

21. エネルギー科学研究科

I	エネルギー科学研究科の教育目的と特徴	・ ・ 21- 2
II	分析項目ごとの水準の判断	・ ・ ・ ・ ・ 21- 3
	分析項目 I 教育の実施体制	・ ・ ・ ・ ・ 21- 3
	分析項目 II 教育内容	・ ・ ・ ・ ・ 21- 3
	分析項目 III 教育方法	・ ・ ・ ・ ・ 21- 5
	分析項目 IV 学業の成果	・ ・ ・ ・ ・ 21- 6
	分析項目 V 進路・就職の状況	・ ・ ・ ・ ・ 21- 7
III	質の向上度の判断	・ ・ ・ ・ ・ 21- 8

I エネルギー科学研究科の教育目的と特徴

エネルギー科学研究科は、人類の持続的な発展のための最重要課題である、エネルギーの確保並びに環境保全の問題を解決するため、工学、理学、農学、経済学、法学などの多岐に渡る学問領域を結集して、平成8年に世界に先駆けて創設された。本研究科は持続型社会形成を目指して、理工系に人文社会系の視点を取り込みつつ学際領域としてのエネルギー科学の学理の確立を図り、地球社会の調和ある共存に寄与する、国際的視野と高度の専門能力を持つ人材を育成することを理念としている。これは、京都大学の基本理念「創立以来築いてきた自由の学風を継承し発展させつつ多面的な課題の解決に挑戦し、地球社会の調和ある共存に貢献する」に沿うものである。

本研究科は、エネルギー社会・環境科学、エネルギー基礎科学、エネルギー変換科学、エネルギー応用科学の4つの専攻から成り、エネルギー理工学研究所、原子炉実験所、人間・環境学研究科の協力のもとに、基幹講座22分野、協力分野17分野で構成されている。平成17年には、専攻を横断する研究科附属施設として先端エネルギー科学研究教育センターを設置した。同センターは、共同利用、プロジェクト研究推進、産官学連携、広報の4部門を持ち、プロジェクト申請、大型設備や共通施設の効率的運用、産官学連携活動など、教育研究の活性化と社会貢献に寄与する事業等の推進を行っている。

博士前期（修士）課程（定員109名／年）においては、エネルギー科学の基礎を中心とした学術研究を進め、博士後期課程（定員49名／年）においては先端的研究者の養成と高度の専門的能力を有する人材の養成を推進している。これにより教育研究の高度化・多様化を進め、学術研究の進展や社会・経済の変化に対応できる幅広い視野と総合的な判断力を備えた専門的・学際的人材の養成を目指している。さらに、研究科そのものが世界的な学術研究の拠点、研究者養成の中核的機関となることを目指している。

21世紀COE「環境調和型エネルギーの研究教育拠点形成」プログラム（平成14～18年度）において、環境調和性の高い未来エネルギーとして、太陽エネルギー、水素エネルギー、バイオエネルギーの研究開発を基盤とした環境調和型トータルエネルギーシステムの確立を目指した研究を推進するとともに、高い専門性と総合性を備え、国際的に活躍できる次代の人材を育成するための教育組織・教育体制の構築を進めたことは特記に値する。また、文部科学省の「魅力ある大学院教育」イニシアティブ事業（平成17～18年度）にも採択され、「学際的エネルギー科学研究者養成プログラム」を実施し、学術・基礎研究者、応用・開発研究者、および政策・技術経営研究者など将来の進路に応じたコースを設けて若手研究者の育成に取り組んでいる。加えて、海外から優秀な留学生を博士後期課程に受け入れ、本研究科の特色である学際的なエネルギー科学教育および研究指導を英語で行う「国費外国人留学生（研究留学生）の優先配置を行う特別プログラム」を実施している。

[想定する関係者とその期待]

エネルギー・環境問題に取り組む強い意欲を持つ人材を育成し、彼ら彼女らが教育者、研究者、政策提言者等として産業界、官公庁、大学・研究機関等で活躍することが期待される。官公庁、公的研究機関、民間企業が行う研究・製品開発においては、エネルギー・環境問題への高い意識と解決の方法論・技術を持って当たることの必要性がますます強まっており、このような資質を持つ実務者や研究者を輩出することが期待されている。国や自治体は各種施策の立案・実行のため、広い視野からエネルギー・環境問題に取り組める人材を求めている。加えて、エネルギー・環境問題の解決が国の安定発展に重要な東南アジア等の発展途上国では、このような人材を育成することに対する期待がとりわけ高い。

II 分析項目ごとの水準の判断

分析項目 I 教育の実施体制

(1) 観点ごとの分析

観点 基本的組織の編成

(観点に係る状況) 本研究科(基幹講座 22 分野、協力講座 17 分野、客員講座 4 分野)はエネルギー社会・環境科学、エネルギー基礎科学、エネルギー変換科学、およびエネルギー応用科学の 4 専攻により構成されている。客員講座を設けることにより、広く民間および外国から客員教員を迎え入れ、専任教員だけではカバーできない幅広い分野の教育を図っている。年度毎の入学志願者数と入学者数の推移を表 1 に、各専攻の目標と構成の詳細を表 2 に示す。

平成 16 年度末には専攻を横断する先端エネルギー科学研究教育センターと同産学連携講座を設置し、エネルギー科学の研究と教育の拠点ならびに社会貢献に寄与し得る組織編成を目指している。産学連携講座においては産業界からの協力を得て、産業界からの視点による教育の機会を学生に提供している。しかし、大学全体の定員削減に対応するため、基幹講座の教員定員 2 名を削減せざるを得なかった。これを助教定員の削減で対応したため、今後若手教員の積極的な配置を考慮する必要がある。

観点 教育内容、教育方法の改善に向けて取り組む体制

(観点に係る状況) 教授会は研究科専任の教授で構成され、研究科会議はそこに協力講座の教授を加えた形で構成される。いずれも構成員の 3 分の 2 の出席を定足数として、教育活動に係る重要事項を審議・決定している。また、教務関連事項や教育内容・方法等に関する検討は教育研究委員会が主掌し、これに入試、基盤整備、国際交流委員会が協力連携し、教育方法の改善に取り組んでいる(表 2 参照)。同委員会は研究科長の指名する委員長と各専攻から 2 名の委員(教授、准教授各 1 名)で構成し、専攻での議論と検討を持ち寄り形で年 6 回定例会議を開催する。経常的には、年度初めのガイダンスの充実、カリキュラムの充実、図書室の整備、学生の進路指導等を通して良好な教育環境の創出に努めている。また、基盤整備委員会と協力して教育の現状についてのデータ・資料を集積し、毎年度、自己点検・評価報告書やエネルギー科学広報などにまとめ、分析して、長期的に教育体制の改善を図っている。重要な案件については、適宜専攻長会議、研究科会議にて慎重に審議している。

(2) 分析項目の水準及びその判断理由

(水準) 期待される水準を上回る。

(判断理由) 研究科の運営組織は平成 18 年度に創立 10 周年を迎え、充実した編成と成りつつある。その間、教育内容や方法についても改善が加えられ、21 世紀 COE「環境調和型エネルギーの研究教育拠点形成」プログラム(平成 14~18 年度)や「魅力ある大学院教育」イニシアティブ事業(平成 17~18 年度)により質的にも設備的にも格段に充実したものとなったことは特記に値する。また多くの国際的イベントへの院生の参画により、国際的に活躍できる次代の人材育成が着実に進められ、その方向への教育組織・教育体制が整いつつある。

分析項目 II 教育内容

(1) 観点ごとの分析

観点 教育課程の編成

(観点に係る状況) 本研究科は学際的・総合的な学問分野を包括する。エネルギー問題の

解決に資する人材を養成するためには、大学院の課程中に自然科学と社会科学の双方に亘る幅広い学識の獲得と、それらを総合する能力の涵養が要求される。そのため、カリキュラムでは多様で偏らない教育体系を採用する必要がある。以上の方針に則り、本研究科では幾つかの新しい方式を取り入れ、博士前期課程（修士課程）および博士後期課程の教育課程を編成している。以下に、その特徴を列挙する。

（１）多彩な授業科目

表４に、各専攻における教育の内容および修士課程、博士後期課程で開設される授業科目を示す。各専攻はそれぞれの分野のルーツを生かしつつ教育理念を反映した多彩な科目を提供する。

（２）履修要件と履修方法

表５に、修士課程および博士後期課程を修了するための要件とその方法をまとめる。各専攻に所属する学生には自専攻開設科目の他、他専攻科目の履修も推奨しており、さらに他研究科の科目も広く履修できる。

（３）他専攻向け特別セミナー

すべての専攻には他専攻学生のための特別セミナーが設けられ、学生は所属以外の専攻が開設する特別セミナーを選択できる。ここでは、具体的にテーマを設定し、それについての直接的な指導と討論によって、各テーマに特有の考え方とエネルギー問題の捉え方をより深く理解する。

（４）学外研究プロジェクト

実社会における実習や調査を目的として各専攻に学外研究プロジェクトを配置している。これにより、学外の国・公立研究機関、民間企業等における研究を経験し、自身の研究を補完するとともに、関連するエネルギー問題の背景、動向、将来の展望などを考察する機会を与える。

（５）通論の開設

各専攻の内容・ビジョンを概論するため、オムニバス方式による通論を設けており、関連分野における最先端のトピックスおよび国内外の研究状況を紹介する。

（６）客員教員による多彩な特別講義

専任教員に加え、国内外の第一線の研究者および実務者を客員教授・助教授（准教授）として招聘し、エネルギー問題に関連する最新の知見および将来の展望、予測を講義している。客員教員は講義のみならず研究指導も分担し、専門の立場から問題解決の方法論とその評価について教授する。

（７）学際的エネルギー科学研究者養成プログラム

本研究科は、平成 17, 18 年度の 2 年間、文部科学省の「魅力ある大学院教育」イニシアティブ事業として、「学際的エネルギー科学研究者養成プログラム」を推進して来た。このプログラムを通して、21 世紀の国際社会の喫緊の、エネルギー資源の確保や環境問題を中心とした様々なエネルギー・環境問題に対して、幅広い国際性と深い専門性をもって社会の要請に応える若手研究者の育成に努めてきた。その詳細については、分析項目Ⅲ（主体的な学習を促す取組）の項を参照されたい。

（８）留学生プログラム

本研究科では、「国費外国人留学生(研究留学生)の優先配置を行う特別プログラム」を実施している。海外から優秀な留学生を募集し、本研究科の特色である学際的なエネルギー科学教育および研究指導を英語で行う。これにより、グローバルな視野に立ってエネルギー・環境の諸問題の解決に貢献しうる国際的人材を輩出するとともに、留学生との交流会等により、日本人学生の国際性を涵養するなど、国際性豊かな教育・研究環境の整備を図

っている。詳細については次項（学生や社会からの養成への対応）を参照されたい。

観点 学生や社会からの要請への対応

（観点に係る状況） 海外からの留学生向けに、「エネルギー科学特別コース（博士後期課程3年間）」を平成13年10月に設置し、継続発展させている。英語による教育を前提とし、入学試験を书面選考により実施する。1学年8名は国費留学生となり奨学金が支給されるなど、従来とは異なる新しいコースとしてスタートした。その後、順次、外国人客員教授の講義、専任教員による英語講義を増加、充実させた。その結果、平成18年度（平成19年10月入学者）からは文部科学省の新たな競争型プログラムにより支援される「英語によるエネルギー科学国際プログラム」に発展した。本プログラムでは、本研究科の学際的特長を活かし、留学生のエネルギー科学に関する視野を拡げ、さらに研究テーマ・マッチング支援システムの導入により、留学生の希望を活かし、継続または新規のテーマによる研究を遂行できるよう配慮している（図1参照）。

平成18年5月に創立10年の節目を迎えるにあたり、教育研究体制の一層の改善を図るべく、平成17年度に「国際的エネルギー科学への教育研究体制改革プロジェクト」を行った。その一環として、各専攻が提供する通論に関しての学生によるアンケート、教員による学生に対するアンケート、及び学生による本研究科の教育研究体制に関するアンケートを実施し、その結果をまとめた。加えて、学外との密接な接点を確保するために、

- ① 毎年産業界等から講師を招き、学生に対してインターンシップ説明会を開催している。
- ② 同窓会を組織していて、定期的に総会・役員会を開催している。
- ③ インターンシップ制度、学外研究プロジェクト制度を整備し、積極的に学生の学外活動を支援するとともに、産業界で活躍している方達を講師とする講義を開講している。
- ④ 「魅力ある大学院教育」イニシアティブにおいて企業交流研修会を行っている。

（2）分析項目の水準及びその判断理由

（水準） 期待される水準を上回る。

（判断理由） 教育課程が体系的に編成されており、エネルギー科学の学問分野や職業分野における期待に応えるものになっている。学生による教育研究体制についてのアンケートは、入学の動機から、講義と研究指導に関する意見と要望、将来の志望まで含む総合的なものであり、学生の意見・考えを押し量る十分な資料が得られた。平成13年度の外部評価に加え、平成19年度に2回目の外部評価を実施した。21世紀COEプログラムにおける国際学会への積極的派遣など研究により密着した教育活動や「エネルギー科学特別コース」、「英語によるエネルギー科学国際プログラム」などに現れている学際化、国際化を目指す教育活動について高い評価をいただいた。

分析項目Ⅲ 教育方法

（1）観点ごとの分析

観点 授業形態の組合せと学習指導法の工夫

（観点に係る状況） 分析項目Ⅱ教育内容の基本的な観点「教育課程の編成」の（3）他専攻向け特別セミナー、（4）学外研究プロジェクト、（5）通論の開設、（6）客員教員による多彩な特別講義、で述べたように、所属研究室での専門研究に加え、視野の広がりを得る多くの機会を提供している。産学連携講座教員（主に産業界から）による講義もその有力な一つである。

加えて、エネルギー科学特別コース（海外からの留学生向け）では留学生に対して本研究科の特色である学際的なエネルギー科学教育および研究指導を英語で行うが、我国学生

に対しても留学生との交流により、国際性を涵養させる機会を提供している。表6に示すように留学生総数は着実に増加している。

観点 主体的な学習を促す取組

(観点に係る状況) 平成17、18年度の2年間、文部科学省の「魅力ある大学院教育」イニシアティブに採択されたことを契機に「学際的エネルギー科学研究者養成プログラム」を開始した。修士・博士課程における一貫した教育カリキュラムにより、将来の進路を見据えながら学生が自主的に研究テーマを設定し、修士課程の早い段階から研究活動に入り、博士後期課程に積極的に進学し、期間短縮で学位を取得できることを目指している。時代の要請に合致した深い専門性と幅広く柔軟な知性を養い、大学や国公立研究機関、民間企業などでの基礎・応用研究や技術開発、国際関連機関などでの政策提言や経営戦略などに積極的に参画し得る国際性と独創性を備えた若手研究者の育成を行う。

このため、専攻を横断した以下の三つのコースを設け、各自の進路に合致したコースを選択させる。

基礎コース：大学や国公立研究機関などの基礎研究者の育成

応用コース：民間企業の技術開発部門や国公立試験機関などの応用研究者の育成

実務コース：官公庁の行政部門や民間企業の企画部門における政策および技術経営に関する文理融合型研究者の育成

ここではコア科目として、「創発性育成プログラム」を実施し(8単位：C群科目)、所属研究室の指導教員を含め、分野を横断した専門家との議論を通して研究テーマを自主的に設定するとともに、論文投稿、学会発表、インターンシップ参加などを自主的に企画し、実践的な課題研究を行う。さらに、コース別コア科目を編成し(4単位：B群科目)、コンピュータ・シミュレーションによる実習などを中心に、研究推進の鍵となる科目の履修を通して専門性を養い、修士課程の早期から本格的に研究活動に従事する。

(2)分析項目の水準及びその判断理由

(水準) 期待される水準を上回る。

(判断理由) 「エネルギー科学」という新しい複合領域に向かって、先進的な教育体制の確立を目指し、「学際的エネルギー科学研究者養成プログラム」等の取組など、カリキュラムの工夫を積極的に進めていて、外部評価委員からは概ね高い評価を得ている。また、最近ベトナムのハノイ国立大学においてエネルギー社会・環境科学専攻の授業科目(表4)を参考にした教育プログラムが開設されたことや、留学生総数が着実に増加していることは、国際的な認知と評価が着実に高まってきていることを示す。

分析項目Ⅳ 学業の成果

(1)観点ごとの分析

観点 学生が身に付けた学力や資質・能力

(観点に係る状況) 毎年の自己点検・評価において、学生の進級・修了状況、修了後の進路状況、学会への論文講演・投稿の状況調査結果を取りまとめ、学業の成果を測る資料としている。また、学生、教員双方に対するアンケートにより、講義内容の理解度や、講義ならびに研究指導による成果の状況を調査している。その結果によると、進級、修了、就職(進学)の状況は良好で(表7、8参照)、多くの学会発表(200~300件/年)や受賞(6~7件/年)に見られるように、活発な研究活動を遂行する能力を習得している。

観点 学業の成果に関する学生の評価

(観点に係る状況) 自然科学と社会科学の双方に亘る幅広い学識の獲得を学生に求めている。

るのが本研究科の特徴である。この点も含め、学生を対象に講義のアンケートを実施して、講義の実施方法、自身の理解度、講義を受けたことにより得られた成果などについて評価と意見を求めるとともに、修了生に対するアンケートを行って、研究室での指導を含む研究科の教育体制・内容・環境について社会人の立場からの意見をまとめている。これらの集計結果は自己点検・評価報告書で公表しており、講義の理解度は満足できるレベルで、各専門分野における知識習得とともに、エネルギー・環境問題の解決に必要な広い視野を獲得したとの共通的な認識が示されている。

(2) 分析項目の水準及びその判断理由

(水準) 期待される水準を上回る。

(判断理由) 自己点検・評価報告書にも報告したように、研究の取りまとめに時間を要する博士課程学生は別として、留年者も少なく、進学・修了の状況は良好である。また、第1著者論文に限っても論文発表件数は多く(70~80件/年)、講義ならびに研究指導により学生が身につけた学力・資質・能力は高い水準にあると判断できる。

学業の成果に対する学生の評価についても、アンケートの結果に見られるように、個人による差はあるものの、講義の理解度は満足できるレベルで、各専門分野における知識習得とともに、理工学分野にとどまらない広い視野を持ち得たとの認識が示されている。また、在学生にあっては研究室での指導方法・内容に満足しており、修了生は研究指導により得るところが大きく、現在の仕事に役立っていると評価している。

分析項目Ⅴ 進路・就職の状況

(1) 観点ごとの分析

観点 卒業(修了)後の進路の状況

(観点到係る状況) 自己点検・評価において、毎年の学生の修了後の進路状況を取りまとめ、分析している。博士前期課程学生の進路は、表6に示すように、業種別累積数では電気・電子機器分野が最も多く、ついで進学、電力・ガス、自動車・輸送機器、情報・通信分野などがつづく。博士後期課程修了者の場合はポストクの割合が多いが、企業も含め研究職に直接就職の機会を得る場合も少なくない(表7参照)。

観点 関係者からの評価

(観点到係る状況) 就職先の関係者からの意見聴取を適宜行っており、修了生には良好な評価をいただいている。また、修了生に対してはアンケートによる調査を行っており、本研究科で受けた教育や取り組んだ研究が現在の仕事に活かされているかを問い、研究科の教育に対する意見を聴取している。その結果、細部においては現在の職種に依存して様々な意見が寄せられたが、問題解決に当たって、適切なアプローチを選択でき、多面的な知識と視野が持てるようになったことが評価されている。

(2) 分析項目の水準及びその判断理由

(水準) 期待される水準にある。

(判断理由) 博士前期課程についてはほぼ修了生が希望する進路を選択できているといえる。また、修了生へのアンケート結果から、本研究科で受けた教育・研究指導が直接間接に現在の仕事に役立ち、特に研究科の理念に謳われている多面的知識・視野の獲得が達成されているといえることから、教育の成果や効果が上がっていると判断できる。博士後期課程については企業への就職に改善が見られる。

Ⅲ 質の向上度の判断

①事例1「21世紀COE「環境調和型エネルギーの研究教育拠点形成」プログラム」(分析項目ⅡおよびⅣ)

(質の向上があったと判断する取組) 21世紀COE「環境調和型エネルギーの研究教育拠点形成」プログラム(平成14～18年度)の遂行は、本研究科における教育におき最も質の向上があった事例として特筆すべきものである。この中で、教育拠点形成では、関連する国際会議・セミナーの開催や海外での国際会議への派遣等に加え、研究科教員執筆によるテキストの編集と発行など、高い専門性と総合性を備え、国際的に活躍できる次代の人材を育成する礎を築くことができた。このテキストは和文と英文の両方の版を揃えていて、A4版でのべ900ページに渡り、各専攻の科目「・・・通論」(表4参照)のテキストとして用いている。

②事例2「「魅力ある大学院教育」イニシアティブ事業」(分析項目Ⅰ及びⅢ、Ⅴ)

(質の向上があったと判断する取組) 本事業では、学際的エネルギー科学研究者養成プログラムに則り、様々なエネルギー・環境問題に対して、理工系に人文社会系の視点を取り込んだインターファカルティな教育・研究組織により、幅広い国際性と深い専門性を有する、創造性と活力にあふれる若手研究者の育成に努めてきた。その結果、時代の要請に的確に答えることができる深い専門性と幅広くかつ柔軟な知性が養われ、大学や国公立研究機関、民間企業や国公立試験機関での基礎・応用研究や技術開発、あるいは国際機関や官公庁などの政策や経営戦略などに積極的に参画しうる国際性、独創性を備えた若手研究者の育成のための教育的基盤を構築することができた。加えて、修士課程を期間短縮して博士後期課程へ進学するケースも現れるようになった。

③事例3「エネルギー科学特別コース(海外からの留学生向け)」(分析項目Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ)

(質の向上があったと判断する取組) 本コースは留学生に対して本研究科の特色である学際的なエネルギー科学教育および研究指導を英語で行うものであるが、これにより、受け入れた留学生を、エネルギー科学の国際的エキスパートとして輩出すると同時に、我国学生に対しては留学生との交流により将来的な人的ネットワーク形成を促し、国際性を涵養させる機会を与えた。このコースでは国費留学生として奨学金が支給されるのは学年あたり8名であるが、志望者は増加傾向にあり、本年は合格者数が8名を超えた。出身国は東南アジアが主であり、概ね規定年限内で博士号を取得して本国に帰還し、大学や国立の研究機関等において活躍している。