子のタンパク質の構造と機能の解析から、その機能に迫る人工系の構築を試みて、可能性を見出しています。図1は、光吸収の波長制御技術を人工的に設計した例で、生

図1. 吸収される光の波長と生体系および人工系の光吸収帯



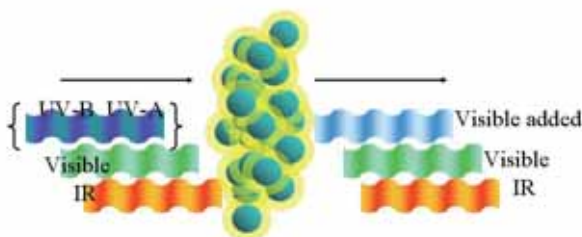
体系の機能に迫る波長制御を可能にしました。図2は、その人工系で使用した、8個のアミノ酸から構成される高分子の設計と、無機基板へ配列化した分子薄膜の模式図です。このような手法はたいへん有効であり、草創期の今日の分子エレクトロニクス材料を開発、設計に適した方法論になっています。設計する超分子はまた、3次元的に電子の移動応答を示し、分子トランジスタの性質を示すので規則的に配列させた超分子は3次元電子回路を構成すると想定されています。そのほか、超分子で形成するモーターは電極のブラシもなく摩耗することなく永久に回転し続けることが知られています。当研究室では、そのほかにも、アミノ酸分子と蛍光色素分子を反応させて得られる合成化合物

図2. 半導体に随伴させる生体親和性分子:ポリペプチドの設計



り、草創期の今日の分子エレクトロニクス材料を開発、設計に適した方法論になっています。設計する超分子はまた、3次元的に電子の移動応答を示し、分子トランジスタの性質を示すので規則的に配列させた超分子は3次元電子回路を構成すると想定されています。そのほか、超分子で形成するモーターは電極のブラシもなく摩耗することなく永久に回転し続けることが知られています。当研究室では、そのほかにも、アミノ酸分子と蛍光色素分子を反応させて得られる合成化合物

図3. 紫外可視光変換材料の開発と応用: UVB、UVAともに可視光線に変換



が、紫外線を吸収して高い変換率で可視光を放出する人工物質を開発しています。(図3)可視光への高い変換率を示すので、可視光線を利用する光電池全般の効率アップ材料として利用できるほか、バイオ、化粧品など多彩な用途が期待でき、分子レベル、錯体レベル、ナノ粒子レベルで様々な産業上の応用が想定されています。

材料理工学コース

マテリアル創成科学講座・物理知能材料学研究室

教授 石尾俊二、 助教 長谷川崇

研究課題：ナノマグネティック・マテリアルの物性と応用

「ナノマグネティック・マテリアルの物性と応用」(“Physics and Application of Nano Magnetic Materials”)が研究のキーワードです。情報サーバー、ナビゲーションをはじめとする情報機器では、記録される情報量が急速に増大しています。そのために情報機器の演算速度、記録密度の高速化・大容量化の要求がますます高まっており、新しい記録方式導入を目指した高飽和磁化や高磁気異方性を有する新素材の開発が待たれます。またクリーンエネルギー社会実現のキーデバイスは、機械-電気変換素子ですが、その中心材料は永久磁石であり、希土類元素を含まない革新的永久磁石の創成が求められています。「ナノマグネティック・マテリアル」は、これらの社会的要請を解決するキーテクノロジーです。

マテリアル創成科学講座・物理知能材料学研究室では、さまざまな手法でナノマグネティック・マテリアルである磁性薄膜やナノ微粒子を作製し、さらに電子ビーム微細加工法を用いて加工します。ナノ材料の表面磁性や磁区構造等を、カー効果や磁気力顕微鏡などの微細計測装置で評価します。さらに、合成したナノメートルサイズの微粒子やドットパターンの新しい物性を調べ、新規な物性の発現機構を解明します。それらの研究成果をベースにして、次世代のナノ・マグネティック・デバイスの提案を行います。

図1はFePt規則合金薄膜の透過電子顕微鏡(TEM)像と走査電子顕微鏡(SEM)像です。FePtは、大きな結晶磁気異方性をもつため、次世代の記録媒体として期待されています。また大きさが100nm以下のナノドットは、電子情報デバイス、バイオ医療材料、化学機能材料等の様々な分野で、新しい機能材料として期待されています。

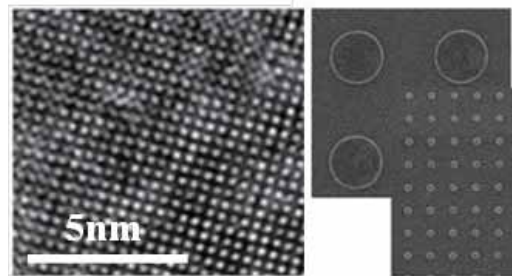


図1 膜面に平行に(001)面が形成されたL10 FePt薄膜(TEM像)と15nmのドット・パターン(SEM像)

図2には、高分解能で試料の磁気情報を検出する磁気力顕微鏡を用いて観察したFePtナノ粒子とCoPt/Ru/CoPt反強磁性結合積層膜で見られる特異な磁区構造です。図2(c)には、次世代記録媒体として期待されるFePtドットが規則的に配列したパターンを示します。今後、超高密度磁気記録素子への実用化が期待されています。

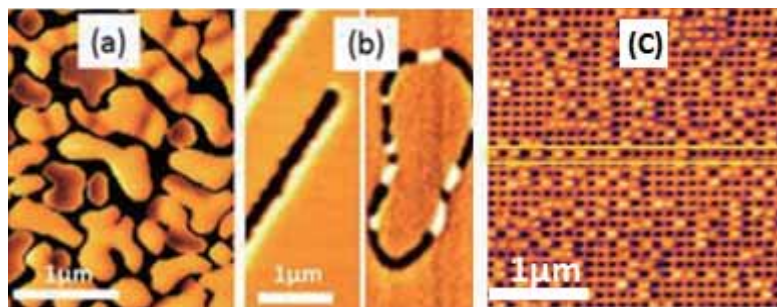


図2 磁気力顕微鏡で観察したFePt微粒子(a)、反強磁性結合したCoPt/Ru積層膜(b)、及び微細加工で作製したFePtパターン(単一ドットの直径は15nm)の磁気構造

物理知能材料学研究室では、未知の材料への探索と新しい物性を研究する基礎研究を行い、その成果をもとに新製品やデバイスを創造する応用研究を積極的に進めます。

Bi 系高温超伝導材料の溶融・凝固による組織制御

1985年高温超伝導体の発見以来、その間超伝導発現機構の研究、新物質の探索、結晶構造の解明、材料組織の研究、線材技術、成膜技術、接合技術の研究と数多くの研究がなされたが、状態図の研究は少ない。Bi 系高温超伝導体には Bi-2223、Bi-2212、Bi-2201 相と呼ばれる3種類の結晶相が存在し、それぞれの相の臨界超伝導温度は約 110、約 80、約 20K であることが知られている。しかし、この系ではその状態図が複雑なため、まだはっきりと確立されていない。本研究室では、高温顕微鏡、X 線回折、電子走査顕微鏡、熱分析、磁化測定など方法を利用して Bi 系高温超伝導体の生成機構、溶融・凝固による組織制御、状態図などについて研究を行う。Bi 系の擬二元状態図（図 1）を提案した。

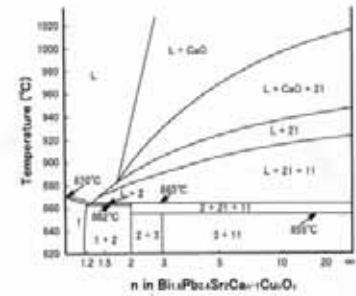


図 1 Bi 系の擬二元状態図

高温超伝導テープ材の作製と特性評価

Bi 系超伝導体の Bi-2223 高温相は板状結晶であり、a-b 面に沿って電流が流れると言われている。そのため、プレスや圧延などの加工法を用いた線材の試みが多く報告されているが、溶融法により Bi-2223 を配向させることができるかどうか、まだ不明である。本研究室では、これまでに Bi-2223 高温相組成を用い Bi-2223 相の生成と配向性について溶融・凝固・焼結プロセスにより検討してきた。溶融・凝固により生成した Bi-2201 相および Bi-2212 相の配向組織は表面及び基板界面近傍に薄く (<20 μm) 生成した。Bi-2223 相は凝固後の長期間の焼結により生成し、配向性は凝固生成した Bi-2201 および Bi-2212 相の配向性を受け継ぐことをあきらかにした。図 2 は 77K で異なる方法で処理した超伝導テープ試料の臨界電流密度 (J_c) を示す。焼結する前に半溶融したテープ試料 (c、d、e) の J_c 値は半溶融しなかった試料 (a、b) のより高いことがわかる。これは半溶融処理したため、緻密な試料が得られ、結晶配向の制御が可能であるなどの点があると考えられる。

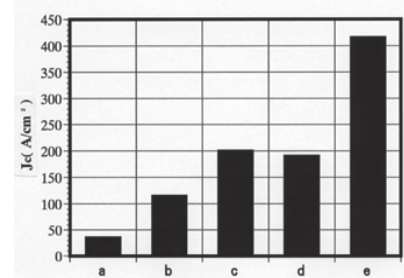


図 2 異なる方法処理した超伝導テープ試料の臨界電流密度

強磁場中での Bi 系高温超伝導体の育成

磁場中の結晶成長法で作製した Bi-2212 バルク試料では配向した Bi-2212 組織は表面だけではなく、試料の中部でも存在することがわかった。しかし、溶融プロセスにおいては Bi-2223 超伝導体の生成におよぼす磁場の影響はまだ明らかにされていない。本研究では強磁場中における Bi-2201 相の結晶成長と配向性を検討した。強磁場中で 870~880°C で 1 時間の半溶融・凝固後の試料には磁場方向に c 軸配向した Bi-2212 相を生成した。さらに 840°C で 240 時間焼結すると、これらの c 軸配向した Bi-2212 相は c 軸配向した Bi-2223 相になることが確認された。最近、本研究室では温度勾配と強磁場を同時に付加して焼結における Bi-2223 相の生成と配向性を検討した（図 3）。温度勾配下で焼結した試料は c 軸配向した Bi-2212 相と Bi-2223 相の混合組織が表面層だけでなく、試料の内部にも存在し、さらに強磁場を付加した場合には、Bi-2223 相の配向度が高くなることがわかった。



図 3 温度勾配と強磁場を同時に付加して焼結試料の SEM 写真

材料理工学コース

マテリアル機能講座・表面工学研究室

教授 原 基、 准教授 福本倫久

研究課題：イオン液体・電気化学を利用した機能性表面の創製

「イオン液体・電気化学を利用した機能性表面の創製」が研究のキーワードです。イオンを含む有機溶媒や熔融塩は水分子を含まない電解質液体で、これを反応場にして陽イオンの電気化学的還元反応を起こさせると、水溶液中では析出しない Al, Li, Si, Hf, Zr, 希土類元素 (La, Ce, Y, Dy, Nd) などの機能性元素を析出させることができます。当研究室では、イオン液体を反応場とした電気化学を利用して超高温環境でも酸化しないコーティングの作製や自動車用エネルギー源として重要になっている 2 次電池用電極の作製を行っています。

図 1 に、ジェットエンジンのキーマテリアルであるタービブレードに施される「耐酸化コーティング」を示しています。タービブレードには、1000℃以上の燃焼ガス (O₂, 水蒸気, CO₂) が吹き付けられますので、ブレード表面は非常に酸化されやすく、耐酸化コーティングが施されています。当研究室では、耐酸化コーティング材として「Ni アルミナイド」に注目し、Ni 膜上に高温イオン液体 (NaCl-KCl 熔融塩) を媒体とした電気化学反応により Al を析出させ、「Ni アルミナイド」コーティングを作製しています。

図 2 に、ハイブリッド車のエネルギー源として使用されている Ni・水素電池とリチウムイオン電池を示します。Ni・水素電池の負極材には LaNi₅ を主体とした水素吸蔵合金が使用されていますが、作製方法が複雑で製造におけるコストが高くなります。当研究では、Ni 基材上に高温イオン液体を媒体とした電気化学反応により La を析出させることで LaNi₅ 膜の形成に作製に成功しました。この方法は、簡便な低コスト・プロセスとして注目されています。同様に、Ni 基材上に高温イオン液体を媒体とした電気化学反応により Li を析出させることで Ni-Li 合金膜を生成し、これを高温酸化させることでリチウムイオン電池の正極材である LiNiO₂ 膜の形成にも成功しています。当研究室で作製した LaNi₅ 膜および LiNiO₂ 膜の断面写真を図 2 中にそれぞれ示しています。

表面工学研究室では、今後も新しい反応場を使って新しい機能性表面の創製を進めます。

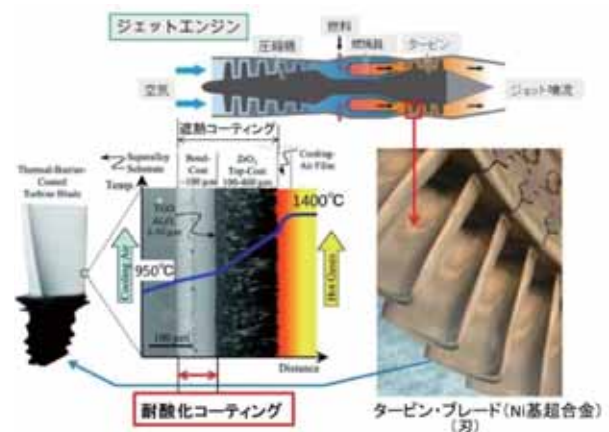


図 1 ジェットエンジン・タービブレードにおける耐酸化コーティング

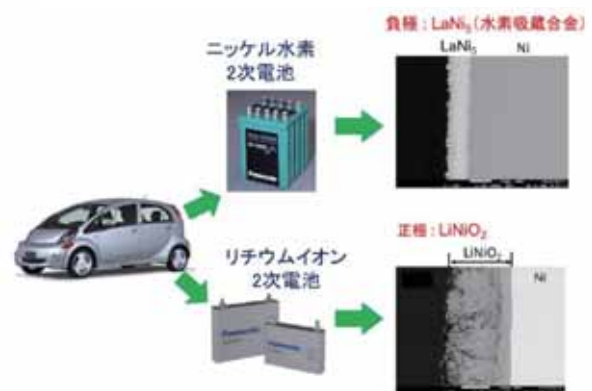


図 2 高温イオン液体を媒体として作製したニッケル水素電池・負極, リチウムイオン電池・正極の断面写真

材料理工学コース

マテリアル機能講座・セラミック材料学研究室

教授 泰松 斉、 准教授 仁野 章弘

研究課題：硬質セラミックスの合成と機械的性質

「硬質セラミックスの合成と機械的性質」(“Preparation and Mechanical Properties of Hard Ceramics”)が研究のテーマです。身の回りのさまざまな製品の多くは切削加工により作られています。同じ部品を大量生産する時代から多品種小ロットの時代に代わったことから、切削加工の高能率化と高精度化への要求がますます高まっており、過酷な使用条件下での使用に耐えうる高性能硬質セラミックスの開発が望まれています。「硬質セラミックス」は、直接目には見ることが少ないですが、社会生活を支えている“キーマテリアル”です。

通電加圧焼結による硬質セラミックスの合成

切削工具(図1)、研磨剤、耐磨耗性の要求される部材に用いられる硬質材料として、金属系、セラミックス系を複合した材料が開発され、種々の分野に利用されている。タングステンカーバイド(WC)やチタンカーバイド(TiC)のようなIV、V、VI族遷移金属炭化物は、高融点、高硬度であり、原子どうしの結合力が強く外力に対する変形抵抗が大きいという特徴を有しており、超合金あるいはサーメットとして多く利用されている。WC系とTi系の材料を、工具として使用する場合、加工のための形状に高い精度で仕上げられなければならない。よって、高い形状精度が要求される。すなわち、切削工具材料自体の被加工性も重要な性質である。特にWC系材料は、導電性を有するため、放電加工が可能であり、複雑形状がダイヤモンドで容易に加工でき、良好な加工特性が期待できる。

WC、TiCは難焼結性であるためにCoやNiといった金属を添加し、液相焼結を行うことにより、主に超合金やサーメットとして切削工具に用いられている。しかし、金属を添加することで焼結性、破壊靱性値が上昇するが、ヤング率や硬度が低下し、金属相の存在により耐食性も低下する。そのため、CoやNiを添加せずに破壊靱性値の高い焼結体を作製するのが理想的である。

通電加圧焼結法によるWC-SiCの作製

WCは高い硬度とヤング率を持つが、難焼結性材料である。一般には焼結性の改善のため、Coを添加して切削工具等に用いられている。しかし、Coを添加すると焼結性、破壊靱性値は増加するが、硬度、弾性率、耐食性は低下する。そのため、Co無添加の高硬度WC焼結体を作製することは非常に重要である。

SiCは耐磨耗性、ヤング率に優れる。SiC添加により、焼結性、靱性は改善された。

本研究室では、WC-SiC複合体の焼結にはSPS焼結工程を用いていたが、焼結性を改善することにより、より実用性のある常圧焼結を用いたWC-SiC複合体の焼結も目指している。



図1 実用材料(リーマ)の試作品

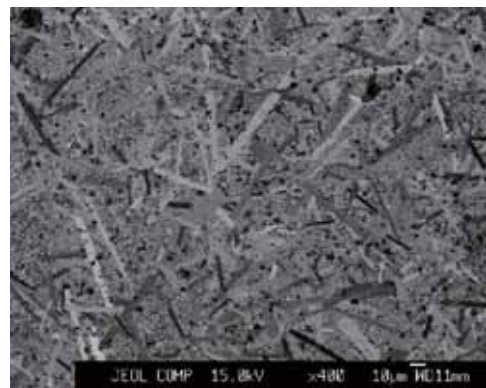


図2 WC-4.85 mol% SiCの組織写真

材料工学コース

マテリアル機能講座・材料設計学研究室

准教授 佐藤芳幸

研究課題：計算機を用いた材料設計に関する研究

現代の材料学の3本柱は、理論・実験・計算であるといわれており、計算機を用いた材料設計はその3つの柱の1本をささえるキーテクノロジーです。計算材料科学と呼ばれる分野においては、材料の特異な性質を実験にたよらずに計算で導き出すための地道な研究がなされています。材料に高度な機能性を要求する現代の物質文明のさなかにあつて、実験不可能な条件のクリアが必至な場合がままあります。たとえば、1000年の寿命の要求や、未知の惑星上での動作保証などがそうです。また、一方では、実験で検討できる量には限度があるのに対して、計算機の演算能力の発展によって計算検討で調べられる範囲は随分と広がってきています。すなわち、不可能であるとして諦めざるを得なかった検討によって、新しい機能材料を手にする道が拓けているのです。

当研究室では、パーソナルコンピュータを用いた分子軌道法による電子状態計算を行い、金属材料の耐食性やの実際の性質との関連性を分子レベルで研究することにより、新しい材料設計を試みています。

図1は、分子軌道法によって計算された電子雲のかたちと、いわゆるボーア模型による原子や分子の表現との比較です。電子の存在確率によって表現された電子雲は、高校までに学習する模式図とは随分と異なっていることが分かります。計算結果は、このような電子雲のかたちだけではなく、電子軌道の持っているエネルギー準位に関する情報も含まれ、材料の化学的性質、ひいては強度などの物理的性質にも関連します。

図2には、X線光電子スペクトル分析によって得られるプロファイルを、計算と実測で比較したものです。このスペクトルは、材料表面からはじき出される電子のエネルギー

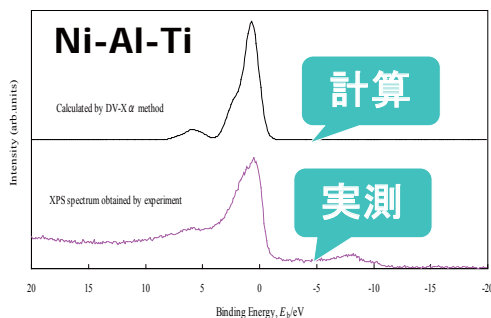


図2 Ni-Al-Ti合金において、電子状態計算で求められたXPSプロファイルと実測されたプロファイル

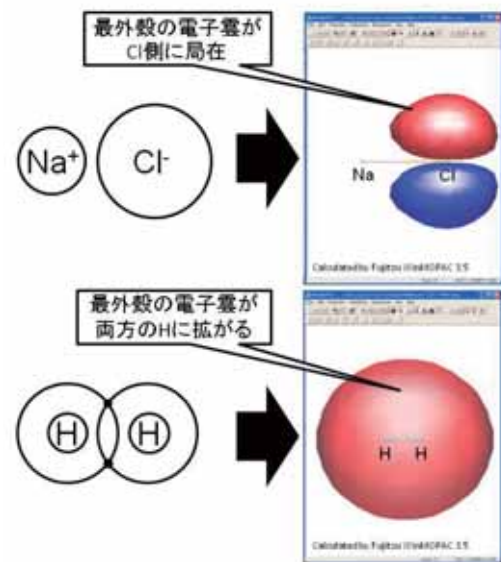


図1 NaCl および H₂ 分子のボーアモデルと分子軌道法による分子軌道計算結果との対応

て理論的に分布を考えることが出来ます。このように、計算結果が非常に良く実測結果を予測しています。

当研究室は、このような材料の物性値と耐食性との関連性を明らかにし、新しい高温耐食材料を開発する基礎研究を行い、その機能性をもとに現象の理解や新たな要求への対応に関する応用研究を積極的に進めます。

アンモニアを燃料とした新規燃料電池の開発

現在の電気エネルギーは火力発電によるものが大部分であり、その原料は枯渇が心配される化石燃料です。そのため、太陽光や風力などの再生可能なエネルギーの利用技術が強く求められています。その際の「エネルギー貯蔵体」として注目されているのがアンモニア NH_3 です。さらに、このアンモニアを効率的に電気エネルギーに変換する方法として、「燃料電池」が想定されています（図1）。アンモニアを直接に供給する燃料電池では、放電生成物は窒素 N_2 と水 H_2O のみです。生体に有害な物質や地球温暖化の原因となる二酸化炭素 CO_2 は排出されません（図2）。したがって、アンモニア燃料電池は、地球環境にやさしい「エネルギー変換システム」と言えます。私たちの研究室では、アンモニアを用いた高起電力・高容量のアルカリ形燃料電池の開発を目指しています。

省エネルギー型 Pb 基不溶性アノードの開発

Zn 電解採取は、Al 電解採取に次いで電力を大量に消費する製造プロセスです。そのため、電力料金が高額な我が国では、Zn の生産コストが割高になり、産業としての国際競争力が低下しています。しかし、Zn 電解採取はレアアース・レアメタルの生産やリサイクルに深く関わっており、この分野を維持・発展させることは、先端的製造業を抱える科学技術立国としてきわめて重要なことです。私たちの研究室では、Zn 電解採取における省電力の不溶性アノードの開発を目指し、「粉末圧延法」という手法を用いて、酸化物触媒を分散させた全く新しい Pb 基アノードを製造しました（図3）。従来型アノードでは、稼働状態においてアノード表面が PbO_2 に覆われ、酸素過電圧がかなり高くなります。これに対し、新型アノードでは、Pb 基地に予め RuO_2 などの酸素過電圧が低い酸化物触媒を分散させることで、アノード電位ひいては槽電圧を大幅に低下させることができました。その結果、Zn 電解採取の消費電力を大幅に削減させることに成功しました。



図1 エルギー貯蔵体としてのアンモニアとアルカリ形アンモニア燃料電池

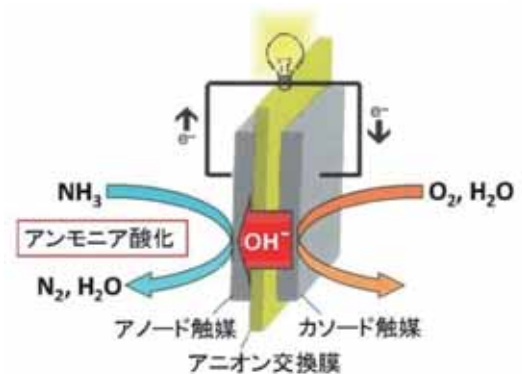


図2 アルカリ形アンモニア燃料電池の構成と放電反応

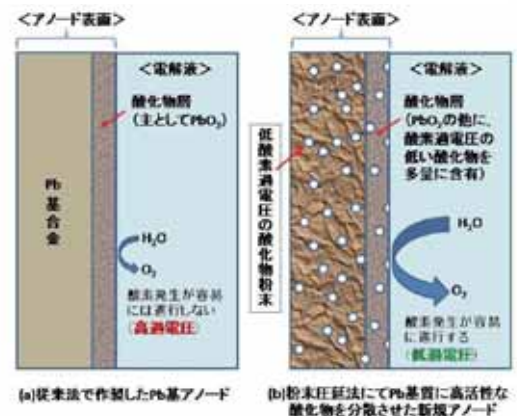


図3 従来型アノードと新規アノードの相違

材料理工学コース

マテリアル機能講座・材料開発工学研究室

教授 麻生節夫、 助教 後藤育壮

— 鑄造法による局部強化 — 粉末鑄ぐるみ法

炭化物粒子や超合金粒子を鑄造材料の表面近傍に分散させて局部強化を図る方法です。図1は強化材としてサーメット、WC、TiCなどの粉末を使用し、27Cr白鑄鉄で鑄ぐるんだ例です。鑄ぐるみ層の硬さはいずれの場合も母材の2倍近いHv1200程度となりました。また、強化材としてサーメットや超合金の廃材を使うことで低コスト、省エネルギー化を図ることができます。

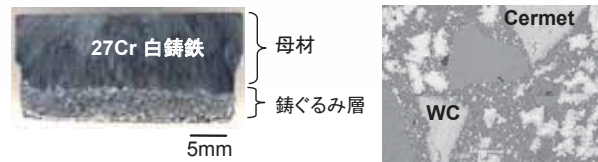


図1 27Cr白鑄鉄母材で強化粉末(50vol%Cermet+50vol%WC)を鑄ぐるんだ試料のマクロ組織

— 成長鑄鉄の摩擦挙動

ねずみ鑄鉄に加熱・冷却のサイクルを繰返し加えると、微小な空洞の形成により体積が増加します。この現象を「成長」といいます。成長鑄鉄の空洞部分に潤滑油を含油させた含油軸受は、現在建設機械や産業機械の軸受として多方面に使われています。図2は成長前後のねずみ鑄鉄の組織ですが、成長により黒く細長い片状黒鉛の表面に凹凸が生じ太くなったように見えます。本研究室では、成長量と潤滑効果の関係を調べるとともに、より効率的な成長処理について研究を行っています。

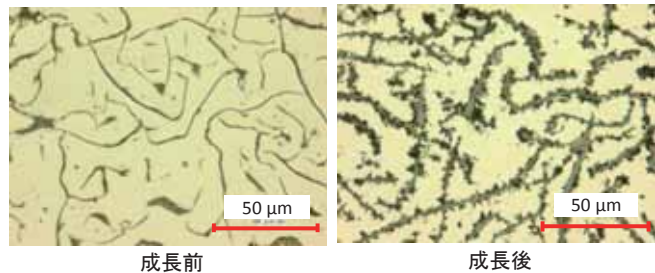


図2 成長前後のねずみ鑄鉄のミクロ組織

— 純金属鑄物の凝固特性

私たちの身の回りには、ダイオードやLED、トランジスタなどの半導体素子が使われています。しかし、半導体素子は使用時に発熱し、電子機器の性能の低下や故障を引き起こすことがあることから、放熱・冷却のためのフィンを備えたヒートシンクが取り付けられます。本研究室では、純金属鑄物の凝固過程や鑄造欠陥の生じやすさについての研究を通じて、放熱性に優れた純アルミニウム製のヒートシンクを低コストに製造するための鑄造設計技術の確立を目指しています。

— 鑄造シミュレーションの利用

鑄造の短所は、流し込んでいる途中に凝固してしまうことや、凝固の際の収縮により、不良品が発生する場合があります。そこで役立つのが鑄造シミュレーションです。鑄造シミュレーションを用いることで、実際には見ることのできない鑄型の中の様子をアニメーション化して観察することができます。例えば、最後に凝固する部分には欠陥が発生する場合がありますので、その位置を事前に調べたり、欠陥が発生しない条件を探したりすることができます。

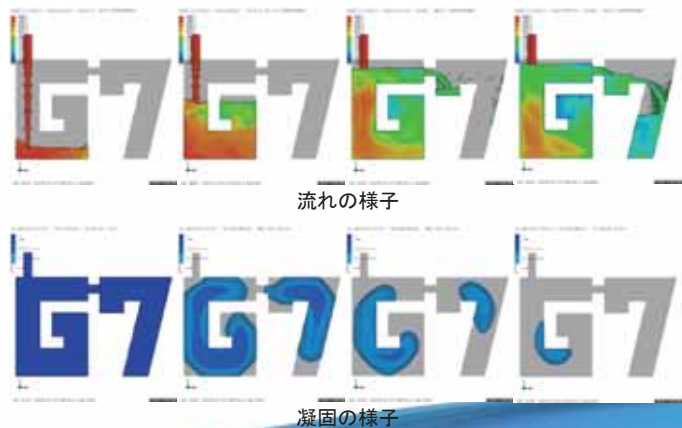
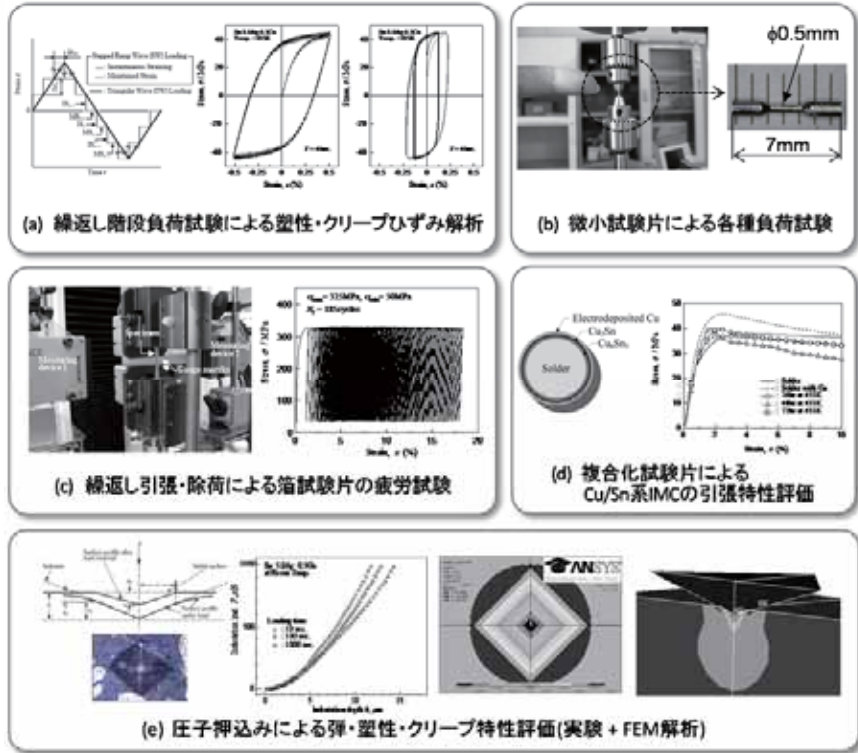


図3 鑄造シミュレーション結果の例

— 材料の変形および疲労特性の評価方法に関する研究 —

材料の変形様式は、負荷を与える速度や温度などの条件により変化します。また、本来は破壊することがないと思われる大きさの力でも、これを繰り返し与えると材料が疲労し、破壊に至る場合があります。

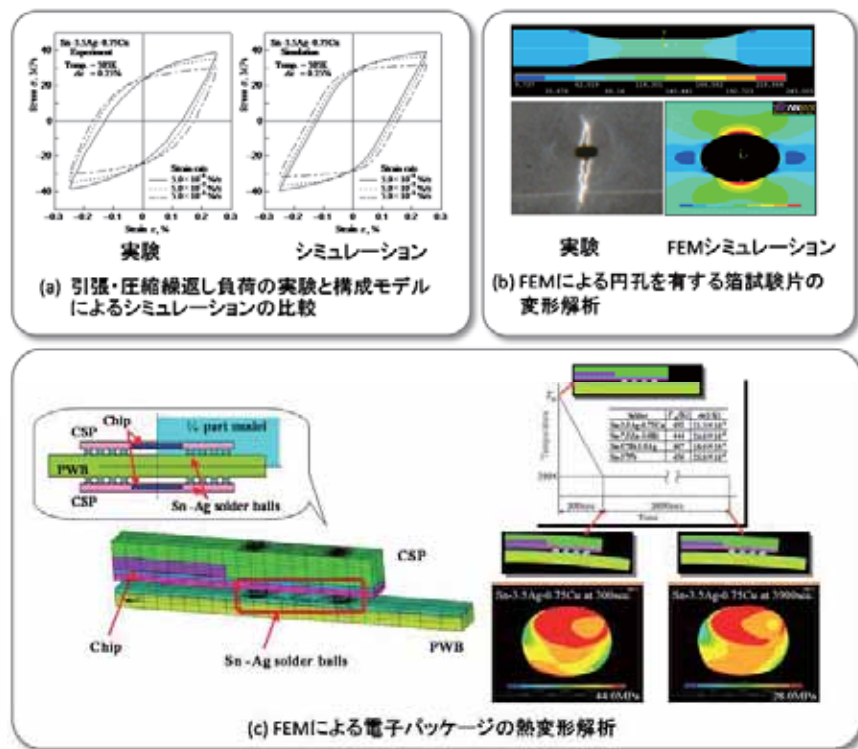
本研究室では、材料をより安全に使用するために、新たな試験方法や試験データの数値処理法を開発し、材料の変形および疲労特性をより正確に評価することを目指しています。



— 機械構造物の変形シミュレーションに関する研究 —

機械構造物の設計では、負荷を受けても壊れることがないように、使用する部品の強度信頼性を確保しなければなりません。このためには、負荷を受ける材料の変形を表す構成モデルと呼ばれる数学モデルを構築し、このモデルを計算機シミュレーションに用いて機械構造物を設計する必要があります。

本研究室では、材料の構成モデルを構築し、有限要素法(FEM)による計算機シミュレーションに応用する技術を開発しています。



材料理工学コース

マテリアル創成科学講座・材料組織制御学研究室

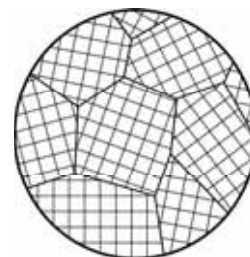
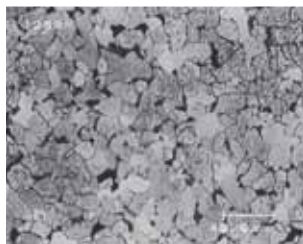
教授 大笹憲一、 准教授 棗 千修

研究課題：材料の凝固組織形成とその制御に関する研究

ほとんどの材料は溶けた状態から固まる過程（凝固）を経て製造されます。そのとき形成する組織が最終製品の機械的特性に影響をおよぼします。生まれがその材料の一生を決定する事から、凝固組織形成過程の解明とその制御による材料特性の向上を目指して研究を行っています。

材料の組織とは？

右の図は鉄の表面を磨いて酸で腐食したものです。細かい粒がたくさん見えます。金属材料は原子が規則正しく配列した結晶構造になっています。右の図の粒は結晶の並び方の方向が違う多くの領域を示しており、多結晶粒組織と呼ばれます。このような組織が材料の性質を決定します。



鉄の結晶粒

マルチスケール解析

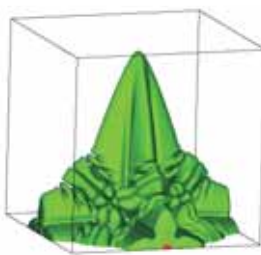
材料の組織は原子レベルのナノスケール、 μm のオーダーのメゾスケール、肉眼で見えるマクロスケールの広い範囲のスケールで形成します。この広い範囲での解析をマルチスケール解析と呼びます。

ナノスケール解析

分子動力学法という方法で原子の動きを直接計算し、液体中に固体の芽が発生する現象（核生成と呼びます）を研究します。芽がたくさん出来れば細かい結晶粒組織となり、金属材料の強度が向上します。

メゾスケール解析

多くの合金材料は凝固するとき雪の結晶と同様に枝分かれした形状で成長します。これを樹枝状晶（デンドライト）と呼びます。この枝の間隔を細かくすると金属材料の強度が増加します。フェーズフィールド法と呼ばれる方法でシミュレーションを行います。



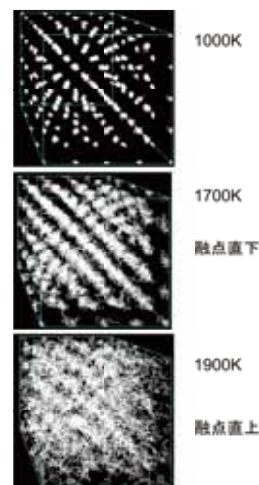
樹枝状晶（デンドライト）

マクロスケール解析

結晶粒組織は凝固時に最初に形成されます。そこでこの凝固結晶粒組織形態を制御することがとても重要になります。セルオートマトン法という方法で凝固時の結晶粒組織形成過程のシミュレーションを行っています。

新材料の創製

以上のような凝固組織形成シミュレーションにより組織が形成するメカニズムを明らかにし、その知識に基づいて組織制御法を確立することにより、希望する材料特性を有する材料を創製することが出来ます。



鉄の原子の運動



一方向凝固組織