

# 金属工学科

## I. 目的・特色

文明進化は金属材料の発展とともにある。石器時代から青銅器時代を経て鉄器時代に入り文明は飛躍的に進歩した。その後、地球に豊富にある酸化鉄から鉄を取り出す技術の進歩により、文明は一層の進化を遂げた。内燃機関の発明による産業革命はまさにその代表例である。今日の我々の社会を見ても、スカイツリーに代表される高層建築物や橋梁などの社会基盤材料、エコカー、航空機、ロケットなどの輸送機器材料、半導体デバイスや記録媒体など情報化社会の基盤を支える機能材料、これらの材料を製品にする製造装置、どれも金属材料の優れた性質を引き出す技術の進歩によってもたらされたものである。中でも鉄は我々の身の回りのあらゆる製品に利用され、現代社会は鉄の技術革新によって実現したといっても過言ではない。まさに「鉄は神様からの贈り物」である。

では、これからの金属材料の役割はなんだろうか。東日本大震災を経験した今日、我々はエネルギーの安定供給と環境負荷低減を同時に満足し、且つ、限られた資源を有効に活用し、持続可能な安心安全な社会を再構築するという大きな課題に挑戦する。すでに産業界のあらゆる方面から素材産業に対して新しい機能性や環境負荷低減性、高品位化、低コスト化などの要求が次々と提起され、技術者・研究者は優れた独創性によりそれらの要求に応える製品あるいは製造法を産み出していかなければならない。この未来への挑戦も金属材料のさらなる進歩なくしてはなし得ない。金属材料は未来永劫我々の生活の根幹に係る材料であり続け、それを実現するのが金属工学である。

金属工学は学理と技術が融合し、体系化された独特の学問分野である。この学理を我々は「金属学」とよぶ。金属学は長い伝統をもつ学問であると同時に、新しい分野を吸収・拡大しつつあり、その内容は物理的・化学的な自然科学は勿論、数学的手法による理論をも含む。この基礎学理をベースにして、世の中を劇的に変える技術革新をもたらす研究・開発を行なうのが金属工学である。言い換えれば、金属工学とは、原子の世界から、現実の世界を生み出す学問である。

東工大の金属工学科は「金属学」から「金属工学」までを体系的に修得できる我が国で唯一の学科である。当学科では、世界に通用する研究者、技術者を育成するために、数々のユニークな教育を行なっている。学生はまず学理の基礎となる（1）金属の物理学、（2）金属の化学、（3）金属の材料学、を学ぶ。また同時に、その学理を、（4）金属工学実験を通じて体得する。次に、それらの経験をベースに、学生自らがチームを組んで材料から「モノ」を作り出す（5）創成実験を行なう。また、学理が現実の社会とどのように係るかを、（6）企業インターンシップ及び企業訪問研修（金属工学社会セミナー）を通じて学習する。これらの学習を通じて、独創力、発想力を涵養し、さらには素材からモノを生み出す感動を経験する。もう一つの特色は、（7）英語の重視である。TOEIC 600点を卒業要件とし、さらに少人数による徹底した専門英語力の強化により世界で通用する人材を育成する。以下にその詳細を示す。

## II. 学習内容

金属工学科では、工学全般、材料および金属工学の基礎科目、さらにその応用科目を学習する。これらは学年の進行にしたがって専門性が増すように配置されている。最近では特に金属工学科の卒業生の活躍分野が金属素材産業から全産業分野へと広がっていることから、材料全般および金属工学の基礎的科目の実力をつけることに重点を置いている。

材料工学および金属工学の体系から金属工学科で学習する授業科目を並べると表1のようになる。

これらは「金属の物理学」、「金属の化学」、「金属の材料学」の3つの学問分野に分けることができる。

**金属の物理学** 金属・合金の構造，電氣的，磁氣的および機械的な物性などをミクロな観点とマクロな観点から理解する学問分野である。まず，結晶学を基本に材料の構造をどう理解し，特徴づけるかを学ぶ。つづいて，金属の材料学の基礎となる弾性論，転位論を学ぶ。一方，量子力学，統計力学を基本に材料の電氣的・磁氣的性質など物性論を学習し，構造材料のみならず超電導，半導体，磁性材料など機能材料開発の基礎となる考え方を学習する。

**金属の化学** 化学反応を平衡論および速度論的立場から解明しようとする学問分野であり，還元反応による鉱石からの金属の製造（金属製錬）や機能性材料の創成の基礎を成す。さらに，金属・合金材料の腐食や表面処理および金属の電解精錬において重要となる金属表面の化学的および電気化学的性質もこの学問分野で扱う。

**金属の材料学** 材料の機械的特性（強度，延性，成型性，加工性，靱性，破壊）は組織で決まる。すなわち，金属材料にその用途に応じた特性を付与するためには，組織をいかに制御するかが本質である。金属の材料学とは，日本が世界に誇る高強度自動車用鋼板や高効率発電プラント用耐熱材料など，鉄鋼材料，アルミニウム合金やチタン合金，金属間化合物，複合材料を対象に，組織制御の基礎となる状態図，相変態，結晶学などに基づいた金属組織学と，弾性論や転位論に基づいて材料の変形機構，強化機構，破壊機構を理解する金属強度学の両者を学び，付加価値の高い材料を創成する基礎学問分野である。

はじめの二分野は，金属材料に限らず，材料科学の基礎であるとともに，半導体，電子材料，高機能機械材料，環境材料等の製造・制御などに関する最前線の研究までをカバーしている。最後の分野は，金属材料の進歩・社会的要求の変化に対応してもっとも敏感に変貌しつつある最先端の領域である。

表 1 金属工学科の授業進行表

	1 学期	2 学期	3 学期	4 学期	5 学期	6 学期	7 学期	8 学期
化学分野	(化学第一)	(材料科学 A) (化学第二)	金属の状態図 (物理化学 (材) 第一)	(物理化学 (材) 第二)	高温反応の熱力学 表面物理化学	材料精錬プロセス第一 材料精錬プロセス第二 高温反応の速度論		
物理分野			結晶学概論 A 結晶学概論 B (材料科学 B)	結晶回折	金属物性 機器分析概論 エレクトロニクス材料 A エレクトロニクス材料 B			
材料分野				応力とひずみの基礎 金属の変形 金属・合金の凝固  (一般材料力学 A)	格子欠陥と転位 金属の相安定と相変化 鉄鋼材料学第一	金属の疲労 金属の破壊 材料製造プロセス A 材料製造プロセス B 鉄鋼材料学第二 軽合金材料 機能性材料 複合材料科学		(一般機械工学)
倫理					材料と社会			
実験研究			(材料科学実験第一)	(材料科学実験第二)	金属工学創成プロジェクト*	金属工学総合実験* 材料物性特別実験 (一般機械工作実習)	学士論文研究	
英語					金属工学英語セミナー* 技術英語 A (金属)	(科学技術者実践英語)	金属工学コロキウム	
基本	材料科学 セミナー		(基礎工業数学第一) (情報処理概論演習 (材)) (電気学第一)	(基礎工業数学第二)				
実務					金属工学インターンシップ A* 金属工学インターンシップ B*	金属工学社会セミナー*	アドバンスト・マテリアルズ・アンド・プロセス シング第一・第二	

( ) は全学科目および理工系広域科目

\* グローバル理工人育成コース登録科目

このように金属工学科では、技術者、研究者になる上において必要とされる基礎能力を涵養し、新たな時代の変化に対応できる視野の広い、社会の要請に応えるカリキュラムとしている。

### **学部生の3割が海外経験！！**

また、本学には、国境を越えて活躍するグローバル理工人の育成を目的とし、(1) 国際意識の醸成、(2) 英語力・コミュニケーション力、(3) 異文化理解力・チームワーク力、(4) 課題発見・解決力、(5) 実践的能力、を養う教育プログラム「グローバル理工人育成コース」がある。金属工学科はこのプログラムに積極的に関わり、英語による発表と TOEIC や TOEFL などの外部試験をセットとした専門科目「金属工学英語セミナー」等様々な科目をこのコースに登録している（表1の\*参照）。また、海外の大学との学生相互交流も行っている。金属工学科を卒業すれば自然と国際感覚が身に付き、国際人として活躍する素地ができる（表1）。事実、学部学生の約3割は海外インターンシップも含めた海外留学を経験している。

### **知識から知恵への転換！**

4年次からは研究室に所属し学士論文研究を行う。すなわち、3年次までに培った「知識」を知恵として発揮し、論理力を養う場である。各自が答えのない課題に取り組む。ここでは課題解決に向けた目標設定、実験・解析手法の選択、得られた結果のから自分の考えを構築する手法（考察）、その考えをもって相手に伝え、納得させる言語力を身につける。

なお、所定の単位を早めに取得した学生は、3年次後期からの研究室所属が可能である。

## **Ⅲ. 卒業後の進路**

現代は量より質の時代といわれ、産業界では新しい特性や機能をもった金属材料を開発することが非常に重要になってきている。極低温、超高温、強腐食環境、高応力負荷環境などの極限状況に耐え、なお金属特有の粘り強さをもつ材料の研究開発、金属超微粒子や金属薄膜、アモルファス金属、不純物が非常に少ない超清浄金属、新しい化合物半導体や人工超格子などのもつ未知の性質の研究など、その製造方法の開発から物性研究にいたるまで、これからの技術開発の突破口となる新材料は無数にある。したがって、これらの新材料の開発が産業を発展させ、日本の科学技術レベルを進歩させるといっても過言ではなく、金属工学科の卒業生は新しい材料の創造開発の第一線に立つことが期待されている。

### **ほぼ全員が大学院に進学！**

すでに述べたように、本学科のカリキュラムは「金属の物理学」、「金属の化学」および「金属の材料学」の三つの学問分野から成り立っているが、最近の金属工学における研究領域の拡大と細分化、あるいは工業技術の著しい進歩のために、学部4年間だけでは金属工学の専門教育として十分とはいえない。そのため、大学院への進学が推奨されており、実際に進学する学生の割合は、最近5年間の平均では約90%に達している。就職面でも、とくに大企業からの求人は、大学院修士課程修了者に重点が置かれている。

金属工学科の卒業生が主として進学する本学の大学院には、理工学研究科の材料工学専攻と物質科学専攻、総合理工学研究科の材料物理学専攻と物質科学創造専攻がある。いずれの専攻も修士課程と博士課程を設置している。なお、3年次を終えた時点で大学院へ進学する「飛び級」についても金属工学科では歓迎している。努力して挑戦して欲しい。

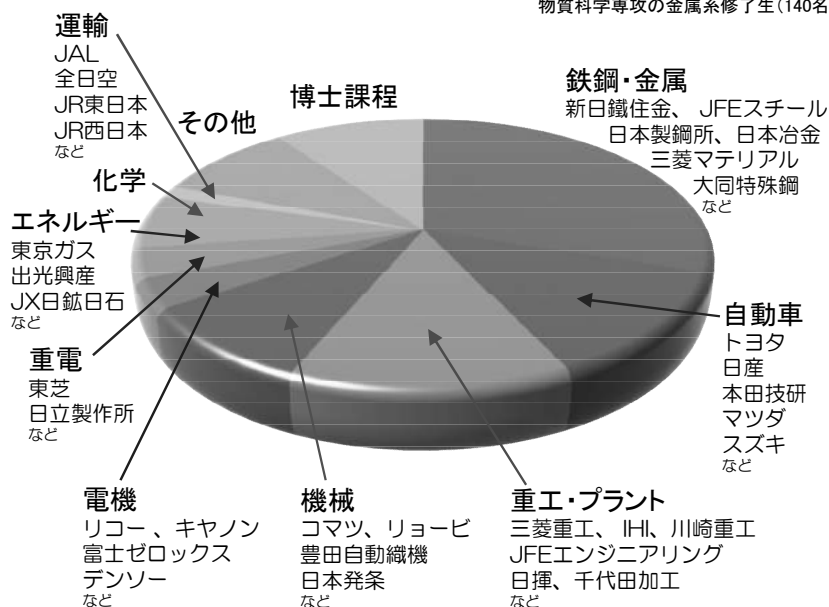
### **どの分野にも就職できる！！**

金属工学科の卒業生および修士課程修了生の就職動向は他の学科とは大きく異なり、9割以上の学生の就職先が推薦で決まっている。また全員の採用内定が早期に決まる点も特筆できよう。就職先は鉄鋼、非鉄金属関連産業はもちろん、輸送機械、精密機械、重電、重工業、エレクトロニクス、エネ

ルギーなどの産業界，国公立大学や国立研究所など，非常に広い分野にわたっている。  
過去5年間の金属工学科修士課程修了生の主な就職先を以下に示す。

## 大学院修士課程修了生の進路

2010～2014年度の材料工学専攻，  
物質科学専攻の金属系修了生(140名)



新日鐵住金，JFE スチール，神戸製鋼所，日本製鋼所，三菱マテリアル，大同特殊鋼，日本軽金属，UACJ (旧古河スカイ，住友軽金属)，日立金属，東邦チタニウム，フジクラ，三菱重工，IHI，川崎重工，JFE エンジニアリング，三井造船，東芝，日立製作所，パブコック日立，トヨタ自動車，日産自動車，マツダ，本田技研工業，スズキ，いすゞ，日野自動車，富士重工，コマツ，日立建機，デンソー，豊田自動織機，日本発条，東京エレクトロン，ニコン，キヤノン，リコー，富士ゼロックス，キーエンス，三菱電機，日本ガイシ，富士フイルム，東レ，豊田合成，出光興産，東燃ゼネラル石油，千代田化工，JR 東日本，JR 東海，JR 西日本，三菱商事，伊藤忠，三井住友銀行，NHK，国家公務員

## IV. 金属工学科の講座および学士論文研究の指導を行う教員

### 1. 理工学研究科 材料工学専攻

#### 1. 1 金属物理学講座

金属物性学 中村 吉男 教授，史 蹟 教授

比表面積の大きな2次元材料である薄膜金属材料の電気，磁気，光学的性質あるいは機械的性質を，透過型電子顕微鏡やX線回折装置を使って薄膜の組織と結晶構造や応力状態を評価することにより，薄膜に特異な物性が出現するのに必要な条件と環境が満たされたときに出現するかを研究している．特に原子面の数が10以下の極薄膜では新規な物性がしばしば見られることから，これを多層化することで，ハンドリングできる表面物性材料としての新物質創成を行っている．

結晶制御工学 藤居 俊之 教授

材料の厚さや結晶粒径をマイクロオーダーにまで小さくして変形させると，特異な力学特性が現れるとともに，特徴的な変形組織が形成される．これらの材

料を用いて力学的試験や電子顕微鏡観察などの実験を行い、理論的な解析から力学特性と組織との相関を解明している。

**河村 憲一 准教授**

火力発電や固体酸化物燃料電池等の高温エネルギー変換に寄与する材料を研究対象としている。金属および金属酸化物結晶（酸化物セラミックス）、その混合材料の高温における機能性とその制御を格子欠陥の立場から研究している。

**1. 2 金属化学講座**

**表面・界面工学 林 幸 准教授**

熱力学，速度論，固体物理学を基礎にして，マイクロ波加熱を用いた環境に優しい金属製錬プロセスおよびリサイクル技術の開発，金属融体，酸化物融体，溶融塩の熱物性値測定および物性と構造との関係など高温における材料物理化学とプロセッシングに関する研究を行っている。

**上田 光敏 准教授**

物理化学，移動速度論，酸化物の固体化学を基礎として，金属材料の高温酸化に関する研究を行っている。主に，火力発電プラントにおける耐熱鋼の高温水蒸気酸化機構の解明や鉄鋼材料の生産プロセスにおける鋼板の表面性状の改善に取り組んでいる。

**金属物理化学 須佐 匡裕 教授，小林 能直 准教授**

鋼の製造工程の中で，主に，製鋼工程(溶けた鉄鉄を溶鋼にする工程)，連続鋳造工程(溶鋼を凝固させる工程)，圧延工程(鋼を加工して成形する工程)に注目し，熱力学，速度論および熱物性の観点から，より高効率により高品質な鋼を製造するプロセスの研究・開発を行っている。また，高品位の鉄鉱石が減少する中，鉄スクラップの有効利用は喫緊の課題であり，効率よく，かつ環境に負荷をかけずに鋼に変えるリサイクルプロセスの開発にも取り組んでいる。さらに鉄鋼製造工程の研究で培った手法や考え方を用いて，チタンや希土類磁石材料の製造についての基礎的な研究も行っている。

**1. 3 材料設計工学講座**

**構造材料(鉄鋼)設計学 竹山 雅夫 教授，小林 覚 講師**

発電プラント用として超耐熱鋼，航空・宇宙用エンジン材料としてのNi基超合金，21世紀の材料として期待されるTiAl金属間化合物などの耐熱材料に高温で優れた強度を持たせるには，組織をいかに制御し強化するかを理解することが重要となる。「ものを作る技術と組織を観察する目」を重視し，単結晶の育成や組織解析を通じて，材料設計の基礎となる状態図の研究，組織制御の基礎となる相変態や構造解析，高温材料として最も重要なクリープ変形挙動の評価と強化機構の解明に取り組んでいる。

**構造材料(非鉄金属)設計学 熊井 真次 教授，村石 信二 准教授**

社会を支え，地球環境保全，資源循環型社会実現の鍵を握る金属材料のさらなる発展を目指し，「製造プロセスー組織ー材料特性・機能の相互関係」について，基礎と応用の両面から探求している。種々の先端的手法による同種・異種金属接合と接合機構の解明，高速双ロールキャスト法を用いた循環型アルミニウム合金や *in situ* クラッド材の作製，半凝固・半溶融材における溶質偏析挙動の解明等，様々な研究に取り組んでいる。

## 材料機能設計学 小林 郁夫 准教授

様々な特性を有する機能性金属材料は、現代社会のいろいろな場面で活躍している。優れた機能を発揮する材料を設計するためには、相安定性、熱力学、結晶学などの材料科学の基礎的な知識の上に、形状付与や熱処理などの加工プロセス、組織制御などの技術を積み重ねて、その結果得られる種々の機能特性を評価することが必要である。こうした観点から、チタン合金、アルミニウム合金、マグネシウム合金、銅合金、複合材料などを開発し、それぞれの用途に応じたそれらの特性評価を多角的に行っている。これらの材料は、生体材料、輸送機器用材料、電子機器用材料などとして、豊かな現代社会の構築に貢献することが期待されている。

### 1. 4 材料工学共通講座

#### 林 重成 准教授

Ni 基超合金や耐熱鋼等の耐熱材料を高温過酷環境から保護し、長時間の使用を可能とするためには、環境を遮断する優れた保護性表面酸化スケールをいかに早く形成させるかが重要となる。高信頼性を有しかつ長寿命な耐熱合金システムの構築を目指し、状態図、拡散等の材料学的観点から、耐熱材料・コーティング上への保護性酸化物スケール形成機構の解明に取り組んでいる。

### 2. 理工学研究科 物質科学専攻

#### 2. 1 物質機能講座

##### 物質機能創製 西方 篤 教授, 多田 英司 准教授

金属材料の環境劣化を研究の対象としている。特に、インフラ構造物等の環境劣化の機構解明、劣化モニタリング法や適切な防食法・表面処理法の開発などに取り組んでいる。また、燃料電池自動車に使われる固体高分子形燃料電池の白金および白金合金触媒粒子の耐久性改善に関する研究を行っている。

### 3. 総合理工学研究科 材料物理学専攻

#### 3. 1 材料構造機能講座

##### 複合物性 尾中 晋 教授, 寺田 芳弘 准教授

先進構造材料や環境適応型材料を創製する試みとして、材料組織の形成と遷移、変形と破壊の理論解析（マイクロメカニクス）、複相材料の高強度化など、材料物性に関する理論的・実験的研究を行っている。

また、金属組織を観察することを重視しながら、高温耐熱材料の合金設計、組織制御の基礎となる相変態や結晶構造解析、高温クリープ変形挙動の評価と材料強化機構の解明に取り組んでいる。

##### メゾスコピック 加藤 雅治 教授, 中田 伸生 准教授

鉄鋼材料を中心とする構造用金属材料の組織と力学特性の関係を深く理解することを目的として、ナノ〜マイクロ〜メゾ〜マクロとスケールを横断した実験的、理論的研究を行っている。具体的には、結晶粒径の微細化、転位組織変化、第2相の析出に伴う材料物性変化などを取り扱っている。

また、これらの基礎研究を通して得られた材料設計指針を基に、独自の合金設計や加工熱処理などを駆使して、理想的な新しい構造材料の創成を目指す。

##### 構造機能特性 梶原 正憲 教授, 木村 好里 准教授

新しい電子デバイス用導電性材料の開発を目的として、合金の相安定性や組織

変化の速度論に関する実験的な観察を行っている。このような観察結果を定量的に解析し独自の理論モデルを構築することにより、合理的な新材料設計法を確立する。また、材料科学における状態図や熱力学に関する知識をフルに活用し、高度な組織制御に軸足を置いた材料設計をダイナミックに展開している。構造用材料においては金属間化合物を強化相とする耐熱材料の耐熱性向上を目指した材料設計、機能性材料においては金属間化合物半導体の熱伝導、電気抵抗などの基礎的物性の制御による熱電変換特性の飛躍的改善を目指した材料設計を行っている。

### 3. 2 量子表面講座

#### 表面物質 中辻 寛 准教授

固体表面にはバルクと異なる電子的・力学的物性を示す“表面新物質”ともいえるべき多様な超構造を作ることができる。金属や半導体の表面に構築した一次元原子鎖や単原子層薄膜といった低次元ナノ構造を舞台に、量子サイズ効果等の低次元系特有の電子物性の解明およびその制御、を目指して研究を進めている。

#### 非平衡相 合田 義弘 准教授

材料特性を微視的に支配する電子の振る舞いを量子力学・統計力学に基づく電子状態理論により研究している。磁性金属を中心に、材料組織界面から表面ナノ構造まで幅広く物質デザインと物性解明を、スーパーコンピュータを用いて推進している。

## 4. 総合理工学研究科 物質科学創造専攻

### 4. 1 環境適応型物質講座

#### 物質フロンティア 三宮 工 講師

機能性金属材料、特に光学特性に注目して研究を行っている。結晶・界面構造を原子スケールで制御し、金属ナノ構造に特異な共鳴現象や電場増強を利用したバイオセンサーやエネルギー変換への応用を目指している。(プラズモニック材料) また材料機能を可視化する透過型電子顕微鏡法の開発も行っている。

## 5. 精密工学研究所 先端材料部門

#### 材料設計研究 細田 秀樹 教授, 稲邑 朋也 准教授

材料設計手法による新しい構造・機能用金属基材料の創成および材料プロセスの開発を研究している。材料としては、形状記憶合金、医用金属材料、水素吸蔵合金、磁性材料、高温材料、遮熱・耐環境コーティングなどを対象とし、また、さらなる高機能化のための複合化やスマート化の研究も行っている。

#### 機能評価研究 曾根 正人 准教授

ナノメータサイズでの新しい組織制御技術の開発を行い、高機能かつ耐久性に優れる半導体、マイクロマシン、微小電気機械システム、医療用マイクロデバイス材料の開発へと応用するとともに、そのようなマイクロ/ナノ材料に対する新しい評価法の開発を行っている。

## V. 質問受付担当者

学科長 西方 篤 教授 (大岡山南 8 号棟 4 階 405 号室 電話 3134)

クラス担任 村石 信二 准教授 (大岡山南 8 号棟 2 階 211 号室 電話 3131)