

# 11. エネルギー科学研究科

- I エネルギー科学研究科の研究目的と特徴・11-2
- II 「研究の水準」の分析・判定　・・・・・・・・11-3
  - 分析項目 I 研究活動の状況　・・・・・・・・11-3
  - 分析項目 II 研究成果の状況　・・・・・・・・11-4
- III 「質の向上度」の分析　・・・・・・・・11-6

## I エネルギー科学研究科の研究目的と特徴

本研究科は、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・環境問題を解決するため、エネルギーを基盤とする持続型社会の形成を目指し、理工系に人文社会系の視点を取り込み新たな複合領域「エネルギー科学」を創出し、地球社会の調和ある共存に寄与する、環境調和型エネルギーシステムの構築に貢献することを目標としている。

本研究科は表1（別添資料1）のとおり4専攻より構成され、それぞれ、

- 1 エネルギー・環境問題の技術的、社会的、経済的、環境的側面からの総合的分析・評価に基づく、理想的なエネルギーシステムの構築、
- 2 物理化学、材料化学、電気化学などの「化学」と、量子力学、電磁気学、プラズマ物理学などの「物理学」を基盤にして、エネルギー・環境問題解決に貢献するエネルギー科学の基礎学理の構築、
- 3 各種エネルギーの変換、制御、利用などに関する学理の確立とその総合化に基づく、未来のエネルギー変換システムとその機能設計による高効率クリーンエネルギー利用システムの構築、
- 4 エネルギーの応用と利用に関する熱科学を基礎として、資源エネルギー安定供給システムの創出、エネルギー有効利用新プロセスと新材料・機器の開発、および高品位エネルギーと先端エネルギー応用の新技術の開発、

を目的として研究を進めている。

さらに、「エネルギー科学」は様々な分野が密接に関連する大変複雑な領域であり、本研究科ではこれらの中の幾つかの分野で卓越した研究成果をあげつつ、この複合領域の教育研究の核となり、他組織と協力して優れた人材を育成する体制を確立することである。この観点から、学内の他組織と共同でグローバル COE プログラムなどを通して教育を含めより広く、長期的な観点から以下の研究目標を掲げた。

- (1) 「インターファカルティカルな教育研究組織」として、エネルギー・環境問題を克服する。
- (2) CO<sub>2</sub> を排出しないエネルギー科学研究として、再生可能エネルギーである太陽光とバイオマスエネルギーの研究、先進原子力エネルギーの研究を推進する。
- (3) エネルギーは政治・経済・社会の要素も大きく関係しているため、エネルギーの社会システム効率やライフスタイルとの関わりといったエネルギー社会・経済の研究を推進する。

[想定する関係者とその期待]

官公庁、公的研究機関、民間企業などが行う研究開発・製品開発においては、エネルギー・環境問題への意識や解決の方法論・技術を身に付けた実務者ならびに研究者の育成、関連学術の発展を支える若手研究者の輩出が求められる。特に民間企業からは、エネルギー関連新技術・高効率化技術の原理開発と応用を期待されている。

## II 「研究の水準」の分析・判定

## 分析項目 I 研究活動の状況

## 観点 研究活動の状況

(観点に係る状況)

毎年度 130 編前後の原著論文、70 編以上の国際会議論文、10 件以上の受賞といった、表 2 (別添資料 2) に示す研究発表件数等、表 3 (別添資料 3) の外部資金及び表 4 (別添資料 4) の受託研究等受入件数及び受入金額に示すごとく、毎年度 2 億円以上の外部資金を獲得するといった活発な研究活動を展開している。また、エネルギー科学研究科が中心となり、グローバル COE 研究教育プロジェクトを推進した (H20-25)。更に各専攻で次のような研究活動を行った。

**エネルギー社会・環境科学専攻：**材料工学、経済学、バイオマス科学 (森林科学)、環境工学、電気工学、情報学、システム学などの研究分野を軸として、エネルギー科学への貢献を目的として研究活動を進めている。具体的には、科学技術振興機構 (JST) 戦略的創造研究推進事業 先端的低炭素化技術開発 (ALCA) 「酢酸発酵によるリグノセルロースからの高効率エタノール生産」(H22-H31) や、科学研究費補助金 基盤研究 (A) 「越境ヘイズの影響を受けるマレーシア PM2.5 の性状・発生源・健康リスクの総合評価」(H27-H29) などの大型プロジェクト予算を獲得している。これら一連の研究は 257 編の原著論文および 219 編の国際会議論文にて公表している。

**エネルギー基礎科学専攻：**科学技術振興機構先端的低炭素化技術開発プログラム、文部科学省元素戦略プログラム、新エネルギー・産業技術総合開発機構革新的蓄電池先端科学基礎研究事業などの支援を受け、熔融塩・イオン液体を電解質に用いたナトリウム蓄電池などのエネルギー変換デバイスの開発を行っており、京都大学と住友電気工業との共同研究により実用化研究を進めている。JSPS 受託研究のフランス CNRS (ボルドー大学) との二国間交流事業共同研究 (H25-H26)、科学技術振興機構国際科学技術共同研究推進事業 (SICOPE) 日仏共同研究「分子技術」プログラム (H27-H31) の支援を得て、ボルドー大学との国際共同ラボラトリーを立ち上げ、発光性の低分子を集積・配向させたキラルナノ分子集合体の設計と太陽電池等のデバイスへの応用を行っている。固体酸化物の電子構造と光学物性、高機能材料の合成とマイクロキャラクタリゼーション、新規機能性セラミックエネルギー材料の構造解析と設計、リチウム二次電池の材料解析と設計、環境調和生体適合材料の開発を行っている。磁場閉じ込め核融合の基礎研究として科学研究費 (基盤研究 (A) (B)) 等の支援を得て核融合プラズマの乱流輸送・MHD 現象と構造形成に関する研究、高強度レーザーと物質相互作用による高エネルギー密度科学に関する研究、新古典輸送理論に基づくプラズマフロー解析、プラズマの平衡・安定性の理論的研究、電子サイクロトロン加熱による球状トカマクプラズマの無誘導生成法とプラズマ波動物理の研究などを推進している。

**エネルギー変換科学専攻：**熱機関およびこれを中心とする動力システムの高効率化と有害物質の排出防止、種々の熱エネルギー変換システム構築の基礎となる熱流体媒体の物理・化学過程の解明とその制御を行っている。さらに、高効率エネルギー変換機器に要求される機能・変形・強度などの特性の評価・解析に基づいて、新機能創出型材料の設計および機器設計への応用、機能材料特性の解明と高機能知的材料システムの設計・創製、ならびに材料・構造システムの非破壊計測・評価に関する研究・開発を推進している。これらの研究に関連して 32 件の共同研究、18 件の受託研究を実施し、「乗用車用ディーゼルエンジンの高度燃焼制御」などの大型プロジェクト予算も獲得して、社会のニーズに即した研究を推進している。一連の研究の成果は 58 編の原著論文および 35 編の国際会議論文として公表している。

**エネルギー応用科学専攻：**エネルギー資源の開発とその応用、利用材料の開発と創製、及び新プロセッシング技術を目指し、環境調和型プロセスの物理化学、製鋼プロセスの熱化学、高付加価値金属の省エネルギー製造方法、循環指向型超軽量材料、ガスハイドレートの基本物性と応用技術、自動車軽量化のための成形法およびシミュレーション、高温固体金属の冷却機構、太陽・水素エネルギーシステムとナノ構造デバイス、圧延再結晶集合組

織金属を利用した高性能エネルギーデバイス開発、異方的エネルギー材料の結晶配向整列技術の開発、超電導応用エネルギー機器、超低温冷媒の熱流動特性、などの研究を推進している。これらの研究に関連して 46 件の共同研究、29 件の受託研究を実施し、「新しいエネルギーインフラのための液体水素冷却超電導機器に関する研究」「地球大の無ロス配電用超低コスト高温超伝導線材」などの大型プロジェクト予算も獲得して、社会のニーズに即した研究を推進している。これら一連の研究は 201 編の原著論文及び 114 編の国際会議論文にて公表している。

(水準) 期待される水準を上回る

(判断理由)

外部資金(受託研究、共同研究、寄附金)の獲得額が著しく増加しており、特に受託研究については、第1期中期計画期間と比較して、総額が5倍以上となり、外部の公的研究機関や産業界とも有効に連携・協力して研究活動を展開している。さらに実用化研究・開発が推進されており、中には実用化にいたったものもあり、特に民間企業からの技術応用に関する期待を上回ると判断できる。

**観点 大学共同利用機関、大学の共同利用・共同研究拠点に認定された附置研究所及び研究施設においては、共同利用・共同研究の実施状況**

(観点に係る状況)

該当なし

(水準)

(判断理由)

## 分析項目Ⅱ 研究成果の状況

**観点 研究成果の状況(大学共同利用機関、大学の共同利用・共同研究拠点に認定された附置研究所及び研究施設においては、共同利用・共同研究の成果の状況を含めること。)**

(観点に係る状況)

研究業績説明書に記載された優れた成果を上げた研究を含め、各専攻において次のような特徴ある研究を推進し成果を上げている。

**エネルギー社会環境科学専攻：**エネルギー科学における複合領域研究の確立に貢献する成果を上げている。具体的には、「高性能複合光触媒の開発および光触媒反応の磁場による制御」「エネルギー利用システム評価における心理的、文化的側面の分析手法の構築」「再生可能エネルギーの利用と環境負荷削減を目的とした超臨界流体法や熱分解法の開発」「拡張現実感技術を用いたエネルギープラント保守・解体技術の開発」「エネルギー利用評価のための大気環境科学と産業連関分析を融合させた環境影響評価法の開発」などがあり、これらはすべて、エネルギーに関わる技術開発と社会科学の双方の視点に基づいて研究され成果を上げたものである。

**エネルギー基礎科学専攻：**エネルギー関連化学、ナノ材料化学、プラズマ科学、核融合学において、それぞれ、「イオン液体を用いたナトリウム二次電池の開発研究」、「有機・無機複合ナノ材料の設計と光電変換素子への応用」、「核融合プラズマにおける爆発的な磁気リコネクション現象の理解と制御」、および「電子サイクロトロン波によるトカマクの無誘導起動の研究」というエネルギー・環境問題解決に貢献するエネルギー科学の基礎学理の構築に深く関わる化学および物理の研究テーマに取り組んでいる。

**エネルギー変換科学専攻：未来のエネルギー変換システムとその機能設計に向けて、高効率クリーンエネルギーシステムの構築を目指した研究活動を推進することにより、十分な成果を上げている。** 研究業績説明書に記したように、最近特に研究開発が盛んになったデュアル燃料方式天然ガスエンジンの熱効率向上と排出物質低減を、軽油噴射の制御により実現する燃焼制御方法の研究、疲労の実態であるき裂とその成長、ならびに材料微視組織の両者を一体として解析できる画期的な手法の研究、ならびに一軸異方位性さらに直交方位性を示す非圧縮線形弾性体での弾性係数とその逆関係を理論的に求め材料変形の数値解析に資する研究において、学会における依頼・招待講演を多く実施するなど（6件）高い評価を受けた。また、液体噴霧およびガス噴流の着火・燃焼メカニズムの実験的・理論的解明、熱流体計測法の開発と乱流混合解析、フェーズドアレイ超音波探傷、電磁交流インピーダンス法、磁気音弾性法などを利用した高精度非破壊評価法の開発、などに関する研究において特段の成果が認められている。

**エネルギー応用科学専攻：省資源・省エネルギーさらにリサイクルシステムを意識した地球環境調和型プロセスの展開と、それを支えるエネルギー応用科学の確率に関し、主として材料科学の方面で高い成果を上げている。** 具体的な成果として、「包接化合物を用いた脱ハロゲン反応や省資源化に向けた不均一系製鋼スラグの熱力学的評価」、「名のポーラス金属の創製と特性評価」、「形状制御された金属ナノ構造物の製造」、「新機能アルミニウム薄膜の電析」、「先進的ヘテロエピタキシャル成長技術および強磁場技術を駆使した異方的材料の結晶配向制御技術の開発」、「液体水素の熱伝達特性の液体水素冷却超電導機器」、「分散型電源を含む需要地系統の動特性」、「医療用高磁場高安定高温超電動マグネットの開発」などがあり、招待講演54件、総説28編、受賞38件といった成果があがっている。

(水準) 期待される水準を上回る  
(判断理由)

上記および研究業績説明書記載のとおり、専攻それぞれの研究目標にかなった各分野において世界的成果を上げている。またこれらの研究活動成果を踏まえて、エネルギー科学研究科の設立理念に沿う形で工学研究科原子核工学科、エネルギー理工学研究所および原子炉実験所の研究活動と相補的に協同し、2100年までのCO<sub>2</sub>ゼロエミッションエネルギーシナリオを作成するとともに、福島第1原子力発電所事故を受けて、エネルギーの安全保障（安定供給のためのエネルギー需給率）、気候変動安全保障（二酸化炭素排出量の削減）、国民の安全保障（健康被害の最小化）の3点を検討し、脱原発及び再生可能エネルギーの推進可能性について2030年までの電力供給シナリオを、政府委員会（原子力委員会、新大綱策定会議）において提示したことは、国民が求めるエネルギー・環境問題の解決という期待に応えており評価できる（業績番号3）。また、太陽光及び原子力エネルギー研究やバイオマスエネルギー研究（業績番号1）では各賞の受賞者が輩出され、高い成果をあげており、官公庁、公的研究機関、民間企業が求める学術の発展を支える若手研究者の輩出及び民間企業が求める技術応用といった期待を上回ると判断できる。

### Ⅲ 「質の向上度」の分析

#### (1) 分析項目Ⅰ 研究活動の状況

エネルギー科学研究科の理念と研究成果をもとに「エネルギー科学」に関する多くのプロジェクトが認められ推進された。受託研究の獲得額が第1期中期計画期間中に比べて総額が5倍以上に増加したことから分かるとおり、大型プロジェクト、とりわけ、再生可能エネルギー技術及び低炭素化技術に関するプロジェクトの推進が顕著である。また、寄附講座も開設され、研究活動が活発に推進された。

1. グローバル COE プログラム「地球温暖化時代のエネルギー科学拠点」(H20-25)に採択
2. 寄附講座(太陽電池シリコン結晶科学)(H22-25)の開設
3. NEDO「浮遊キャスト成長法による高品質 Si 多結晶インゴット結晶成長技術」
4. JST「タイにおける低炭素排出型エネルギー技術戦略シナリオ」
5. JST「酢酸発酵によるリグノセルロースからの高効率エタノール生産」
6. JST「新しいエネルギーインフラのための液体水素冷却超電導機器に関する機器」
7. JST「中低温イオン液体を用いた非リチウム革新二次電池の開発」
8. JST「地球大の無ロス配電用超低コスト高温超伝導線材」
9. JST「熔融塩電解還元および化学還元を利用した高純度シリコン材料の創製」
10. 科学研究費補助金(新学術領域)「社会経済活動のグローバル化を考慮したエアロゾル排出源と影響の評価」

#### (2) 分析項目Ⅱ 研究成果の状況

表2(別添資料2)に示すとおり、受賞数は毎年度10件を超えており、特に二次電池開発分野においては電気化学会賞、原子力エネルギー分野においては大佛次郎論壇賞、バイオマスエネルギー分野においては日本エネルギー学会賞を受賞している。