

・水素エネルギーシステム専攻

カリキュラム・ポリシー

【修士課程】

水素エネルギーシステムの高度化を目的として多面的・複合的視野をもって積極的に新し分野に挑戦でき、かつ学際化した同分野の現象解明や応用技術開発に柔軟に対応できる人材の育成を目指す本専攻の修士課程では、ディプロマ・ポリシーを達成するために教育課程を以下のように編成する。

〈コースワーク〉

機械工学分野と関連が深い熱工学、材料強度学、設計工学などに加えて、化学工学分野や材料工学分野とも関連が深い水素の製造、貯蔵、利用を網羅した幅広い分野の教育・研究を行う機械工学、水素エネルギーシステムおよびそれらの境界領域を包含する授業科目を有するカリキュラムと、これを支える教員によって充実した教育体制を整えている。授業科目は、以下の4種類の科目群から構成されている。グローバルコースの授業は、全て英語で実施される。

高等専門科目

修士課程における各学問分野における基本科目。基礎科学で得られた原理法則を基盤にしながら、コスト、効率および安全を考慮した合理的なものづくりを行うために必要な広範な知識を獲得し、それを水素エネルギーシステムに関わる様々な機械装置やシステム全体の設計に応用する総合能力を身につける。

先端科目

個別学問分野における先端的、学際的科目。水素エネルギーシステムに関する廣な先端科学に関する情報を集約し、分析・総合することで問題解決に結びつける研究能力を身につける。

能力開発特別スクーリング科目

説明能力、研究企画能力、研究調査能力など、技術者職者に必須な個人能力向上のための科目。水素エネルギーシステム分野において、ものづくりを先導し、国際的に活躍するために必要なコミュニケーション能力を習得する。

広域連携科目

水素エネルギーシステム専攻および関連専攻である機械工学専攻以外の分野についての知識を得て、融合技術に対応する多様性や受容性を育成するための科目。他専攻において開講されている科目から自由に選択し、学際的知識を習得する。

以上のコースワークに対して修士課程の修了要件は次のとおり。

1. 高等専門科目 12 単位以上（「水素工学概論」及び「高圧ガス安全工学」を含む。）

2. 先端科目 4 単位以上
3. 能力開発特別科目 4 単位以上
4. 広域連携科目 4 単位以上

を修得した上で、合計 30 単位以上を修得する。また、2 年以上修士課程に在籍し、修士論文を提出し、試問に合格する必要がある。

グローバルコースにおいては、科目を学生は英語で履修するとともに、上記一般コースと同様の科目群に加えて、

・留学生科目：日本の産業事情などの留学生向け科目を設けており、修了要件は、

1. 高等専門科目から 10 単位以上
2. 先端科目から 2 単位以上
3. 能力開発特別スクーリング科目から 2 単位以上
4. 留学生科目から 2 単位以上

を修得した上で、合計 30 単位以上を修得する。また、2 年以上修士課程に在籍し、修士論文を提出し、試問に合格する必要がある。

〈修士論文研究〉

学生は、自身の興味や問題設定等に沿って最先端の研究テーマを選択する。以下のリストから研究室を選択し指導教員と相談しながら具体的な研究テーマを設定し、水素エネルギーに関する要素技術の研究を通して、工学リテラシーなど座学では得られない経験と知識を修得する。

- 水素利用システム講座（水素利用プロセス、燃料電池システム、水素製造プロセス、先進水素システム）
- 水素貯蔵システム講座（水素貯蔵システム）
- 水素材料・設計学講座（固体力学、水素機能材料学、トライボロジー）
- 水素熱流体工学講座（熱流体物理、反応性ガス力学）

具体的には、高等専門科目や先端科目の知識を確認しながら、また研究を通じて、自分の研究における問題を検討するとともに、解決すべき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)」を高める。水素エネルギーシステムに必要な高度かつ最先端の知識・概を深く理解させ「知識・理解(B)」を身に付けさせる。同時に、実験・解析結果の分析論理的思考に基づいた考察を行い、問題点を明確化し、解決法を提案できる「適用・分析(C-1)」の能力を育成する。

一方、能力開発特別科目や広域連携科目の修得により、技術が社会に与える影響を理解するとともに、安全・安心で持続可能な社会の実現にあたり解決が必要な工学的問題を理解するそして、水素エネルギーシステムの視点に基づき解決法の指針を提案できる能力「実践(D)」、および、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、課題解決するために周囲の協力を得つつ積極的に取り組むことができる能力「主体的な学び(A)および実践(D)」を高める。さらに国際会議や異分野研究者間の討論の場において、自らが専門とする研究分野の技術と原理についての的確に説明できる能力「実践(D)」を身に着ける。

〈研究指導体制〉

本専攻では、指導教員を中心とする縦割りの研究指導体制はもとより、各研究室およびその関連研究室に所属する博士後期課程および修士課程の学生、学術研究員および研究スタッフとの研究ディスカッションにより切磋琢磨し意欲を高められる横割りの研究体制も重視している。また、世界最先端の研究設備とノウハウを擁し、学生が自身のアイデアを直ちに具現化できる環境を整えている。積極性や国際性を育み、情報発信能力を鍛えるために、国際会議での発表を奨励している。

さらに、水素エネルギーシステムが総合工学であることから、研究室間の垣根を越えた指導も重視し、専攻内の全研究室が参加する中間発表会を年に一回開催し、専攻内全教員が学生の研究能力を把握し、適切な助言を与える機会を設けている。

コースワークにおいては、機械工学の基盤の上に水素エネルギーシステムに関連する様々な知識、経験を獲得する機会があり、ものづくり全般に応用可能な普遍的な能力を身につけることが可能である。その結果として、水素エネルギー分野に限らず、重工業、鉄鋼、自動車、電気、精密機械、医療など、幅広い分野への就職に対応している。また、博士後期課程を経て学際的な研究を行うアカデミアの育成にも力を入れている。

〈学位論文審査体制〉

本審査となる修士論文発表会の前に、修士 1 年次に中間発表会を行う。学生はショートプレゼンと 1 時間にわたるポスター発表を行い、専攻内全教員から審査を受ける。研究の計画や方向性、当該学生の研究レベルを評価し、2 年以内に修士課程を修了できるよう適切な助言を与える。

本審査会は、大講座あるいは分野の近い複数の研究室で開催し、指導教員、専攻に所属する5~6名の教員で審査する。審査委員は、提出された修士論文の精査と口頭発表会および質疑応答により学生の水素エネルギーシステムに関する知識や理解、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や討議力を評価し、最終試験の合否を判定する。

【博士後期課程】

〈コースワーク〉

工学府が博士後期課程学生に対する研究指導の一貫として統一的に進めている必修科目「工学研究企画」では、「工学企画セミナー」を通して異分野交流の重要性やスキルを教育する。学生は、工学府諸専攻の学生と合同で実施する「工学企画セミナー」においてポスターもしくは口頭発表を行うことで、多様な専攻の教員や学生と討論する機会を得る。

「水素エネルギー工学特論」では、主に、海外から招いた水素エネルギーシステムに関するエキスパートにより、世界的な観点からエネルギー・環境問題を俯瞰し、一要素技術を紹介するとともに、学生は問題解決に向けて講師とともに議論する機会を得る。

「水素エネルギーシステム研究企画演習」と「水素エネルギーシステム指導演習」では、学際領域研究に柔軟に対応するために必要な広い視野と高い理解力、水素エネルギーシステムの新しい分野を切り拓くイノベティブな研究を遂行する能力、様々な分野においてリーダーシップを発揮できる企画立案能力と説明能力を養成するとともに、論文作成の機会を提供する。

「国際連携インターンシップ I およびII」および「産学連携インターンシップ」では、国外の大学との共同研究、国際会議での研究発表、産学連携を通して、時代のニーズに応じた先端的、学際分野に関する高度な知識や問題解決能力、コミュニケーション能力を獲得させ、世界水準の研究・発表を行う機会を提供する。

以上のコースワークに対して博士後期課程の修了要件は次のとおり。

1. 水素エネルギー工学特論 2 単位
2. プロジェクト演習 2 単位
3. 国際連携インターンシップ I、国際連携インターンシップ II 及び産学連携インターンシップのうちから 2 単位
4. 水素エネルギーシステム指導演習 2 単位
5. 工学研究企画 2 単位

を修得した上で、合計 10 単位以上を修得する。

なお社会人博士学生（社会人特別選抜試験で入学した者）については、工学研究企画を必修としない。

〈博士論文研究〉

修士課程までの研究実績を考慮し、また自身の興味、問題設定等に沿って、学生は最先端の研究テーマを選択する。以下のリストから研究室を選択し指導教員と相談しながら具体的な研究テーマ、研究計画を設定し、水素エネルギーに関する要素技術の研究を通して博士論文を完成させる。

- 水素利用システム講座（水素利用プロセス、燃料電池システム、水素製造プロセス、先進水素システム）
- 水素貯蔵システム講座（水素貯蔵システム）
- 水素材料・設計学講座（固体力学、水素機能材料学、トライボロジー）
- 水素熱流体工学講座（熱流体物理、反応性ガス力学）

博士後期課程は学部及び大学院課程の集大成であり、博士研究、およびコースワークを通して、低炭素・脱炭素社会の実現を先導し、国際的な活躍により社会に貢献する人材を育成する材料・プロセスと機械工学の両分野にわたる先端的、学際的領域における高度な技術と理論について説明する能力「知識・理解(B)」を涵養する。また、水素エネルギーシステムに関する多様な現象を独自の実験、情報処理技術を駆使して解析することで新たな知見を導き「適用分析(C-1)」、水素エネルギーシステムが関わる幅広い分野における設計や製作に関わる工学的問題を明確化し、解決策を提案し、現象や技術情報を明確に記述する文章力と、自分の考えを明確に述べる表現力「汎用的能力(C-2)」を育成する。さらに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「実践(C-2)」。

博士論文研究では、<講究科目>、<セミナー科目>、<演習科目>のみならず、研究活動、学会発表等を通して異分野の研究者と学際的視点をもって問題を検討し、指導能力を持って問題解決できる能力「主体的な学び・協働A」、先導者であることを意識して、解決すべく課題積極的に取り組むことができる能力「主体的な学び・協働(A)」、自分の考えを明確に述べることができる能力「主体的な学び・協働(A)」を養う。

〈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、論文の作成など研究全般にわたって日常的に指導する。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、水素エネルギーシステムの教員、学生が全員参加する年に中間発表会（1回/年）にて、ショートプレゼンと1時間にわたるポスター発表を行い、専攻内の全教員と議論し、審査を受ける。専攻内の教員は、研究室の枠組みを超えて学生の研究計画や方向性、当該学生の研究レベルを評価し、3年以内に学位取得できるよう適切な助言を与える。

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、国内外業とのセミナーなどの幅広い活動を通して、世界をリードできる水素エネルギーシステム研究者、技術者を育成する。

〈学位論文審査体制〉

本審査となる博士論文提出の前に予備調査会（機械工学専攻の教授および指導教員資格を有する准教授で構成）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。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、主査および副査（他専攻・大学等1名以上を含む2名以上）からなる論文調査委員会において学位論文の容に関する詳細な審査を行う。さらに、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で構成される論文審査委員会において審議を行い、可否を判定する。審査委員会の報告に基づき工学府代議委員会にて最終試験の可否が決定される。

【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到達目標の達成度は、以下の方針（アセスメントポリシー）に基づいて評価し、その評価結果に基づいて、授業科目内の教授方法や授業科目の配置等の改善の必要性がないかを「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。