THE UNIVERSITY OF
OSAKA

大阪大学大学院工学研究科
マテリアル生産科学専攻
マテリアル科学コース

〒565-0871 大阪府吹田市山田丘 2-1
TEL 06(6879)7508［教務担当］ 06(6879)7523［マテリアル科学事務室］
FAX 06(6879)7522
URL http://www.mms.eng.osaka-u.ac.jp［マテリアル生産科学専攻］
http://www.mat.eng.osaka-u.ac.jp［マテリアル科学コース］

マテリアル科学
Materials Science and Engineering

大学院工学研究科　マテリアル生産科学専攻
工学部応用理工学科　マテリアル生産科学科目

私たちと一緒に　マテリアルワールドへ

スペースシャトルの外壁には大気圏突入に耐えうる超高温耐熱材料が使われています。携帯電話やコンピュータの内部を覗くと、LSIをはじめとした様々な高性能電子デバイス材料が使われています。今日の宇宙開発やエレクトロニクス・情報産業の躍進はマテリアル科学の進歩なくして語ることはできないでしょう。
新しい材料を生み出すためには、電子、原子、分子、イオンなどナノ・ミクロな視点から、材料の機械的、磁気的、電気的、化学的などマクロな特性を解き明かすことが必要です。マテリアル科学では、材料が持つ基礎物性のメカニズムを解明する基礎研究から、新しいニーズに応じた高機能で信頼性の高い新素材を創製する応用研究まで幅広い研究を行っています。

「マテリアル科学コース」を中心に、工学研究科の関連機関が結集して、「附属構造・機能先進材料デザイン教育研究センター」が形成されています。マテリアルが拓く未来に夢を託す皆さんのために、国内外から評価の高い独自の教育・研究プログラムを行っています。皆さんも、私たちと一緒に、マテリアルワールドの門をくぐりませんか。

21世紀の3大領域「ナノ」「情報・通信」「バイオ」の基盤を担うマテリアル科学

超微細ナノの世界から宇宙開発まで

マテリアル科学では、機械や建造物から自動車・航空機・ロケットなどの輸送機器を形作る構造材料、ロボットや精密機械のしくみの根幹をなす知能材料、超高集積記憶媒体などの情報・通信機器に不可欠なデバイス、さらに医療・福祉にかかわる生体材料などすべてのマテリアルに挑戦し、世界的な教育・研究成果をあげています。

環境にやさしいモノづくり

一方、マテリアルの開発・製造には新機能・物性の探求、生産・製造プロセスの開発とともに環境負荷低減のための様々な取り組みも必要です。マテリアル科学では原材料から素材・製品の製造そして廃棄・再利用にいたる材料プロセスでの資源・エネルギーの有効利用と環境負荷を考慮した環境調和型資源循環社会システムの構築にも取り組んでいます。

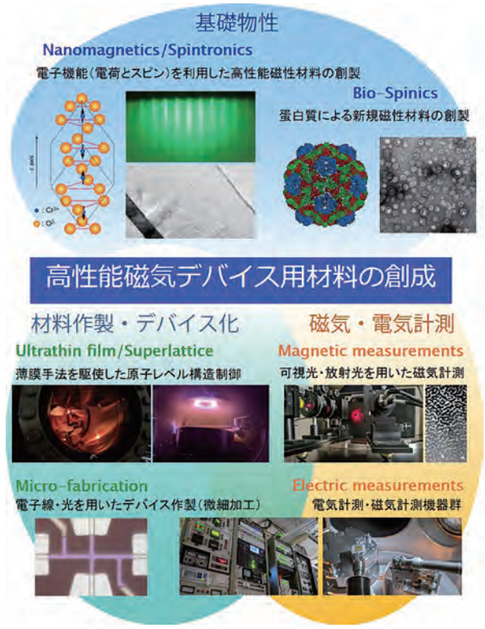
マテリアル科学コース

- 基幹講座
  - 材料物性学講座
    - 量子材料物性学領域
    - 表界面物性学領域
    - 材料評価学領域
    - 量子機能材料設計学領域
  - 材料エネルギー理工学講座
    - 材料理化学領域
    - 材料熱力学領域
    - 材料設計・プロセス工学領域
    - 計算材料設計学領域
  - 構造機能制御学講座
    - 結晶塑性工学領域
    - 材料情報学領域
    - 材料組織制御工学領域
    - プラズマ物性工学領域
    - 材料精製工学領域
  - 材料機能化プロセス工学講座
    - 極限環境材料化学領域
    - 生体材料学領域
    - 材質形態制御学領域
    - 多次元機能化設計学領域
- 協力講座・領域
  - 産業科学研究所
    - ナノ構造・機能評価研究分野
    - 先端ハード材料研究分野
  - 接合科学研究所
    - 接合界面機構学分野
    - エネルギー変換機構学分野
  - 超高圧電子顕微鏡センター
    - 材料科学研究分野
    - 生命科学研究分野
- 共同研究講座・協働研究所
  - 日本製鉄材料基礎協働研究所

高性能磁気デバイス材料の研究

材料物性学講座
表界面物性学領域

20世紀半ばに開発されたトランジスタは、エレクトロニクス産業を飛躍的に発展させました。トランジスタなどに使用されている半導体材料は、現在も種々のデバイス材料として研究され、発展しています。これに対し、磁性材料である磁石の歴史は遥かに長く、古代ギリシャ時代から知られており、また、現在もハードディスク装置など、多くの分野で利用されています。磁性材料の特性の根源は電子の軌道運動（公転）とスピン（自転）です。半導体材料では、電子の電荷のみを利用しますが、磁性材料では、電荷とスピンの両方を用います。電荷とスピンを積極的に融合し、利用する分野がスピン・エレクトロニクスで、21世紀の情報・通信産業を発展させる重要な役割を担います。当領域では、このスピン・エレクトロニクスに用いられる磁気デバイス材料の研究を行っています。



主要なターゲット

磁性メモリ材料、磁性演算素子材料、磁気記録媒体材料、高感度磁界センサ材料、磁性半導体材料、高分解能局所磁気計測技術、局所電気計測技術、ナノオーダー・リソグラフィ技術

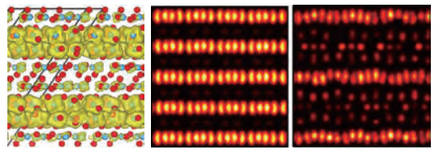
新奇特性から組織制御まで ～量子力学からの新材料探求～

材料物性学講座
量子材料物性学領域

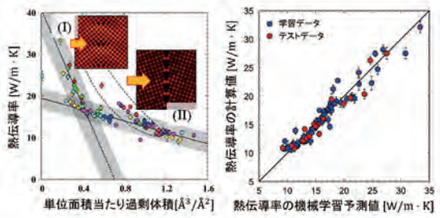
量子論に基づく第一原理計算に基づき、分子動力学法や連続体フェーズフィールド法などの計算材料科学的手法を駆使して、さまざまな実験グループとの連携を通じて、新奇材料の機能特性やナノ構造・材料組織制特性の発現機構の解明を目指した教育と研究を行っています。とりわけ当研究室では、特性の制御手段としての結晶の不完全を積極的に制御することで界面の移動を含む微視的輸送現象の発現に注目し、単結晶には獲得し得ない多彩な実材料の高機能化を目指し、量子計算材料設計学の学理構築と応用展開を目指した研究に取り組んでいます。

主要なターゲット

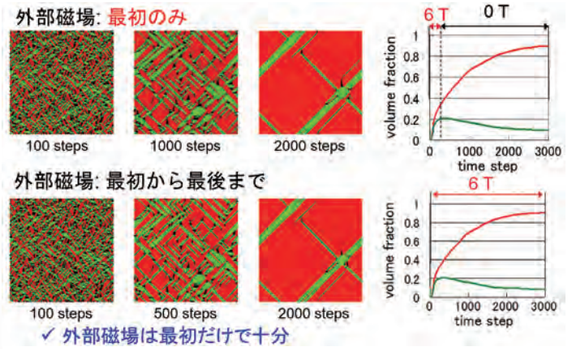
航空機エンジン材料、熱電変換材料、耐環境エネルギー材料、熱特性・光特性・電子特性・磁気特性・力学特性、高機能構造材料、ナノ構造・材料組織制御、金属・セラミックス・半導体材料



■電子電度経路（左）と熱伝導経路（中・右）



■構造－特性相関から機械学習による予測まで



■組織形成・機能発現機構を計算機の中で実験

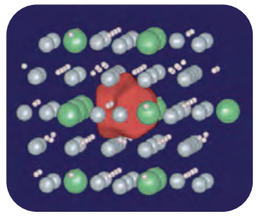
ポジトロンを用いて先端材料の機能発現メカニズムを原子レベルで解明

材料物性学講座
量子機能材料設計学領域

材料の機能は、構成原子の種類とその配列の仕方によって決定されています。優れた機能が発現する物理的メカニズムを、原子・電子レベルで解明し、より優れた機能を有する材料を設計・開発・製造するための教育と研究を行っています。特に、私達のグループは、電子の反物質であるポジトロン（電子と同じ質量を持ち、電荷だけがプラスになっている素粒子。陽電子とも言う）を材料中に送り込み、電子とポジトロンが衝突して対消滅する現象（アインシュタインの$E=mc^2$の世界があります）をプローブにして、金属や半導体中の格子欠陥研究に力を注いでいます。私達はこの分野で世界の最先端を走っており、これまでにも世界に先駆けて様々な新発見を報告しています。

■私達が開発したエネルギー可変低速陽電子ビーム材料評価装置
任意のエネルギーに単色化した低速の陽電子ビームを試料中に入射させ、陽電子が試料内の電子と対消滅して放出するγ線のエネルギー分析を行って、表面・界面近傍のナノ構造欠陥の深さ分布を測定する装置。

■水素吸蔵合金中の原子空孔に局在化したポジトロンのシミュレーション図
ポジトロンは格子欠陥に局在化する性質を持っており、電子と対消滅して放出されるγ線を利用することにより、格子欠陥の種類や大きさを調べることが出来ます。図は水素吸蔵合金$LaNi_5$の原子空孔に局在化したポジトロンの様子をコンピュータ・シミュレーションにより表したものです。



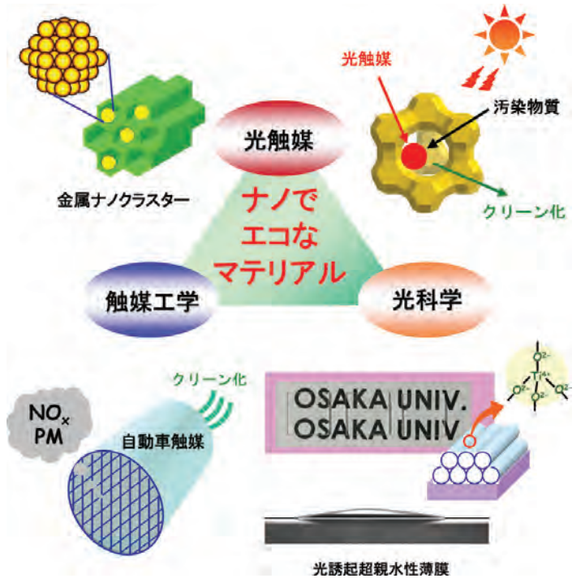
主要なターゲット

水素吸蔵合金、燃料電池材料、水素精製材料、電子材料、耐熱合金、アモルファス合金、形状記憶合金、半導体材料、セラミックス、ナノイオニクス材料、超電導材料、薄膜・多層膜材料、微粒子、ナノ結晶材料、陽電子消滅スペクトロスコピー、固体中の原子の移動機構と相変態、欠陥構造のコンピュータシミュレーション

環境調和型エコマテリアルの創製
― 光クリーンテクノロジー

材料エネルギー理工学講座
材料理化学領域

光触媒・界面光機能材料・環境触媒・ナノ触媒の分子設計を中心として、クリーンエネルギーの開発、省エネプロセスでの環境浄化・快適生活空間の実現に向けての基礎・応用研究を展開しています。たとえば、太陽光の高効率利用を可能にする酸化チタン光触媒やナノサイズ空間を利用する光機能材料をイオン工学手法やケミカル手法により開発しています。そのために、多孔質・超微粒子・薄膜などの特殊形状を有する酸化物・半導体・金属・炭素材料を、放射光による構造解析や量子化学計算などの支援により、原子・分子レベルからデザインしています。さらに、無機材料の物理化学的性質に関する実験と理論解析を通して、材料開発に関連する基礎概念の修得を目標とした教育と研究を行っています。



主要なターゲット

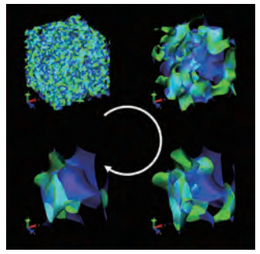
光触媒、界面光機能材料、環境触媒、ナノ触媒、金属クラスター、可視光応答型光触媒、太陽光利用、グリーンケミストリー、バイオマス変換、水素製造触媒、燃料電池用電極材、超親水性-撥水性表面、ゼオライト、メソポーラス材、ナノカーボン、クラスター発光体、化合物半導体、セラミックセンサー

デジタルものづくり時代の材料設計手法と生産プロセスの開発
― 環境・資源・エネルギーに配慮した新材料の創製 ―

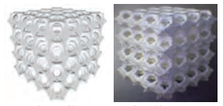
材料エネルギー理工学講座
材料設計・プロセス工学領域

望みの機能を発現する材料の設計とその生産プロセスの開発は、常にモノづくりの基盤となります。持続可能社会確立が課題である現代では、省エネルギー、CO_2排出削減、資源循環等の環境負荷低減も、材料設計とプロセス開発における重要な要素です。一方、3Dプリンターに象徴されるモノづくりのデジタル化は、材料設計とプロセス開発に新たな可能性と課題の両方をもたらしており、その中には既存の科学では予測や説明ができない現象も含まれます。私達は、コンピュータシミュレーション等の計算手法とプロセスモニタリング等の実験的手法を融合した新しい材料設計とプロセスの開発に役立つ計算手法やデータ解析手法等の学術的基盤技術の構築を通じて、新材料創製による生活革新と資源循環による持続可能社会確立に貢献するとともに、その基礎となる科学的知見を新時代の冶金学として開拓・体系化して継承することを目指します。

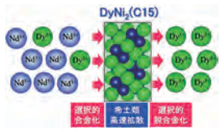
■研究のコンセプトマップ：計算と実験を融合した材料設計手法とプロセス開発を通じて現象を解明し、新しい冶金学を開拓する。



■規則ドメイン成長過程のフェーズフィールドシミュレーション



■設計した格子とその造形体



■合金の高度な選択透過性

主要なターゲット

アディティブマニュファクチャリング（3Dプリンティング）、金属積層造形、医療用材料、航空機用材料、発電用材料、鉄鋼材料、希土類金属、計算機シミュレーション、フェーズフィールド法、溶融凝固、相転位、構造最適化、セル格子多孔体、プロセスモニタリング、溶融塩プロセシング

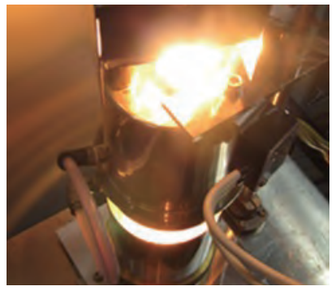
先端冶金学を駆使した
高温プロセスデザイン

材料エネルギー理工学講座
材料熱力学領域

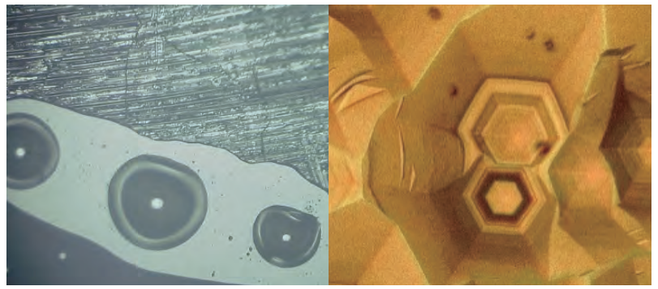
我々は多くの製品を手にし豊かな生活を送ることができますが、これからは地球規模の温暖化や資源制約などの環境課題に真に向き合うことが必要です。本領域では、鉄鋼・非鉄材料などの社会基盤材料や先端材料などの「ものづくり」におけるCO_2排出の極低減化とこれまでの排出分を取り戻す創・省エネルギー材料、特に低炭素化社会へのキーマテリアルのシリコンカーバイド（SiC）や窒化物半導体の新しい製造プロセス開発の研究を行っています。
冶金学の基盤となる状態図や熱力学的な予測をもとに高温の材料プロセスを考案すること、高温での反応・相変態・結晶成長を支配する現象を、独自開発の高温その場観察や計算科学的アプローチにより見つけること、観ることによりプロセスを理解し、最適なプロセスの設計・提案を目指します。

主要なターゲット

鉄鋼・非鉄材料、ガラス・半導体・セラミックス材料の高温プロセス、高温材料熱力学、高温その場観察、材料科学シミュレーション



■研究対象に応じた各種高温加熱装置

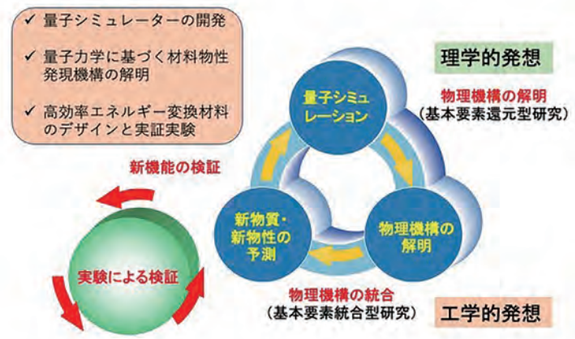


■オリジナルの高温界面観察装置による反応界面現象のその場観察

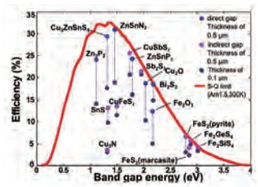
第一原理計算による機能・構造材料の
デザインとその実証実験

材料エネルギー理工学講座
計算材料設計学領域

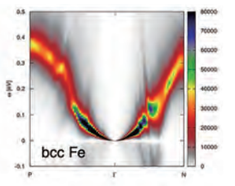
第一原理計算による機能・構造材料のデザインと、その実証実験を行う研究グループです。電子の励起状態が関わる様々な物理現象（有限温度磁性、外場によるエントロピー変化、電気・熱・スピンの伝導現象など）を、色々な理論的方法を組み合わせて表現する量子シミュレーション手法の開発を行います。材料物性の微視的理解をマクロスケールの組織形成や構造制御に連結しマルチスケールに及ぶ様々な機能発現機構を解明します。開発した方法と得られた知見に基づき、エネルギー関連材料のデザインと実証実験を行います。シミュレーションと実験結果の統計的学習により、材料探索のためのガイドラインを提供します。



■図1：量子シミュレーションに基づく物理機構の解明と物性予測・実証実験



■図2：太陽電池材料のShockley-Queisser理論による効率予測



■図3：BCC鉄中のスピン波励起分散関係

主要なターゲット

第一原理量子シミュレーション手法の開発・物性予測モデルの構築と材料探索、高効率エネルギー変換材料（太陽電池材料、発光材料、熱電材料、磁気冷凍材料など）、省エネルギー関連材料（スピントロニクス材料、超伝導材料など）、構造材料（高強度材料、形状記憶・超弾性材料など）

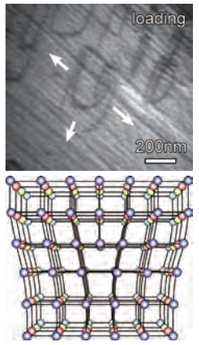
格子欠陥の制御による先進構造材料の開発を目指して

構造機能制御学講座
結晶塑性工学領域

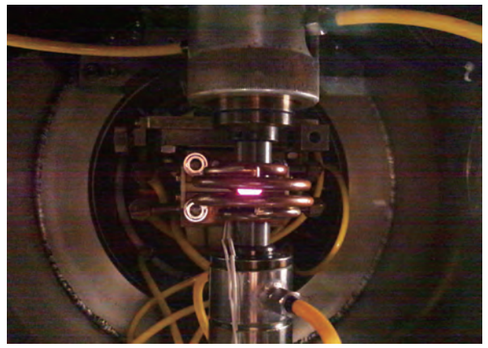
金属・セラミックスといった結晶性材料の力学特性は、「転位」と呼ばれる格子欠陥の振る舞いに強く依存します。本領域では、材料の変形挙動を最先端電子顕微鏡法、中性子回折法、局所力学特性評価法等により捉えるとともに、転位の運動挙動を微視的な視点で自由自在に制御することで、航空宇宙分野・エネルギー分野で使用される先進構造材料の高強度化、高延性化、高靭性化を達成するための教育と研究を行っています。さらに、構造材料の研究で培ったノウハウを活かして、永久磁石を初めとする機能性材料の高性能化にも取り組んでいます。

主要なターゲット

先進構造材料（鉄鋼材料、航空宇宙材料、エネルギー関連材料等）の変形・破壊挙動の解明および転位運動制御による力学特性向上、最先端電子顕微鏡法・中性子回折法・局所力学特性評価法を用いた変形挙動の解析、変形・加工を利用した機能性材料（永久磁石等）の高性能化、新規アモルファス・ナノ結晶材料の開発



■透過型電子顕微鏡を用いた転位運動のその場観察



■超高温での力学特性評価

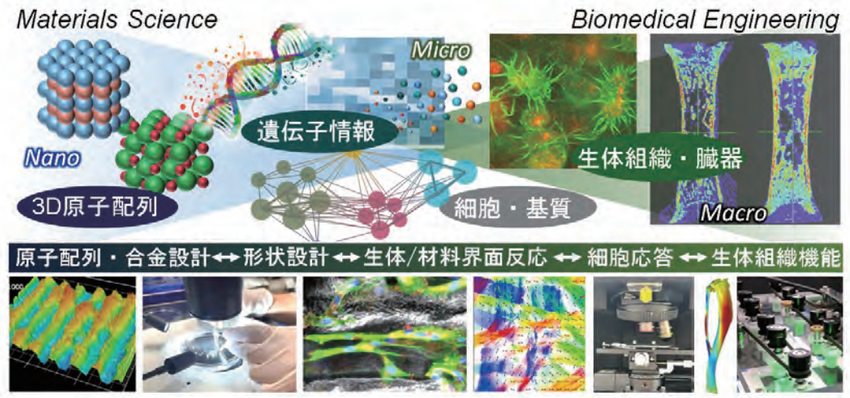
遺伝子情報科学に基づく生体材料組織の3次元制御

構造機能制御学講座
材料組織制御工学領域

材料工学の立場から原子レベルで生命現象を捉えることで、疾患や外傷で失われた生体機能を回復させるための新しい材料設計・開発に取り組んでいます。遺伝子やタンパク質などのナノ生体分子から細胞、組織、臓器にいたる多階層で制御される生物の3次元機能を解明し、工学的に操作するアプローチは、世界の医療技術変革を先導する最先端融合研究です。具体的には、金属3Dプリンティングや分子設計技術を駆使した細胞機能の人工的制御および材料／生体組織界面の現象理解に基づき、生物がもつ多様な機能を予測・制御する研究に取り組んでいます。

主要なターゲット

材料形態・材質制御による細胞機能操作、生体機能発現のための骨医療材料開発、材料特性と関わる遺伝子シーケンシングデータ解析、分光・X線を用いた生体材料・多階層生体構造特性解析、金属3Dプリンティングによる生体調和型材料開発

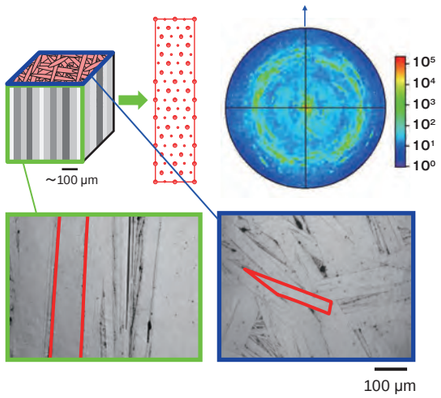


■遺伝子情報解析を活用しつつ材料設計～生体組織機能を3次元マルチスケールでつなぐ新融合領域研究

実験科学・計算科学・機械学習を融合させた材料探索およびデザイン

構造機能制御学講座
材料情報学領域

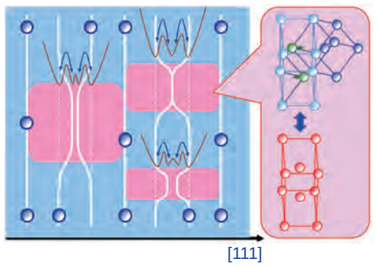
材料の弾性特性および強度特性等の力学物性は、結晶構造、原子間結合の方向性、結晶配向性、二相組織の形態といった異なるスケールの微細組織および構造を反映しています。このような異なるスケールでの力学物性の支配因子を解明し、それに基づいて優れた力学物性を発現させるための新たな材料設計の原理を確立することは極めて重要です。本領域では、材料をナノスケールからマクロスケールまでの階層化された複雑な力学システムとみなし、弾性論、熱力学等の力学および機械学習をベースとして、材料の力学、相転移および組織形成に関する研究を行うことにより、生体医療や航空機用の新材料開発のための新設計原理の確立を目指しています。



■多結晶中の単結晶の弾性特性を解析するための新手法

主要なターゲット

生体医療用および構造用チタン合金、航空機用炭素繊維材料、軽量・高強度マグネシウム合金、材料における相転移メカニズム、微視的弾性理論に基づいた弾性特性解析手法の構築



■チタン合金において発見した新たな相転移

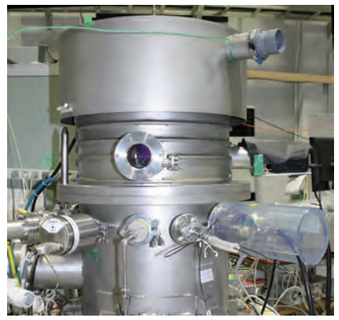
プラズマ制御の高度化と新材料プロセス技術への展開

構造機能制御学講座
プラズマ物性工学領域

半導体素子製造における微細加工プロセスに代表されるように、プラズマ応用技術は現在の製造技術に必要不可欠なものとなっています。本研究室では、プラズマを構成する粒子の密度や運動状態などの計測を行い、プラズマの諸性質を基礎的なレベルから解明することで、より優れたプラズマプロセスへの改良や、新しいプラズマ応用を開拓する研究を行っています。たとえば、モバイルITに不可欠とされるプラスチック等の有機材料へのプラズマプロセスの適用や、エネルギー問題・環境問題に貢献できる分野へのプラズマ技術の利用、さらには医用材料の高機能化技術の開発などの研究を通じて、次世代プラズマ技術の実現を目指しています。

主要なターゲット

プラスチックへの高バリア皮膜形成、天然ガスからの高純度水素製造法、エンプラ（耐熱ポリイミド等）表面の高密着技術、インバーター式パルスプラズマ制御技術、生体親和膜のプラズマ合成、カーボンナノチューブ等のナノ構造物質合成・応用



■sugimoto1-IMG_9034ts: プラズマプロセス装置

■sugimoto2-IMG_4776s: 放電プラズマの発光

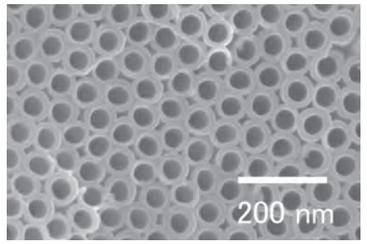
■sugimoto-IMG_9939ts:プラズマを用いた医用材料の生体親和処理

表面制御・機能化に基づく高耐環境性材料およびエネルギー材料の創製

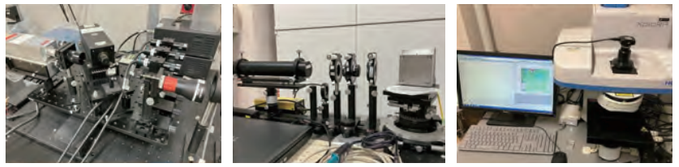
材料機能化プロセス工学講座
極限環境材料化学領域

様々な技術の急速な進歩により、金属材料の使用環境がより多様化・過酷化しているため、この著しい環境の変化に対応できる金属材料が持続可能社会構築の観点から世界的に望まれています。本領域では電気化学ならびに表界面化学に立脚した構造・物性解析ならびに反応プロセスモニタリングと計算科学的アプローチの協働により、特に金属表面皮膜の機能に注目して、金属材料と環境間の反応過程を解明し、環境に調和・適応する高耐環境性材料・高耐食性材料および新規表面改質・表面処理法を開発することを目指した教育と研究を行っています。さらに表面皮膜の高機能化によりエネルギー創製・貯蔵特性を向上することおよび新規エネルギー材料を創成することにも取り組んでいます。

■イオンビームスパッタ蒸着薄膜作製技術を用いて、組成・組織の制御された材料の耐環境性を調べる



■電気化学的手法により生成する酸化チタン・ナノホール・アレイ


■表面皮膜解析装置

主要なターゲット

耐環境性材料、高耐食性・耐高温性材料、社会基盤材料、原子力材料、生体材料、エネルギー創製・貯蔵材料、材料電気化学・光電気化学、表面改質・表面処理、表面皮膜構造解析・物性評価、その場測定技術、計算機シミュレーション

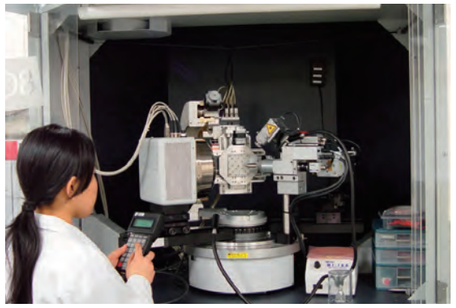
生体組織の機能解明と制御、3Dプリンタによる新規生体材料の創製

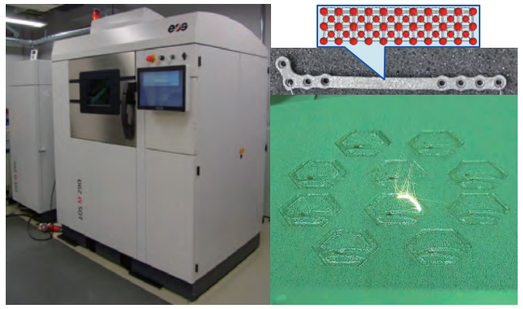
材料機能化プロセス工学講座
生体材料学領域

結晶学や結晶塑性学などの材料工学で培われた評価・解析・制御法と、最新鋭の3Dプリンタを駆使し、生体物性の評価・解析技術の開発、生体組織形成・誘導機構の解明と制御法の確立、生体組織再生技術の開発・生体材料の創製を目指した教育と研究を行っています。とりわけ当研究室では、生体組織に特徴的な階層ごとの微細構造・異方性配列に注目し、生体内を含む特殊環境下でさえも高機能発現を可能とする材料を創製するための“異方性の材料科学”ともいうべき学問体系の構築を目指し、材料工学を基盤とした医学・歯学・薬学との連携のもと、学際的研究に取り組んでいます。

主要なターゲット

骨組織の再生・疾患形成の機構解明と制御、細胞・分子レベルでの生体組織配向化制御、特殊環境下で用いられるTi基金属系材料の開発・単結晶化による塑性変形挙動の解明、リン酸カルシウム系骨代替材料の開発、生体材料の表面・形状制御による最適設計、3Dプリンタによる金属原子配列制御に基づく高機能インプラント創製


■微小領域X線回折装置。骨を含む結晶性材料の相同定や集合組織の解析を可能とします。


■3Dプリンタによる新たな生体材料の創製。形状だけでなく、材質（原子配列など）・機能の制御が可能になりつつあります。

新加工プロセスの開発による先進素形材の創製

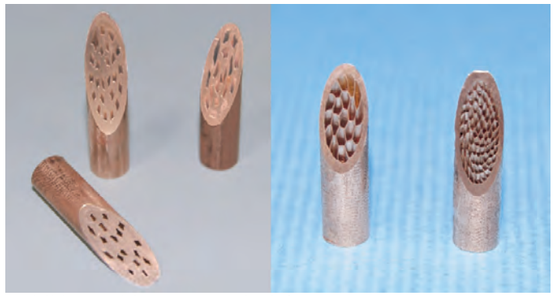
材料機能化プロセス工学講座
材質形態制御学領域

構造材料についても、社会の変化に対応して新材料が常に求められます。例えば、自動車や航空機の燃費を向上する軽量高強度材料、衝突安全性を確保する高エネルギー吸収材料、環境負荷が小さいエコマテリアル、製品形状の設計自由度を広げる高加工性材料、高価な希少元素を低減した代替材料などが現在求められています。本研究室では、こうしたニーズに合致した新材料を創製するために、材質と形態の両方を同時に造り込むことのできる革新的材料加工プロセスの開発を行っています。平行して、創製された新材料の組織や特性を詳細に評価し、加工プロセスの改善に役立てています。さらに、各種加工プロセス中の材料の変形挙動や材質変化の調査、組織・物性の発現メカニズムの解明も進めています。

主要なターゲット

マグネシウム合金圧延板材、せん断変形を利用した集合組織制御法、高比強度ポーラス材料、組織制御としてのひずみ経路変化の利用、結晶粒超微細化のための強ひずみ加工法、不均質性の定量化と加工熱処理に伴う変化、材料表面の組織制御による摩擦の低減、工業的加工プロセスにおける変形特性と材質変化の解明

■非対称圧延による高加工性アルミニウム合金板の創製


■固相接合を用いた新加工プロセスによる高強度ポーラス銅

実環境下でのナノ材料の創製プロセスと機能発現メカニズムの解明

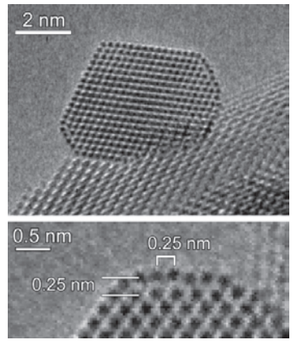
産業科学研究所
ナノ構造・機能評価研究分野

これからの材料科学では原子スケールで構造を制御して新しい機能を発現させる材料開発が求められています。そのためには、実際にナノ材料やナノデバイスを創製するプロセスをを原子スケールで直接観測することが必要です。さらに、創製したナノ材料やナノデバイスの構造と物性を、実際に使用される環境（実環境）かつ原子スケールで観測・解析することも重要な課題です。私たちは気体中での観測が可能な特殊な環境制御型透過電子顕微鏡を新規に開発して、カーボンナノチューブに代表されるナノ構造の生成過程や、実環境下での金属ナノ粒子触媒の構造と物性の解明などに取り組んでいます。結晶成長、格子欠陥などの材料科学の知識をもとに世の中に役立つナノ材料工学を目指しながら、一方で観測された現象の裏側に潜む物理の解明もあわせて研究を進めています。

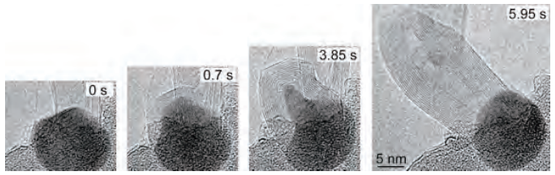
主要なターゲット

ナノギャップ電極デバイス、ナノ粒子触媒による反応メカニズム解明、カーボンナノ材料の生成プロセス解析、リチウムイオン電池での高速イオン拡散の可視化技術開発、熱電ナノ材料の構造と特性の評価、新規ナノ構造・機能解析法の開発

■環境制御型透過電子顕微鏡



■触媒として気体分子と相互作用している金属ナノ粒子



■カーボンナノチューブの核形成と成長のその場観察

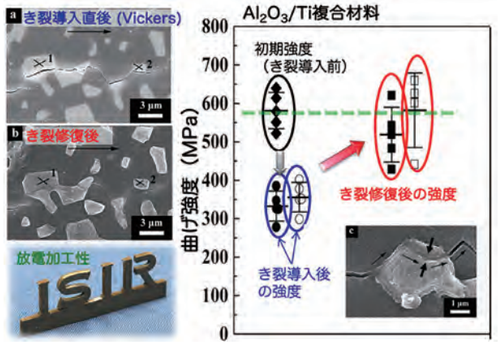
階層的ナノ・マクロ構造制御に基づく機能共生材料の創製とその応用

産業科学研究所
先端ハード材料研究分野

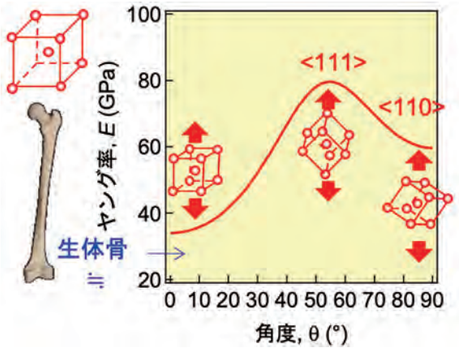
セラミックスや金属などを中心とした材料について、原子・分子、結晶、ナノからマクロスケールまでの各階層における構造の設計、制御および融合をキーテクノロジーとして、多様な機能をひとつの材料に獲得した機能共生型バルク材料や、環境・エネルギー・生体分野などへ展開可能な酸化物半導体ナノ材料の創製と応用展開、さらには特異な結晶および配向組織の弾性特性・構造相転移の精査と機構解明などを通じ、新規な構造特性と機能特性が共生した先端材料の研究開発を行っています。これらを通し、今日の社会が抱える重要な課題解決に資する次世代型の基盤材料創出とその応用を指向しています。

主要なターゲット

高信頼性酸化物および非酸化物セラミックス基ナノ複合材料の創製、室温損傷修復機能を獲得したマルチタスク型材料の創製、新規な低温焼結手法に基づくバルク型材料の機能創発、低次元ナノ構造酸化物半導体ナノチューブの階層的構造・機能設計と環境・エネルギー・応用、先端金属・合金材料の弾性特性解明と高信頼性生体用金属材料の設計と創製



■マルチタスク型Al2O3/Ti複合材料の室温における電気化学的き裂損傷修復と強度回復



■結晶学的異方性を利用した低弾性率化手法の提案(チタン金属の弾性率異方性)

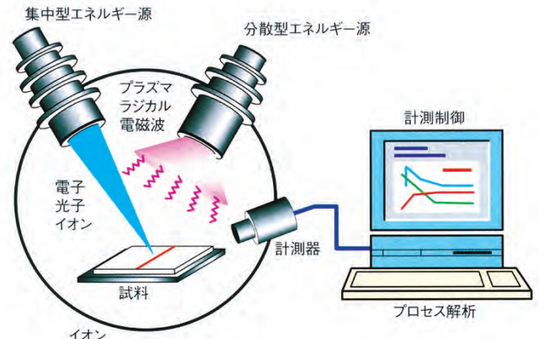
夢の材料を実現する電磁エネルギープロセス

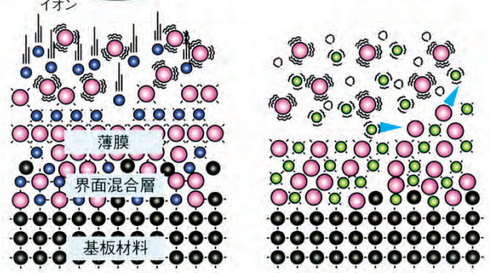
接合科学研究所
エネルギー変換機構学分野

21世紀に向けて夢の材料を創造するために必須の、様々なエネルギー源(例えば、イオンビーム、プラズマ、電磁波など)を用いたプロセスに関する研究と教育を行います。また、これらのプロセスを用いて、擬似的高温高圧状態や極短時間(ナノ秒からピコ秒)の非熱力学的な遷移状態等の特異な原子集合状態を創成し、ダイヤモンドよりも硬い新材料、鋼よりも強いセラミックス、極めて錆にくい金属など様々な夢の材料を創造することも合わせて研究・教育しています。さらに、省資源、省エネルギーを実現する環境との調和も考慮した夢の材料を創造する、新しいエネルギープロセスも探索しております。

主要なターゲット

イオンビームプロセス、プラズマプロセス、電磁プロセス、ミリ波焼結、高強度セラミックス、超硬薄膜、薄膜合成





イオンビームとの相互作用　　プラズマとの相互作用

新規接合技術でCO_2を削減し、地震でも壊れない構造物を作る

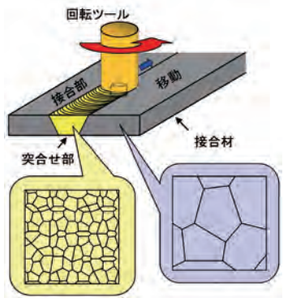
接合科学研究所
接合界面機構学分野

日本は地震大国で、頻繁に地震が発生します。例えば、大阪大学のある阪神地方においても、1995年に大型の地震が発生し、多くの高速道路やビルなどの構造物が崩壊しました。その際に、壊れた場所の90%以上は溶接・接合部です。当研究室では、「摩擦攪拌接合」、「線形摩擦接合」など種々の新規摩擦接合法に取り組み、壊れない構造物を製造するための接合技術を開発しています。これらの摩擦接合法では、材料は溶けずに、固体のまま接合されるので、元の材料の特性を十分に活かした接合構造物が得られます。

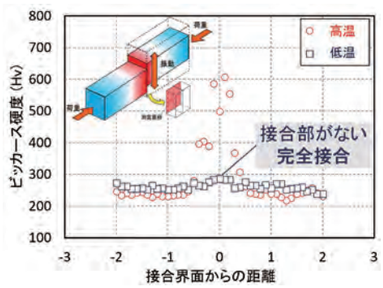
最近、自動車等では、ハイテン鋼といって強くて薄い鋼が使われるようになってきています。この中で、最近、特に注目されているのが「高炭素ハイテン鋼」です。この材料は、当研究室で開発した低温摩擦接合法によって接合が可能になりました。この材料を使用すると、製造時のCO_2発生量や高価な合金元素の使用量を大幅に減らすことができるため、これらの接合法は、世界中から最も注目されている技術の一つです。

主要なターゲット

摩擦接合(摩擦攪拌接合、摩擦圧接、線形摩擦接合)界面制御と形成機構の解明、新規接合&改質プロセスの開発、溶接界面、溶融池形成機構の解明、接合界面構造の解析、固液界面形成の制御



■摩擦攪拌接合の概略図



■線形摩擦接合継手の硬度分布

極微時空間スケールでの構造・電子物性の解明とマテリアルデザイン

超高圧電子顕微鏡センター
材料科学研究分野

材料の物性は、物質の原子構造と電子状態によって生じる素機能が全体的に統合されて発現します。当領域では、固体内で生じるさまざまな現象を原子レベルの空間スケールとナノ秒の時間スケールで捉えることにより、構造と物性との相関を研究しています。具体的には、超高圧電子顕微鏡、走査透過電子顕微鏡、電子分光等の先端的実験手法を総合的に援用して、低次元物質における電子励起と格子欠陥・ナノサイズ効果とのシナジー効果を活用した非平衡材料科学の開拓、物質と高エネルギー電子との相互作用を利用した新規なナノプロセスの開発を中心に、材料の構造と物性との相関を明らかにする研究を行っています。さらに、時間分解電子顕微鏡の要素技術開発を進め、これらの成果に立脚した新たなマテリアルデザインを進めています。材料科学の根幹に迫る普遍的な共通原理の解明に向けた教育と研究を行っています。

主要なターゲット

原子クラスター、ナノ粒子、ナノチューブ、ナノロッド、薄膜、非平衡材料、ハイブリッド材料、格子欠陥、ヘテロ接合、インターカレーション、プラズモン、原子構造、電子構造、相平衡、相転移、量子サイズ効果、表界面効果、電子励起効果、照射誘起相変態、光物性、量子物性

■原子分解能走査透過電子顕微鏡(200 kV)

■物質・生命科学超高圧電子顕微鏡(1.25 MV)

超高圧・クライオ電子顕微鏡法で拓く生命科学の新領域

超高圧電子顕微鏡センター
生命科学研究分野

世界最高加速電圧の３００万ボルト超高圧電子顕微鏡は、細胞内に存在する様々な小器官やそこで機能している生体高分子の配置や立体構造をナノメートルのスケールで明らかにすることができます。さらに生体高分子は水がある環境でのみ構造を維持できるので、急速凍結した細胞や生体高分子を、低温を維持したまま観察できる低温ステージを持つクライオ電子顕微鏡を用いることで、細胞内と同じ構造をした生体高分子を解析できます。それにより、生体高分子の原子レベルの立体構造を明らかにしています。その構造は、薬剤などの開発の基礎となるのみでなく、生物が利用している優れた生命機械の仕組みを明らかにすることで、その応用に道を開くことができます。当分野では、超高圧電子顕微鏡を用いて初めて可能となる研究に重点を置き、細胞内にいる生体高分子の構造に基づく物質輸送機能などの解明等を目指しています。それにより、新たな原理に基づく応用を実現する基礎を構築します。

主要なターゲット

ソフトマテリアル（ナノカーボン、氷等）の構造物性、クライオ電子顕微鏡やそこから得られる画像解析のための要素技術開発、電子線トモグラフィー法による生体組織の立体観察、クライオ電子顕微鏡法による氷包埋した生体高分子の構造解析

■クライオ電子顕微鏡

■300万ボルト超高圧電子顕微鏡

■クライオ電子顕微鏡を用いて得られた水素イオンポンプの立体構造

Materials Science and Engineering

学部について

大阪大学工学部学生としてマテリアル科学コースで学ぶためには、大阪大学工学部応用理工学科に入学する必要があります。応用理工学科に入学した学生は、1年次まではマテリアル科学と機械工学の基礎領域を共通カリキュラムのもとで学び、2年次にマテリアル生産科学と機械工学の二つの学科目に分かれ、各学問領域の学識を深めていくことになります。マテリアル生産科学学科目を志望した学生は、3年次に、さらにマテリアル科学コースと生産科学コースに分かれます。マテリアル科学コースを志望した学生は、4つの基幹講座（材料物性学講座、材料エネルギー理工学講座、構造機能制御学講座、材料機能化プロセス工学講座）の各研究室（領域）、あるいはアトミックデザイン研究センターの材料関連の研究室において卒業研究を行います。

大学院について

学部卒業後、大学院に進学して、より高度な教育を受けることができます。マテリアル科学コースには、大学院工学研究科マテリアル生産科学専攻前期課程（修士課程、2年間）・後期課程（博士課程、3年間）が併設されています。大学院には学部と兼任する4講座があり、その他にアトミックデザイン研究センター、産業科学研究所、接合科学研究所、ならびに超高圧電子顕微鏡センターに協力分野があります。最近では学部卒業生の8割以上が大学院前期課程に進学します。意欲ある学生は大学院後期課程で研究・勉学をさらに深めることができます。優秀な学生には飛び級の制度があり、学部3年終了時に大学院前期課程へ進学したり、大学院の修了年限を短縮したりすることが可能です。
マテリアル生産科学専攻は、文部科学省21世紀COEプログラム（平成14-18年度）、グローバルCOEプログラム（平成19-23年度）に引き続き、「卓越した大学院拠点形成プログラム」（平成24、25年度）に採択されています。加えて、博士課程教育リーディングプログラム「インタラクティブ物質科学・カデットプログラム」（平成25年度～）にも参画しています。
これらのプログラムを踏まえて、将来国内外で材料科学・工学分野の最前線を担う国際感覚と独創性を兼ね備えたスーパーエリートを永続的に養成するための国際的な教育研究拠点として、工学研究科「附属構造・機能先進材料デザイン教育研究センター」を組織しています。そして、このセンターでは、博士後期課程学生への研究費・給与支給・海外研究拠点への長期派遣に加え、内外の連携機関や常駐若手外国人研究者との交流行事の実施、国際的な権威による講義や自立した研究環境の提供などの手厚い支援を行っています。

- 応用理工学系
  - マテリアル生産科学専攻
    - マテリアル科学コース
    - 生産科学コース
  - 機械工学専攻
- 応用自然科学系
- 電子情報エネルギー系
- 地球総合工学系

マテリアル科学コース基幹の4講座
材料物性学講座、材料エネルギー理工学講座、構造機能制御学講座、材料機能化プロセス工学講座

アトミックデザイン研究センター
量子機能材料設計分野、プラズマ物性設計分野

産業科学研究所 ナノ構造・機能評価研究分野、先端ハード材料研究分野

接合科学研究所
接合界面機構分野、エネルギー変換機構学分野、スマートコーティングプロセス学分野

超高圧電子顕微鏡センター 物質・生物応用研究分野

卒業生の主な就職先

鉄鋼・非鉄金属
神戸製鋼所、ＪＦＥスチール、住友電気工業、大同特殊鋼、DOWAホールディングス、日本製鉄、日立金属、古河電気工業、三井金属鉱業、UACJ

機械
IHI、クボタ、小松製作所、ジェイテクト、ダイキン工業、DMG森精機、日立造船、三井海洋開発、三菱重工、ヤンマー

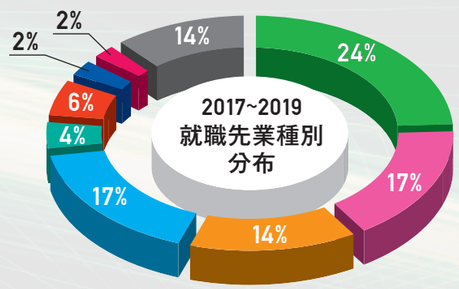
電気・精密
オムロン、オリンパス、キヤノン、京セラ、シャープ、ソニー、東芝、パナソニック、日立製作所、富士通、三菱電機、リコー

自動車・輸送機
川崎重工業、SUBARU、住友ゴム工業、トヨタ自動車、豊田自動織機、デンソー、日産自動車、本田技研工業、マツダ、ヤマハ発動機

素材・化学
旭化成、カネカ、スリーエムジャパン、積水化学工業、第一稀元素化学工業、大日精化工業、東ソー、東レ、日亜化学工業

エネルギー資源・電力・ガス
出光興産、大阪ガス、関西電力、国際石油開発帝石、JXエネルギー、中部電力、電源開発、東京ガス

運輸・物流
JR東海、全日本空輸、西日本旅客鉄道、日本航空

大学・官公庁
大阪大学、防衛装備庁、理化学研究所、国公立大学、国立研究機関、官公庁

その他
AGC、ＮＴＴドコモ、NTT西日本、大日本印刷、凸版印刷、日本ガイシ、ヨネックス