

## a. 研究指導

### (1) 研究指導の体制

#### ① 指導教員

学生の指導については、1名の大学院生に、主指導教員1名、副指導教員2名以上を配置する。副指導教員の1名は、大学院生の研究領域と異なる研究領域に属する教員を配置し、幅広い視野の育成に向けて、研究遂行の際に多角的な視点を涵養できるよう指導する。

#### ② 指導教員の役割

##### 主指導教員

- ・ 主指導教員は、必要な履修指導・研究指導を行い、全般に責任を持つ。
- ・ 主指導教員は、学生と協議し、研究課題を設定する。
- ・ 主指導教員は、各学期の初めに授業計画及び研究計画を学生と検討して、半年間の教育研究計画を立てる。
- ・ 主指導教員は、副指導教員(A)と協力して、応用自然科学特別研究、応用自然科学特別講究Ⅰ・Ⅱ、応用自然科学ゼミナールⅠ・Ⅱの指導を行う。
- ・ 主指導教員は、博士論文の執筆要領、論文完成までのプロセスを学生に示し、かつ研究の過程において適宜指導を行う。また、基礎理学、応用理学及び理工学の分野横断的な連携を通じて自身の研究領域におけるイノベーション創出や、他の研究領域と連携しながら社会実装による課題解決へと通じる高度な専門性・知識・技能をそなえた研究開発型人材(大学・研究機関又は企業等の研究者)並びに理工系高度専門職業人(企業又は公設試等の技術者)を養成する。

##### 副指導教員(2名以上)

- ・ 副指導教員の1名は、近接分野で異なる研究の専門的かつ客観的視点から指導・評価を行うことで、学生の研究内容の高度化・精緻化を促す役割を担う。
- ・ 副指導教員の1名以上は、学生自身の研究と他分野及び研究領域の観点から、応用や学問領域の広がりを意識した多面的・多角的な指導を行うことで、分野に閉じた研究に陥らせない役割を担うとともに、他分野の客観的かつ総合的視点から指導・評価を行うことで、学生の研究内容の高度化・精緻化を促す役割を担う

指導教員の1名を「アドバイザー教員」とし、年2回の定期面談を実施するとともに、適宜面談を行い、きめ細かい研究指導等を実施する。その他、精神面(メンタルヘルス)、経済状況等の学生の状況を把握し、アドバイザー教員が学生生活全般について助言を与える。

## (2) 授業科目及び履修方法について

### ① 履修科目の実施方法

- ・ 専門必修科目 (応用自然科学特論)

「応用自然科学特論Ⅰ・Ⅱ」の履修を通じて、イノベーション創出・課題解決に向けた社会実装に必要な知識を得るとともに、実務経験を有する教員の講義及びディスカッションを通じて、自身の研究成果を社会実装につなげていくための思考力・判断力を涵養する。

- ・ 専門選択科目

選択科目による各分野の専門的な講義を通じて、自身の専門分野に関わる知識を深めるとともに、研究志向の拡大に向けて、自身の専門分野領域とは異なる研究分野に関わる知識を導入することで、分野横断的な思考力・判断力を涵養する。

- ・ 共通科目 (ゼミナール)

「応用自然科学ゼミナール」において、主指導教員及び近接分野の副指導教員の指導の下で、自身の専門領域の先行研究の分析や研究の企画・実施・省察によって、研究領域への関心・意欲を高めるとともに、他分野副指導教員の指導により多角的な視点や他分野への意欲を涵養する。自身が中心となって国際学術誌への論文発表につなげることで、国際通用性のある研究成果の公開・還元に必要な論文作成技能・表現力を育成する。

- ・ 共通科目 (特別講究)

「応用自然科学特別講究」において、主・副指導教員や社会実装の経験を有する研究者、他の大学院生を交え、自身の研究について、プレゼンテーション能力等を育成する。特に、2年次の「応用自然科学特別講究Ⅱ」では国際学会での発表につなげることで、国際通用性のある研究成果の公開・還元に必要な発表技能・表現力を育成する。年度末には応用自然科学専攻の教員、学生の面前にて、自身が主体的に取り組んでいく研究プロポーザルについてのプレゼンテーションと質疑応答を行い、発表スキルを養成する。

- ・ 研究指導 (特別研究)

「応用自然科学特別研究」においては、「専門科目」により得られた知識・技能と「共通科目」を通じた分析・省察結果・他分野からの知見を総括する。研究開発型人材を志向する学生に対しては、自身の専門的知見を分野横断型研究によって幅広い視点で活躍できる研究者としての観点から、理工系高度専門職業人を志向する学生に対しては、高いレベルの専門的技術を地域や社会に還元・普及させ社会実装につなげる観点から、必要とされる健全な倫理観を涵養し、博士論文へとつなげる。

### ② 履修単位

科 目	単 位
講義科目	4 単位
応用自然科学特論Ⅰ・Ⅱ	4 単位
応用自然科学ゼミナールⅠ・Ⅱ	4 単位
応用自然科学特別講究Ⅰ・Ⅱ	4 単位
応用自然科学特別研究	12 単位
計	28 単位

### ③履修基準

博士課程応用自然科学専攻の履修の基準は次に示す通りである。

修 了 に 必 要 な 履 修 科 目 単 位 数				
必 修 単 位 数		選 択 単 位		合 計
		開講単位数	履修単位数	
応用自然科学特論Ⅰ・Ⅱ	4 単位	76 単位	4 単位以上	28 単位以上
応用自然科学ゼミナールⅠ・Ⅱ	4 単位			
応用自然科学特別講究Ⅰ・Ⅱ	4 単位			
応用自然科学特別研究	12 単位			
小 計		24 単位		

(社会人学生のためには、集中講義形式の授業も用意されています。)

#### ④成績評価

授業科目の成績は、原則として学期毎の試験・レポート等により、100 点満点で評価され、60 点以上が合格となり、単位が与えられる。成績評価基準は下表の通りである。成績評価の方法は、授業科目によって異なるので、シラバスの「成績評価の方法」を確認すること。授業科目によっては、合格及び不合格で評価を行うものもある。

成績評価基準

合否	評語	評点	基準
合格	秀	90 点～100 点	到達目標に示した知識・技能・考え方などを理解・把握し、標準的に達成している水準をはるかに上回る成績
	優	80 点～89 点	到達目標に示した知識・技能・考え方などを理解・把握し、標準的に達成している水準を上回る成績
	良	70 点～79 点	到達目標に示した知識・技能・考え方などを理解・把握し、所定の課題について活用していると判定でき、標準的に達成している水準程度の成績
	可	60 点～69 点	標準的に達成している水準を下回るが到達目標に示した知識・技能・考え方などを理解・把握していると判定できる成績
不合格	不可	59 点以下	到達目標に示した知識・技能・考え方などが理解・把握できておらず、単位修得にふさわしくないと判定できる成績

## b. 修了の要件と学位の種類

- ・ 本専攻博士課程に3年以上在学し、28単位以上を修得し、かつ、必要な研究指導を受けた上、博士論文の審査及び最終試験に合格することとする。ただし、在学期間に関しては、優れた研究業績を上げた者について、修士課程又は博士前期課程を修了した者にあつては修士課程又は博士前期課程と博士後期課程を通算して3年以上、修士課程又は博士前期課程を経ない者にあつては博士後期課程に1年以上在学すれば、足りるものとする。
- ・ 学位論文は、論文審査委員会に提出され、別に定める試験を経て研究科委員会で可否を判定する。
- ・ 授与する学位は博士(理工学)、博士(理学)とする。

### ・ 授与する学位の決定時期及び決定方法

学生は、入学者選抜の段階で志向する研究分野及び研究計画を提出し、入学後当該分野の研究を開始するため、原則として、研究分野に対応した学位を授与する。学位(理学)が設定されている数理・物理・情報学分野及び生物科学分野で分野横断型の研究を志向する学生が、化学生命理工学分野または地球科学・防災工学分野との分野横断型研究を行う場合の学位については、あるいは学位(理工学)が設定されている化学生命理工学分野または地球科学・防災工学分野で分野横断型の研究を志向する学生が、数理・物理・情報学分野及び生物科学分野との分野横断型研究を行う場合の学位については、主指導教員及び副指導教員からの履修指導の下で選択する専門科目の履修状況、当該学生の研究課題及び研究の進捗状況等を勘案し、1年次末に決定する。

## c. 長期履修学生制度について

- ・ この制度は、主に職業を有している等の理由により、標準修業年限(3年)を超えて一定期間(3年6ヶ月から6年間)にわたり計画的に教育課程を履修し修了することができる制度である。  
長期履修学生の時間割等履修計画については、学生本人が指導教員及び授業担当教員等と相談のうえ決めることとなる。

#### d. 応用自然科学専攻における単位取得までの日程概要

月 年次	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	
1	←講義科目（2単位）→						←講義科目（2単位）→						・講義科目（選択科目）は、自身の属する教育研究分野開講科目から2単位を含み4単位を修得する。
	← 応用自然科学特論Ⅰ（2単位） → ← 応用自然科学特論Ⅱ（2単位） → ← 応用自然科学ゼミナールⅠ（2単位） → ← 応用自然科学特別講究Ⅰ（2単位） → ← 応用自然科学特別研究 →												・応用自然科学特論Ⅰ・Ⅱ：イノベーション創出・課題解決に向けた社会実装に必要な知識を得るとともに、実務経験を有する教員の講義及びディスカッションを通じて、自身の研究成果を社会実装につなげていくための思考力・判断力を涵養する専門科目。
2													・応用自然科学ゼミナールⅠ・Ⅱ：自身の専門分野の教員・指導教員グループの教員によるセミナー形式の演習科目。  ・応用自然科学特別講究Ⅰ・Ⅱ：応用自然科学特別研究の方向性を明確化するための演習科目。
	← 応用自然科学ゼミナールⅡ（2単位） → ← 応用自然科学特別講究Ⅱ（2単位） → ← 応用自然科学特別研究 →												
3							予学 備位 審論 査文 ヒ予 ア備 リ審 ン査 グ 10 月	公 学 及 学 聴 位 び 位 会 論 最 授 文 終 与 1 審 試 月 査 験 2 月	3 月 下 旬	・応用自然科学特別研究：学位論文についての研究指導。3年を通して12単位とする。			
	← 応用自然科学特別研究 →												

## e. 研究教育分野の内容

研究教育分野	内 容
数理・物理・情報学	数理・物理・情報学分野では、代数・幾何学領域／粒子・宇宙物理学領域／物性物理・物性化学領域／計算システム・ソフトウェア科学領域を有し、主に基礎理学を中心に理論・実験・実践を通じて研究教育を行う。深い学識を持って数理科学・物理科学・情報学の進展を目指し、社会における様々な理学系分野において独創性を発揮しながら先導的な役割を担うことのできる人材を育成する。
生物科学	生物科学分野では、古生物・分子古生物学領域／分類・生態学領域／比較生化学領域／分子生理学領域／植物細胞生物学領域を有し、主に基礎科学を中心に研究教育を行う。マクロ・ミクロの両面から、及び生物進化の時間軸の観点から、研究教育を行い、生物や生態系の進化に至る幅広い生物科学的知見を修め、様々な地域に根ざした「生物多様性」の保全、生物を胚胎する「環境」の保全、環境変化の予測や地域産業の発展に貢献できる人材を育成する。
化学生命理工学	有機材料・反応化学領域／機能物質・複合化学領域／生命理工学領域を有し、主に応用科学・理工学を中心に研究教育を行う。化学的及び生化学的知見に基づき、高度な専門知識と実験技術を備え、地域や国内外の課題解決を見据えたイノベーションの創出や、自身で確立した方法によって課題解決できる能力を持った人材を育成する。
地球科学・防災工学	地球科学領域／防災工学領域を有し、主に応用科学・理工学を中心に研究教育を行う。地球科学と防災工学の知見を基盤とし、地球構成要素の特性、自然現象の発生機構、自然災害の進行準備過程、災害に対する生命財産と構造物の保全策など、理学と工学の両方の高度な学識に基づき、地域や国内外の環境保全及び防災技術の創出に寄与し、課題解決能力そなえた人材を育成する。

## f. 応用自然科学専攻のカリキュラム

科目区分	研究教育分野	授業科目名	単位	備考
専門科目	数理・物理・情報学	応用自然科学特論Ⅰ	2	必修
		応用自然科学特論Ⅱ	2	必修
		先端知能ソフトウェア特論	2	
		先端高性能計算特論	2	
		先端機械学習特論	2	
		複素偏極多様体特論	2	
		配置空間モデル特論	2	
		量子物質相関物理学特論	2	
		量子物質構造論特論	2	
		量子電波物性学特論	2	
		強相関電子系特論	2	
		凝縮系物性化学特論	2	
	生物科学	海洋堆積学特論	2	
		海底環境変遷学特論	2	
		古生態学特論	2	
		海洋分子生物学特論	2	
		海洋動物生態学特論	2	
		魚類系統分類学特論	2	
		タンパク質科学特論	2	
		分子生理学特論	2	
		細胞形態機能特論	2	
		細胞機能構築学特論	2	
	化学生命理工学	生体分子科学特論	2	
		機能物質化学特論	2	
		水熱反応応用科学特論	2	
		応用物質化学特論	2	
		溶液化学特論	2	
		水域環境動態化学特論	2	
		水熱無機材料科学特論	2	
		無機錯体構造科学特論	2	
		分離科学特論	2	
		トランスクリプトミクス特論	2	
		生体高分子構造特論	2	
	地球科学・防災工学	地球環境システム学特論	2	
		古海洋生物学特論	2	
		古地球磁場変遷学特論	2	
		構造地質学特論	2	
		耐風構造特論	2	
		変動気象学特論	2	
		耐震工学特論	2	
共通科目		応用自然科学ゼミナールⅠ	2	必修
		応用自然科学ゼミナールⅡ	2	必修
		応用自然科学特別講究Ⅰ	2	必修
		応用自然科学特別講究Ⅱ	2	必修
研究指導		応用自然科学特別研究	12	必修



## 授業内容

研究教育分野	授業科目	内 容
数理・物理・情報学分野	先端知能ソフトウェア特論	知能ソフトウェア開発において、計算機を用いた問題解決に必須となる基礎理論や各種手法について、現在に至る歴史的背景の変遷や、それに伴うパラダイムシフトを含めて解説する。また、重要な事項については理解を深めるためのプログラミングも行う。
	先端高性能計算特論	大規模な科学技術計算の高速化を実現する高性能計算技術の概要について講義する。CPU および GPU のアーキテクチャをはじめ並列分散計算システムについて解説する。また、最先端のスーパーコンピュータを紹介する。
	先端機械学習特論	コンピュータに自ら問題解決を行う能力を学習させる機械学習の手法の最近の進展と実データへの適用手法について講義する。また受講生には実際に大規模データに対する機械学習のプロジェクトを設定させ、実際に適用・評価させる。
	複素偏極多様体特論	複素偏極多様体に関する最新の話題(特に、断面不変量による分類理論や随伴束に関する理論)について解説する。
	配置空間モデル特論	高分子準結晶や環状炭化水素分子のトポロジーデザイニングを話題として、トポロジー・幾何的数理モデルの成す配置空間の幾何学的な構造について講義を行う。
	量子物質相関物理学特論	強相関量子多体系における相転移現象を、構成粒子とそれらの間の相互作用に起因する多体効果の観点から現象論的および微視的に記述する方法について講義する。
	量子物質構造論特論	原子核・ハドロン多体系の構造と運動様式を、温度や密度などの外部環境の変化にともなう相転移を含め、量子色力学(QCD) およびその有効模型に基づいて講義する。
	量子電波物性学特論	固体中の多電子系が示す磁性や超伝導等の量子論的特性を、核磁気共鳴法を用いて微視的な立場から調べる方法について講義する。
	強相関電子系特論	強相関f電子系は量子臨界点近傍において異常な性質を示す。量子臨界点近傍における物性を磁性と超伝導の相関という立場から講義する。

	凝縮系物性化学特論	凝縮系、特に固体を主な対象とし、その物理的性質について概要を学ぶとともに、評価方法として回折法、分光法、化学分析の原理を理解する。特に、複素インピーダンス法、X線吸収分光、熱分析について重点を置いて展開する。
生物科学分野	海洋堆積学特論	海域縁辺から深海におよぶ海洋における堆積作用と堆積物を、物理的堆積機構ならびに生物学的堆積機構から理解する方法について、露頭や標本などの観察を交えて解説する。
	海底環境変遷学特論	貝化石を中心とした古生物学的な手法で解析された過去から現在までの海洋環境変遷を具体的に解説し、将来的な地球環境変遷を考究する。
	古生態学特論	古植物学・花粉学の手法で解析した過去の植生と環境の変遷を、気候変動、海洋学、地質学、考古学等の分野と関連づけて解説する。
	海洋分子生物学特論	本講は、分子系統地理学やゲノム・トランスクリプトーム解析を通して、海洋生態系の要となる海洋原生生物の進化・多様性を考察する。
	海洋動物生態学特論	珊瑚礁を含む沿岸域から深海底にいたる動物群の種多様性を解説し、人為的負荷がその群集構造に与える影響を考察する。
	魚類系統分類学特論	魚類の系統類縁関係や高位の分類体系の変遷を学び、最近の分子系統仮説と従来の形態学による仮説を対比しながら、魚類の進化や動物地理について考える。
	タンパク質科学特論	タンパク質の構造と機能の進化と多様性について解説する。また、実際の測定データを用いて、様々な酵素反応の解析方法について解説する。
	分子生理学特論	原生生物の環境シグナルの受容・変換機構、および応答発現について細胞分子生理学レベルで論じ、細胞機能の多様性を総合的に考察する。
	細胞形態機能特論	植物・多細胞藻類において組織や器官を形作る細胞の成長、分裂および分化の過程の形態学的な特徴、および、生理学的・無機質な環境条件との関連を解説する。

	細胞機能構築学特論	藻類や植物細胞の微細構造と機能、およびそれらを知る上で必要な基礎的な研究手法を理解し、生物のかたちを決める細胞の形態形成のメカニズムについて、形態学的な観点から解説する。
化学 生命 理工学 分野	生体分子科学特論	糖類やタンパク質などの複雑な生体分子の有機化学合成法と構造解析法、そして合成生体分子を用いた生命科学研究について議論する。
	機能物質化学特論	分子認識現象に光学応答を示す機能性ナノマテリアルの設計・合成および特性について、バイオセンシングへの応用も含めて解説する。
	水熱反応応用科学特論	水熱法による機能性無機材料の合成と、資源リサイクルおよび廃棄物処理プロセスへの水熱反応の応用について解説する。
	応用物質化学特論	触媒研究を理解するために必要な物理化学の基礎を解説する。また、実際の研究データを用いながら最先端の触媒研究を紹介する。演習として、触媒分野の論文ならびに自身の研究内容についてプレゼンテーションを課す。
	溶液化学特論	水溶液および水－有機混合溶媒中で起こる様々な化学反応に関して、電気化学的手法および分光学的手法を用いた解析に関する最新の成果について論じる。
	水域環境動態化学特論	地球上の水圏における、無機化学種の分布および挙動を紹介する。また各化学種の分析法についても併せて取り扱う。
	水熱無機材料科学特論	高温高压溶液の物理化学特性と熱力学特性を踏まえた上で、結晶性酸化物材料の水熱合成・結晶物性・応用デバイスについて論じる。
	無機錯体構造科学特論	種々の配位子が結合した金属錯体について、立体構造、異性化現象、配位子間相互作用、配位子交換反応、配位子反応等を解説する。
	分離科学特論	水溶液及び固体中に含まれる無機及び有機化合物の分離技術についてクロマトグラフ法を中心に解説する。また、環境試料中の重金属の抽出技術についても触れる。

	トランスクリプトミクス特論	細胞がもつRNAの総体をトランスクリプトームという。様々な非コードRNAを含むRNAの機能を総合的に理解する試みについて解説する。
	生体高分子構造特論	生体高分子の構造とその研究手法を最近の研究例を紹介しながら議論する。X線構造解析法、電子顕微鏡法、中性子線構造解析法を中心に講義を行う。
地球科学・防災工学分野	地球環境システム学特論	地球環境変動を、地圏、水圏、気圏、雪氷圏、生物圏、人間圏からなる地球システムの変動としてとらえ、それらの変動の原因、プロセス、相互作用について解説、討議する。
	古海洋生物学特論	堆積物・堆積岩に記録された環境インパクトや自然災害、またそれに対する生物の反応について講究し、変動する地球における共生について探究する。
	古地球磁場変遷学特論	海洋底堆積物をはじめとする各種の地質試料から、過去の地球磁場変遷を推定する手法の詳細や、実際に推定された変遷像などについて解説する。
	構造地質学特論	岩石の変形構造・応力・物性の関係を理解する。沈み込み帯に注目し、温度、圧力、流体圧、物性などの発展から沈み込み帯の諸現象を定量的に理解する。
	耐風構造特論	風に起因する構造物の空力不安定性や、台風、竜巻等に伴う強風や突風による構造物の被害について紹介し、それらを防ぐ方法について解説する。
	変動気象学特論	海洋変動とも関わる気候学的長期変動から短時間の激しい嵐まで、様々なスケールをもつ気象の変動を、再解析データや観測データを用いて解説する。
	耐震工学特論	地震動による災害を軽減化するために、「被害を引き起こす地震動の特徴」「地盤構造の探査とモデル化」「数値計算等を通じた設計用入力地震動の作成と強震動予測」などの原理・手法および実社会への応用について、近年の論文等を用いて解説する。