

# ・材料工学専攻

## カリキュラム・ポリシー

材料工学専攻では、材料工学に関する各分野の研究を通じて自主的に卓越した専門的知識と幅広い学問的知識を習得し、専門性を極め、国際社会に対応しうる独創的・先導的能力を培う、研究者・技術者を組織的に養成する。

具体的には、以下のような教育を行うためのカリキュラムを提供する。

## 【修士課程】

学士課程と修士課程のシームレスな教育体系のもと、本過程では、学士課程で習得した基礎知識や技能を修士課程で開講される専攻教育を通じて自主的に研究と学修を進めて、高い専門的知識を身に付け、社会に還元する能力を培うために、次の通りカリキュラムを編成する。

### 〈コースワーク〉

#### 高等専門科目

学士課程で習得した知識を基盤に更に高度な知識、理解力、解析力を培う。数学、物理学、化学に基づく材料工学理論、及び材料製造プロセスにおける物質・熱・運動量の輸送現象を「高温反応工学」、「融体物理化学」、「結晶成長制御学」、「電解反応工学」を通して数式や物理モデルを理解し適用できる「知識・理解 (B-1,2)」を育成する。また、マクロ的な力学特性発現の原理や機構について、「結晶塑性学」を通して、結晶学・組織学と関連させて説明できる「知識・理解 (B-3)」を育成する。一方では半導体を初めとする材料の機能性（電気的特性、磁気的特性、光学特性）の原理・制御法について、「知識・理解 (B-4)」により、「欠陥物理化学」、「応用薄膜工学」、「半導体材料制御学」を学び、電子デバイスの機能原理を理解する。さらに「材料組織解析学」、「構造材料工学」を通して組織の構造解析や化学分析を理解し、金属材料における組織の構成原理を説明できる「知識・理解 (B-5)」を育成する。

これらの高等専門科目においては、各種分析装置の原理を教育し、材料の組成や構造の解析手法を物質の組織との関係性から説明「評価・創造 (C-1-1)」し、高純度化の指針を提案できる能力「評価・創造 (C-1-2)」を育成して、実験結果の分析と現状の問題点及び解決に向けた指針を提案できる「評価・創造 (C-1-3)」も育成する。

#### 先端科目

一方、社会で利用される材料は特殊なものが多く、固有の製造プロセスや機能発現機構を理解する必要がある。特殊性の高い材料製造プロセスに対しては、「材料反応制御学」、「熱処理論」、「複合材料学」、「金属破壊学」、「表面処理工学」を通じて、学部基礎を基盤とした無機物質の熱処理や製造プロセスを熱化学および速度論を含めて理解できるよう育成「実践(D-4)」される。また、機能面に特化した現象については、「表面機能制御学」、「電子線解析学」、「高温物性工学」を通して、金属を中心にセラミックス、半導体等を取り扱う無機物質科学の物性と用途の特殊性を理解し、社会に還元できる能力「実践(D-5)」を培う。

## 能力開発特別科目、異分野科目

上記の高度な知識の習得に平行して、科学技術社会に潜む諸問題を、異分野も含むより広い視野で理解するため、学外の大学や企業の研究者、経営者により材料工学に関する最新情報を集中的に学ぶ「材料工学特論」や、材料科学談話会、材料プロセス談話会、宿題テーマシンポジウム、電子顕微鏡研究会等の積極的な参加と異分野の高度知識習得を推進する「材料工学情報集約演習」及び「異分野科目」を設定し、用途に応じた適切な構造・機能材料の設計指針を提案できる能力「実践(D-1)」を育成する。得られた材料工学に関する多くの情報は、「材料工学情報集約演習」により、論理的思考を駆使して新たな科学技術を分野ごとに関連づけ、体系的に把握できるよう育成される「実践(D-3)」。企業での情報収集のために、「産学連携インターンシップ」、「産学連携特講義」が用意されており、材料工学に関する高い専門性を持って社会及び世界と広く交流し、口頭発表、討議、及び交流において自分の考えを明確に述べる能力「主体的な学び(A-1)」、材料工学に関する専門知識を元に、様々な人々と多方面から問題を検討し、協働して問題解決にあたることができる能力「協働(A-2)」、「実践(D-6)」を養い、更に、口頭発表、討議、及び交流において自分の考えを明確に述べるよう育成される「(A-3、A-4)」、「実践(D-7)」。

### 〈修士論文研究〉（1、2年）

自ら研究上の関心や課題意識等に沿った研究室を選択し、具体的な研究テーマを設定する。研究の遂行を通して、座学で得られない経験と知識の習得を行う。

<高等専門科目>、<先端科目>の知識を確認しながら、研究を通じて、物理化学を基礎とした物質・熱・運動量の移動現象における物理モデルの理解と適用「知識・理解(B-2)」、マクロ及び微視的組織の構造解析や化学分析の原理の理解と説明「知識・理解(B-2、B-5)」、材料の機能性（電気的特性、磁気的特性、光学特性）の原理の理解と制御法の説明「知識・理解(B-4)」を一層理解させる。同時に、実験結果の分析、論理立てた独創性の表現し、問題点の明確化し、解決法の提案できる「評価・創造(C-1-3)」の能力を育成する。併せて、社会における無機材料などの各種工業材料の物性と用途の理解、情報の総合力、装置や構造物の設計・改善指針の「評価・創造(C-2)」への応用力も養う。

一方で、<能力開発特別科目、異分野科目>と連携して、ものづくりの基礎となる実験・解析手法の習得を通して、生産から廃棄までの工学的問題を理解し、解決法の指針を提案できる能力「実践(D-2)」、自分の研究における問題を自ら見出して創造的・批判的に検討するとともに、解決すべく課題に積極的に取り組むことができる能力「主体的な学び(A-1)」を高める。得られた成果は、社会及び世界と広く交流し、口頭発表、討議、及び交流を通じて自分の考えを明確に述べる「主体的な学び・協働(A-3、A-4)」ができるよう育成される。発表では、国際的な場において、材料工学に関連する制御と特性原理についての的確に説明することができる「実践D-7(国際性)」能力を育成し、材料工学分野における技術の進歩と発展に自ら寄与しようとする意欲を持つ精神を育成する。

### 〈研究指導体制〉

各学生は、研究室に配属された後、材料工学分野における世界的に高い水準の研究および修士論文の作成を行い、総合能力を育成する。研究室の指導のもとに各学生は国内外の学会発表、企業での報告会、海外大学とのセミナーへの参加などの活動を積極的に行う。これらの指導により、「材料反応工学」、「材料加工工学」、「材料機能工学」の見地から、金属・鉄鋼・非鉄材料、重工業、電気、自動車、セラミックス、半導体などの産業界で活躍するための、幅広い知識と実践的な能力を習得する。また、時代のニーズに対応して、先端的、学際的な分野に関する基礎知識を取得させ、それを応用

した多様な研究を行う機会を提供する。国際的な学術交流についても、研究室指導体制の元で豊富に提供する。

#### 〈学位論文審査体制〉

審査は口頭試問会により行う。修士学生は最終学年または期間短縮が認められた場合はその最終年度に定められた時間内で修士論文研究を報告し、全教員は報告内容について質問を行い、高等専門科目及び先端科目の学修要綱と照らし、学生の「材料反応工学」、「材料加工工学」、「材料機能工学」に関する知識と理解の確認を行う。さらに、質問に対する学生の応答から、自分の考えや独創性を明確に述べることのできる発表力及び討議力を評価する。時には現状の問題点を指摘し、材料工学分野における学生自身の研究成果の位置と今後の自身の社会への寄与と誇りを意識させる。口頭試問会後は別室で修士学生の材料工学に関する知識、理解、討議力を評価し、最終試験の合否を判定する。

## 【博士後期課程】

#### 〈コースワーク〉

##### 講究科目

学士及び修士過程で習得した高度な知識を基盤に更に材料工学に関する高度な知識を極め、本質を説き明かし、理解力、解析力を培う。それぞれの分野で設置された「材料工学講究」において、エネルギーや環境問題などの系統的かつ広い視野での物理現象の適用や材料設計「知識・理解(B-1,2)」と実践「実践(D-4)」、結晶工学と関連させた構造材料の製造プロセスと物理特性の発現メカニズムの理解と物理モデルの構築「知識・理解(B-3)」が育成される。一方では半導体を初めとする材料の機能性(電気的特性、磁気的特性、光学特性)の原理の詳細な説明と最適な組織制御法の提案「知識・理解(B-4)」と実践「実践(D-5)」、さらに構造解析と化学分析を援用した材料処理技術の提案「知識・理解(B-5)」を育成し、社会に還元できる能力を培う。

一方、博士課程は材料工学部門及び異分野に潜む諸問題を一層、深く理解する必要がある。そこで、「材料工学研究企画演習」により、材料工学に関する深い知識と他分野の専門知識を元に、様々な人々と多方面から問題を検討し、指導能力と管理能力を持って問題解決にあたることのできる能力「協働 A-2」、自らが先導者であることを意識して、専門分野の問題を創造的・批判的に検討するとともに、解決すべく課題に積極的に取り組むことのできる能力「主体的な学び(A-1)」を養う。さらに「材料工学指導演習」では博士論文研究と連携し、協働者や後進に自身の研究の独創性を説明するとともに、研究遂行中に生ずる問題に対し、数式、物理モデル、組織解析技術等の解決法を解説し、材料工学に関する後進の意欲を向上させる練習を行う「主体的な学び(A-5)」、「評価・創造(C-1-2、C-1-3)」。企業での情報収集のみならず、外国語による表現能力、口頭発表能力及び討議力を持って、自分の考えを先導的見地から明確に述べることのできる能力を養う「主体的な学び・協働(A-3)」ため「材料工学産学連携実習」を履修する。

##### 博士共通科目

上記の高度な知識の習得に平行して、「工学研究企画」により国際的視野に特化して、科学技術社会に潜む諸問題を国内外から収集し、地球環境的規模で理解し、より最適な構造・機能材料の設計指針を提案できる能力

「実践(D-1)」、国際的な場において材料工学に関連する制御と特性原理についての的確に説明し、討議することができる能力「実践(D-7、D-8)」を養い、材料工学分野における技術の進歩と発展に自ら寄与する意思と、後進育成の教育への意欲を養う「実践(D-6)」。

#### 〈博士論文研究〉（1～3年）

学部及び大学院課程の集大成であり、座学及び研究の遂行を通して、国際的研究者・技術者としての知識と実践力を養う。それぞれの分野で設定したエネルギーや環境問題に基づく物理現象の理解「知識・理解(B-1,2)」と実践「実践(D-4)」、結晶工学に基づく構造材料の製造プロセスと物理特性の発現メカニズムの理解「知識・理解(B-3)」、機能性材料の原理の理解「知識・理解(B-4)」と実践「実践(D-5)」、構造解析・化学分析に基づく解析技術の提案「知識・理解(B-5)」ができる能力を育成する。さらに、研究を通して、独創性を意識した構造解析や化学分析の原理に基づく解析精度向上の提案「評価・創造(C-1-1)」、製造プロセス理論に基づく原料高純度の提案「評価・創造(C-1-2)」、現状の問題点の明確化、解決法の提案「評価・創造(C-1-3)」、物理現象の原理・法則に基づく構造物の設計と改善「評価・創造(C-2)」の能力を養い、「材料工学指導演習」と併せて、後進の指導や関連研究者を先導するリーダーシップを涵養する「評価・創造(C-1-2、C-1-3)」、「実践(D-6)」。

修士論文研究においては、柔軟な発想でテーマの設定、問題点の検討、得られた成果の国際的発信を行う必要があるが、博士論文研究は<講究科目>、<博士共通科目>のみならず、研究全体を通して材料工学に関して様々な人々と多方面から問題を検討し、指導能力を持って問題解決できる能力「協働A-2」、先導者であることを意識して、解決すべく課題に積極的に取り組むことができる能力「主体的な学び(A-1)」、外国語による表現能力、口頭発表能力及び討議力を持って、自分の考えを先導的見地から明確に述べる能力「主体的な学び・協働(A-3、A-4)」が養われる。国際的な発表を通して、材料工学に関連する制御と特性原理について討議できる能力「国際性(D-7)」を培い、材料工学分野における技術の進歩と発展に自ら寄与し、後進の指導への意欲を持ち「主体的な学び(A-5)」、「評価・創造(C-1-2、C-1-3)」、「実践(D-6)」、さらに、材料工学の深い知識を持って、異分野と学際的研究を自律的に遂行する努力を行い、新たな領域を切り開くフロンティア精神「学際性(D-8)」を育成する。

#### 〈研究指導体制〉

標準修業期間内（3年間）に博士の学位を取得することを目指し、そのために1年次から3年次まで体系的に研究活動が行えるように、指導教員を含む所属研究室の教員が、研究テーマ、関連研究の調査、研究の進め方、研究結果の評価、研究成果の発表、論文の作製など研究全般にわたって日常的に指導する。また、より高度な研究の遂行のためにはコースワークでの知識伝達のみでは不十分であることから、以下のとおり、必要に応じて指導教員以外の複数の教員が連携して助言を与える仕組みを整えている。

- ・研究室主催のゼミを通して指導教員を含む研究室の教員と研究に関するミーティングを行うことで研究指導を受ける。（週に1回程度）
- ・研究の進捗状況を指導教員や他の学生にプレゼンテーションし、フィードバックを受ける。（月に1回程度）
- ・研究の進捗状況を指導教員を含む材料工学専攻の教員に対しプレゼンテーションし、フィードバックを受ける。（年に1回程度）

また、学術雑誌への論文投稿をはじめ、研究報告会や国内・国際学会における発表、国内外大学とのセミナーなどの幅広い活動を通し、学生の研究活動を支援する。

これらのコースワークと研究指導を通して、材料工学に関する広範かつ高度な専門知識と卓越した分析能力を習得させ、材料工学分野の新しい分野を切り開くイノベーティブな人材を総合的に育成する。

#### 〈学位論文審査体制〉

本審査となる博士論文提出の前に教授3名以上による予備調査会を開催し、予備調査会の承認をもって学位論文の提出が認められる（原則として投稿学術論文2報の掲載または採択を前提とする）。その後、工学府代議員会で学位論文が受理され、総長から学位審査指令が下った後、主査および2名以上の副査からなる論文調査委員会委員の前で、学位論文の内容に関するプレゼンテーションと質疑応答を行い、試問の結果を踏まえて学位論文を改訂する。論文公聴会（プレゼンテーションと質疑応答形式）を開催し、その結果も踏まえて論文調査委員会より提出された論文調査報告書を基に、専攻の教授と論文調査委員会委員による論文審査が行われ、合否を判定する。審査委員会の報告に基づき工学府代議員会にて最終試験の合否が決定される。

## 【修士課程・博士後期課程】

#### 〈継続的なカリキュラム見直しの仕組み〉

専攻の教育プログラムの中で焦点化した学修目標の達成度は、以下の方針（アセスメント・プラン）に基づいて評価し、その評価結果に基づいて、授業科目の教授方法や授業科目の配置等の改善の必要性が無いかを「カリキュラム検討委員会」において検討することで、PDCA サイクルによる見直しを行う。

#### 《アセスメント・プラン》

指導教員・副指導教員への研究の進捗報告、並びに修士論文・博士論文の審査の中で、並行して、学修目標の達成度の評価を実施する。ディプロマ・ポリシーの達成は修士論文審査・博士論文審査の場において確認する。また、修士論文発表会や学位論文審査会において、修士論文や学位論文が学位を得るべき内容であることを確認する。