

**組織的な大学院教育改革推進プログラム 平成20年度採択プログラム 事業結果報告書**

教育プログラムの名称	: 国際燃料電池技術研究者の基礎実学融合教育
機関名	: 山梨大学
主たる研究科・専攻等	: 医学工学総合教育部・応用化学専攻 [修士課程] 機能材料システム工学専攻 [博士課程]
取組代表者名	: 渡辺 政廣
キーワード	: 電池、電気化学、表面・界面、高機能触媒、ナノ機能材料

**I. 研究科・専攻の概要・目的**

## 医学工学総合教育部応用化学専攻（修士課程）

教員組織の構成：教授 18(1)、准教授 13(0)

学生数：85名、 定員充足率：140%

## 医学工学総合教育部機能材料システム工学専攻（博士課程）

教員組織の構成：教授 22(1)、准教授 10(0)

学生数：39名、 定員充足率：140%

平成22年5月現在。()内は外国人教員数で内数。

応用化学専攻（修士課程）では、化学物質やエネルギー・情報・物質の移動や変換メカニズムの解明により、人類社会に貢献する新機能物質の創造を目指した教育研究を行っている。これら教育研究を通して、機能物質および生命工学に関する高度な知識と最先端の技術を兼ね備えた人材の育成を目指している。平成23年度には、クリーンエネルギー特別プログラム（特別定員枠、学部修士一貫教育）の第一期生が修士課程に入学する。クリーンエネルギー研究センター・燃料電池ナノ材料研究センター所属の教員が中心となって、特別なカリキュラムを組んで教育・研究指導する。これにより、**クリーンエネルギー研究・技術分野を先導し、国際的にも通用する高度専門職業人、研究者を養成**する。

機能材料システム工学専攻（博士課程）では、科学技術立国を目指す我が国の国家的研究開発課題の中核をなす新素材及び高機能物質の創製開発、情報化社会のさらなる発展に資する各種先端ナノデバイスの開発研究などを主たる対象として総合的な教育研究を行っている。一連の学術的な基盤を教授するとともに、その**先端的知識と技術を新規産業分野の開拓に発展させることのできる創造的人材を育成**することを目的とする。本専攻は、「物質設計化学分野」、「電子機能開発分野」および「機能創造工学分野」の計3分野で構成されている。「物質設計化学分野」では、化学物質におけるエネルギー、情報、物質の移動や変換のメカニズムに関する教育と研究を通じて、機能物質に関する高度な知識と最先端の技術を備えた人材を育成する。「電子機能開発分野」では、将来の技術革新に必要な量子電子工学の先端技術と境界領域技術を理解し、新しい時代に対応できる広範な能力を有する人材の育成を目指している。「機能創造工学分野」では、自然環境と調和した人間活動を可能にするため、上記基盤技術およびその融合領域において技術開発が行える人材の育成を目指している。

**II. 教育プログラムの目的・特色**

燃料電池は、クリーンで高効率な次世代エネルギーシステムであり、21世紀のエネルギー・温暖化対策の切り札として世界的な開発競争が展開されている。10~20年後には、我が国だけでも10数兆円規模の関連産業の成長と雇用が見込まれるため、内閣府が策定した戦略重点科学技術の一つとして位置づけられている。これまで本学では、30年以上に亘って燃料電池教育研究を世界に先駆けて実施してきた。科学研究費補助金やJST戦略的創造研究推進事業により基礎研究を推進し、平成20年度

までの5年間は文科省の経済活性化リーディングプロジェクト「次世代燃料電池」を実施した。平成20年度からは、NEDOの実用化のための大型プロジェクト(7年間)も受託している。また、人材育成に関しては平成19年度から本学独自の「クリーンエネルギー特別教育プログラム(学部・修士6年一貫教育)」を新設して、意欲的な学部生を受け入れ、燃料電池専門教育の充実を図ってきている。今回の大学院教育改革推進プログラムにより、これまで本学で実践してきた教育理念(基礎学問に立ち返った応用研究課題の打破)の集大成を図り、将来の最先端研究を推進し国際的にも活躍できる燃料電池工学の技術研究者の養成を実践した。

この分野で求められる人材には、物理化学(特に、電気化学、触媒化学)、高分子化学、システム工学、機械工学、電気・電子工学などに亘る幅広い分野の基礎知識と開発能力が必須であるが、燃料電池工学の基礎から応用に至る全領域を網羅する大学院教育プログラムは世界でも例がない。本教育プログラムでは以下の3つの特色あるカリキュラムを柱とし、定員充足率及び就職率100%を達成しながら、国際的に通用する燃料電池技術研究者の養成を目指した。

### 1. 基礎・実学シンクロナイズド燃料電池教育(基礎学問と応用研究の回帰融合)

新設した燃料電池特別プログラムによる教育は、クリーンエネルギー研究センターと燃料電池ナノ材料研究センターの教員が中心となって担当した。この教員組織には、関連する従来の基礎科学・工学系教員に加え、燃料電池研究開発の第一線で活躍してきた企業技術者や外国人教師(+欧米のトップ研究組織からの招聘教授)も新たに加えた。類例のない燃料電池設計科学特論などの新規科目も開講して基礎から応用までを網羅する系統的な教育カリキュラムにより、基礎知識と実戦的研究開発能力を併せ修得させる本学独自の基礎・実学シンクロナイズド教育を実践した。また英語による教育の重点化により国際性を涵養した。

### 2. 国際的实践教育

修士課程では、インセンティブ・経験を涵養するため海外短期留学または国内燃料電池関連企業(パナソニック、東芝など)でのインターンシップを必須とした(初年度および2年度は博士課程にも適用)。留学先は、本学と連携を約束しているペンシルバニア州立大学、ポアチェ大学、モンペリエ大学、中国科学院化学研究所などであり、燃料電池分野の先端研究者らが学生の受入、研究指導を担当した。受け入れ先の研究者らは本学の客員教授として特別講義も行い、留学やインターンシップの成果を短期的なものに終わらせず継続させた。さらに、海外連携先の学生を本学で短期間受入れて相互協力関係を構築するとともに、本学学生の国際性の涵養に努めた。

### 3. リーダーシップ養成教育

実践的大学院教育のまとめとして、

- (1) 燃料電池関連の国際会議において英語での発表を課した。
- (2) 博士論文審査は外国人教授を副査とし、論文執筆は英語で行うことを必須とした。さらに、海外短期休学経験者は、英語で公聴会発表を行うことを必須とした。
- (3) 本学が主催する国際燃料電池ワークショップ(3年毎に開催)や国際燃料電池サマースクール(毎年開催)の企画運営にも組織委員やプログラム委員などとして積極的に参画させた。これら対外的な学術活動を通して、国際的燃料電池研究者の次世代リーダーとしての資質を着実に身につけさせた。

このような世界でも類をみない燃料電池工学に関する網羅的・系統的な国際教育研究の実践により、(1) 基礎に立ち返って応用課題を打破できる人材、(2) 燃料電池研究の国際的リーダー、(3) 燃料電池工学の伝承者 を養成した。

### Ⅲ. 教育プログラムの実施計画の概要

#### ・平成 20 年度:

##### 【修士課程】

- 燃料電池に関する特色ある講義(クリーンエネルギー変換工学特論、燃料電池設計科学特論)による基礎教育の充実
- 燃料電池ナノ材料研究センター・クリーンエネルギー研究センター所属教員による基礎・実学シンクロナイズド研究教育の開始
- 燃料電池先端研究者(外国人客員教授など)による特別講義の開講
- 専任外国人教員による英語プレゼン科目、論文・報告書・特許作成スキル科目の開始
- 応用化学演習科目による専攻内他研究室での実験演習と発表
- 応用化学専攻内での優秀者の表彰

##### 【博士課程】

- 海外連携機関への短期留学
- 機能材料システム工学フィールドリサーチ科目による開発研究の実地経験
- 機能材料システム工学特別演習科目による関連学領域の調査研究
- 国内の燃料電池関連企業へのインターンシップによる就学体験
- 燃料電池サマースクールの企画・運営・準備
- 国際燃料電池ワークショップの企画・運営補助・準備
- 短縮修了者(主に社会人博士課程学生が対象)の選定と審査

#### ・平成 21 年度:

##### 【修士課程】

- 触媒化学特論、燃料電池ナノ材料特論、燃料電池反応解析特論などの新設科目開講
- 海外連携機関への短期留学
- 国内の燃料電池関連企業へのインターンシップによる就学体験
- 研究発表特論科目による研究計画、実験、結果のまとめと考察の一連の流れをまとめ、プレゼンテーションを行うための指導
- 最新のコンピュータソフトウェアによる外国語教育の開始
- 燃料電池ナノ材料研究センター・クリーンエネルギー研究センター所属教員を含む応用化学専攻の全担当教員による修士論文の審査

##### 【博士課程】

- 海外連携機関への短期留学
- 量子物理化学特論、表面科学特論、燃料電池システム工学応用特論、触媒材料科学特論、燃料電池科学技術英語特論上級などの新設科目開講
- 博士研究中間発表会の開催(指導教官グループと学内外の関連分野研究者による中間審査)
- 本学主催の国際燃料電池ワークショップの開催(運営補助、ポスター発表)
- 短縮修了者の選定と審査(通常の課程学生含む)

#### ・平成 22 年度:

##### 【修士課程】

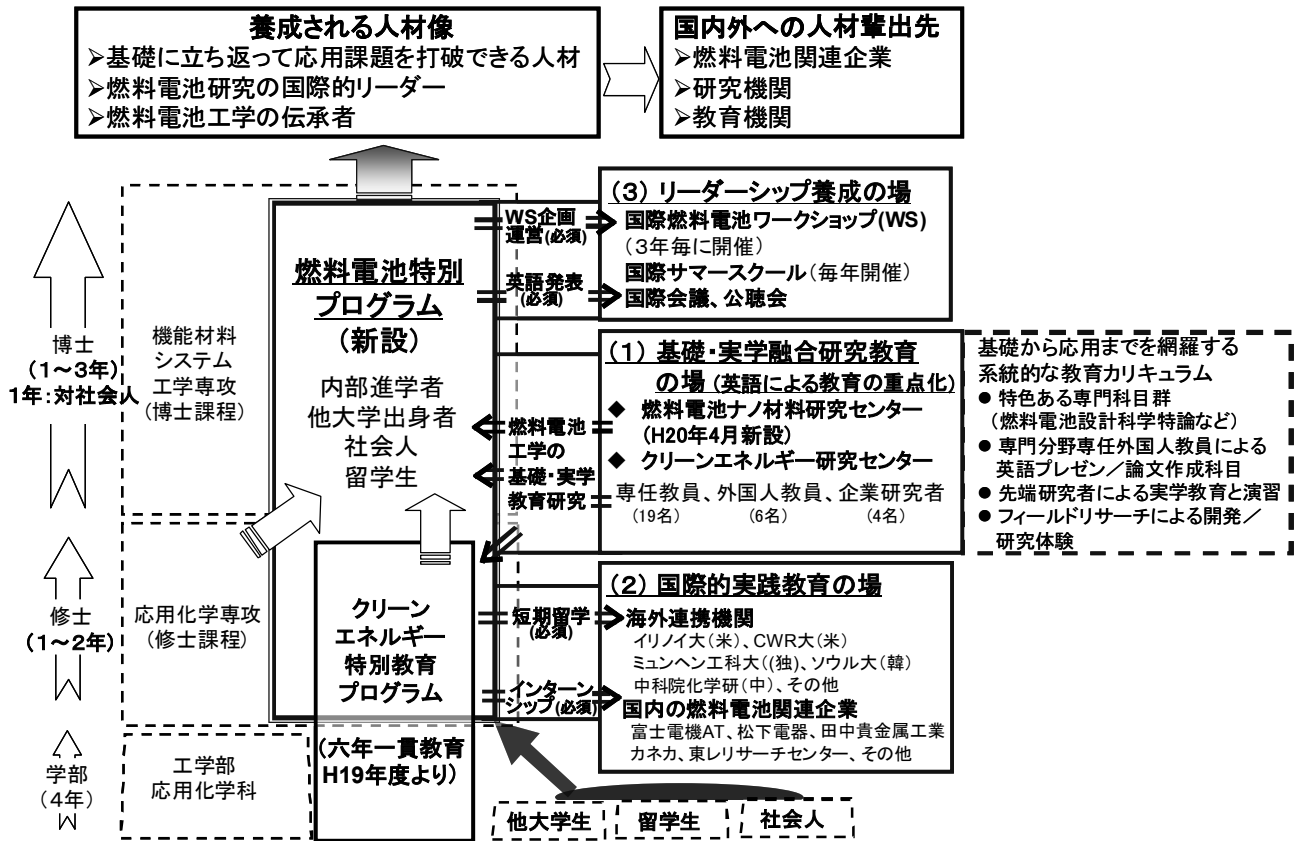
- 海外連携機関への短期留学
- 国内の燃料電池関連企業へのインターンシップによる就学体験
- 燃料電池ナノ材料研究センター・クリーンエネルギー研究センター所属教員を含む応用化学専攻の全担当教員による修士論文の審査

##### 【博士課程】

- 教育研究成果のまとめ
- 本学主催の燃料電池サマースクールの開催(運営、口頭発表、パネルディスカッション)
- 短縮修了者の選定と審査(通常の課程学生含む)
- 外国人客員教授を副査とする英語による博士論文執筆、博士論文公聴会の実施

これら研究教育活動を平成 23 年度以降も継続するため、燃料電池研究拠点支援室を中心とした燃料電池大学院教育支援チームを立ち上げ、企画運営の見直しと改善、経費獲得活動を行う。

## 国際燃料電池技術研究者の基礎・実学融合教育プログラム



### 新設する燃料電池特別プログラムの特徴

(共通) 主・副(異専門分野)指導教員グループによる研究指導

#### 修士課程

- ✓ 1年次に海外連携機関への短期留学、国内燃料電池関連企業へのインターンシップを選択必修
- ✓ 燃料電池に関する特色ある講義(クリーンエネルギー変換工学特論、燃料電池設計科学特論など)
- ✓ 燃料電池に関する幅広い研究テーマ(金属、セラミクス、高分子など燃料電池関連材料)から修士論文テーマを選択
- ✓ 応用化学専攻内での中間発表会の開催と優秀者の顕彰(応用化学専攻奨励賞)

#### 博士課程

- ✓ 燃料電池ナノ材料研究センター、クリーンエネルギー研究センターに所属する専任教員、外国人教員、企業研究者らによる燃料電池の基礎から応用までを網羅する「燃料電池工学」の横断的教育研究
- ✓ 他では類を見ない英語重点的な燃料電池講義群(燃料電池システム設計特論、英語コミュニケーション特論など)
- ✓ 本学が主催する国際燃料電池サマースクール(毎年開催)、国際燃料電池ワークショップ(3年毎開催)への企画運営に参画
- ✓ 国際会議における英語口頭発表・英語による博士論文公聴会を必須化

#### 基礎教育科目群

- (修士課程) 触媒化学特論、電極構造特論、高分子材料特論など
- (博士課程) 表面物性解析特論、電気化学材料特論など

#### 燃料電池ワークショップ およびサマースクール

- 英語発表必須化
- 企画運営にも参画

#### 成果発表

- 博士論文・公聴会の英語発表
- 外部審査とシンポジウム

基礎  
教育研究  
実学  
(応用研究)

#### 応用教育科目群

- (修士課程) クリーンエネルギー変換工学特論、燃料電池設計化学特論など
- (博士課程) 水素エネルギー工学特論、システム設計特論など

#### 海外連携機関

- 国内の燃料電池関連企業
- 短期留学・インターンシップ (数ヶ月程度)の必須化

#### クリーンエネルギー研究センター 燃料電池ナノ材料研究センター

- 産業界での課題を取り入れた生きた「燃料電池工学」の教育研究

#### IV. 教育プログラムの実施結果

##### 1. 教育プログラムの実施による大学院教育の改善・充実について

(1) 教育プログラムの実施計画が着実に実施され、大学院教育の改善・充実に貢献したか

##### 1-1. 燃料電池に特化した講義科目の開設と基礎実学シンクロナイズド教育

クリーンエネルギー研究センターおよび燃料電池ナノ材料研究センターに所属する専任教員（パナソニックや日立などの産業界経験者や米国、韓国、中国からの外国人教員を含む）が中心となり、燃料電池の基礎から応用までを網羅する「燃料電池工学」の横断的教育研究を行った。応用化学専攻（修士課程）・機能材料システム工学専攻（博士課程）に設置した「燃料電池プログラム」を、本学が30年以上に亘って培ってきた燃料電池に関する教育研究教育と統合させて「燃料電池工学」として教授した。これにより、既設[平成19年度開始]の「クリーンエネルギー特別研究プログラム」と組み合わせた学部～修士～博士までが一貫した燃料電池教育を徹底することができた。

修士課程では触媒化学特論、燃料電池ナノ材料特論、燃料電池反応解析特論などを新設科目として開講し、既存のクリーンエネルギー変換工学特論、燃料電池設計科学特論などと共に、研究開発最前線に直結する基礎教育を実践した。博士課程では、量子物理化学特論、表面科学特論、燃料電池システム工学応用特論、触媒材料科学特論などの新設科目を開講し、燃料電池工学を網羅するカリキュラムできめ細かな指導を行った。講義内容は担当教員の専門性に合致しており、実学に基づいたレベルの高い教育内容である。特に、エネルギーが環境や人々の生活、産業や経済に与える役割・インパクトについては、産業界経験者が体系的に教育した。このような異分野補完の新教育カリキュラムにより、化学あるいは物理学に偏った学生の基本的素養を補完し、分野横断的に諸現象の根源を深く探求する能力を養成できた。

##### 1-2. 国内外最先端研究者による特別講義

海外連携研究機関の招聘教授を中心に、国内外から燃料電池及び関連分野の第一人者を講師として定期的に招聘し、基礎から応用までを幅広く網羅した特別講義・セミナーを実施した（表1）。

表1 特別講義・セミナー実施状況

年度	所在	氏名	所属	役職	期間	内容	テーマ
20	海外	Ulrich Stimming	ミュンヘン工科大学	教授	7月3日～11日	講義	Direct alcohol fuel cells and other direct fuel cells
20	海外	Michael A. Hickner	ペンシルバニア州立大学	准教授	7月7日	講義	Cation and anion transport in functionalized polymers
20	海外	A. Manivannan	米国 エネルギー省 国立エネルギー技術研究所 (NETL) 電力システム部門	部門長	10月15日	セミナー	米国におけるエネルギー政策と研究開発動向
20	国外	Ulrich Stimming	ミュンヘン工科大学	教授	11月18日～24日	講義	Enzyme activity and in situ imaging of electrode surfaces
20	国内	西出 宏之	早稲田大学理工学術院	教授	12月4日～5日	講義	機能性高分子：設計・合成と応用展開
20	国内	池口 隆	日立製作所 電力・電気開発研究所	所長	12月12日～13日	講義	エネルギーおよび環境に関する技術開発
20	国内	飯山 明裕	日産自動車 燃料電池研究所	所長	2月11日	講義	日産自動車における最新の燃料電池開発の現状と展望
20	海外	石川 泰行	プエルトリコ大学	教授	3月7日～10日	セミナー	Quantum chemical modeling of reactions related to the fuel cell anode
21	国内	岩倉 千秋	大阪府立大学	名誉教授	10月29日～30日	講義	基礎電気化学
21	国内	渡辺 正義	横浜国立大学大学院工学研究院	教授	11月19日～20日	講義	応用電気化学
21	海外	Li Jun Wan	中国科学院化学研究所	教授	11月26日～28日	講義	固体表面科学

21	国内	逢坂 哲彌	早稲田大学理工学術院	教授	2月2日	セミナー	最新の研究紹介
22	国内	鳥飼 直也	三重大学 大学院工学研究科	准教授	6月18日～19日	講義	中性子による物質界面構造のin-situ観察
22	海外	Ulrich Stimming	ミュンヘン工科大学	教授	7月26日～27日	講義	Influence of particle agglomeration on the catalytic activity of carbon-supported Pt nanoparticles in CO monolayer oxidation
22	海外	Marc Koper	ライデン大学	教授	8月3日	講義	Electrocatalysis on gold and platinum electrodes in alkaline solution
22	国内	Petra Bele	ミュンヘン工科大学	研究員	8月23日～26日	セミナー	触媒ナノ粒子粒度解析法の導入
22	国内	魚崎 浩平	独立行政法人 物質・材料研究機構	主任研究員	1月29日	講義	燃料電池用電極触媒及び電解質挙動の分光分析
22	国内	多田 智之	田中貴金属工業(株)	チーフマネージャー	12月7日	講義	燃料電池用電極触媒
22	国内	稲葉 稔	同志社大学理工学部	教授	12月16日～17日	講義	燃料電池、蓄電池の開発最前線
22	海外	Andrzej Wieckowski	イリノイ大学	教授	2月25日～26日	講義	Update on Broad Band Sum Frequency Generation

### 1-3. 海外短期留学およびインターンシップ

表2 海外短期留学およびインターンシップ実施状況

平成20年度			平成21年度			平成22年度		
(株)カネカ	2人	4週間	(株)島津製作所	1人	3週間	(株)カネカ	3人	3週間
(株)キャタラー	2人	2週間	新日本石油(株)	2人	2週間	富士電機ホールディングス(株)	1人	4週間
(株)島津製作所	1人	5週間	(株)東芝	1人	2週間	(株)東芝	1人	2週間
東京電力(株)	1人	3週間	東芝燃料電池(株)	2人	2週間	(株)堀場製作所	1人	2週間
(株)日立製作所	1人	4週間	パナソニック(株)	1人	3週間	ポアティエ大学(フランス)	2人	4週間
富士電機アドバンステクノロジー(株)	1人	3週間	ポアティエ大学(フランス)	2人	4週間			
ペンシルベニア州立大学(米国)	2人	3週間	中国科学院化学研究所(中国)	2人	3週間			
ポアティエ大学(フランス)	2人	3週間	モンペリエ大学(フランス)	2人	3週間			
合計 8 機関、12 人のべ 39 週間			合計 8 機関、13 人のべ 30 週間			合計 5 機関、8 人のべ 15 週間		



図1 ポアティエ大学(フランス)への短期留学(平成22年度)

国際的実践教育の一環として、海外短期留学または国内燃料電池関連企業でのインターンシップを必須とし、実施した。留学先は、本学と連携を約束しているペンシルベニア州立大学、ポアティエ大学、モンペリエ大学、中国科学院化学研究所などである。平成 20～22 年度の実施状況を表 2 に示す。

学生の派遣期間中には、海外教育研究機関および関連企業の責任者と連絡を密に取り合い、教育研究の効果を確かめながら研修を進めた。特に、海外短期留学の際には指導教員が共に渡航し打ち合わせやセミナーを行い、学生が速やかに効率よく留学活動を開始できる環境を整えた。海外短期留学中における活動例を図 1 に示す。また短期留学及びインターンシップ後には専攻内で発表会を開催し、派遣の成果を確認するとともに次年度派遣予定学生の意識を高めることに努めた(図 2)。海外留学を行った学生に対しては、発表から質疑応答までをすべて英語で行い、プレゼンテーション能力、コミュニケーション能力、ディベート能力の一層の向上を図った。



図 2 海外短期留学およびインターンシップ報告会

#### 1-4. 海外留学生の受け入れ

海外からの研究者や留学生も積極的に受け入れた。例えば、ポアティエ大学の博士課程学生を約 1 ヶ月間（滞在期間平成 22 年 7 月 1 日～27 日）受け入れ、本学学生と共に研究を行うことにより国際的感覚を養成した。教員も含めて専攻内で短期留学成果報告会を行い、活発な議論を行った(図 3)。



図 3 ポアティエ大学短期留学生の成果報告会

#### 1-5. 国際的リーダーシップ養成教育

本学が主催する国際燃料電池ワークショップ(3 年ごとに開催)および若手研究者を対象とした国際燃料電池サマーセミナー(ワークショップ開催年を除く毎年開催)の企画運営に学生自らが参加した。また、燃料電池分野の全学生が口頭・ポスター発表を行った。さらに新しい試みとして、学生を中心としたグループディスカッション(全て英語)を企画し、ディベート能力を高めた。

<第 5 回国際燃料電池ワークショップ 2009> 平成 21 年 8 月 23 日(日)～24(月) 山梨県甲府市

【主催】山梨大学

【共催】NEDO、国際電気化学会、電気化学会、日本化学会、高分子学会、触媒学会、日本エネルギー学会

【後援】文部科学省、経済産業省、山梨県、JST、JHFC、石油産業活性化センター、日本自動車研究所、エンジニアリング振興協会、日本ガス協会、新エネルギー財団、産業技術研究所、固体高分子形燃料電池先端基盤研究センター、FCCJ、FCDIC、山梨科学アカデミー、甲府商工会議所

参加者：約 200 名、海外(米国、英国、ドイツ、フランス、韓国、中国など)からの参加者を含む

このワークショップは招待講演(口頭発表)とポスター発表から構成され、日米欧アジアの各分野の研究、開発のリーダーを招待し、講演と討論に十分な時間をかけ、ポスターセッションの討論時間も十分にとり、通常の学会では得られない深い認識と研究交流の促進を目的とした(図 4)。

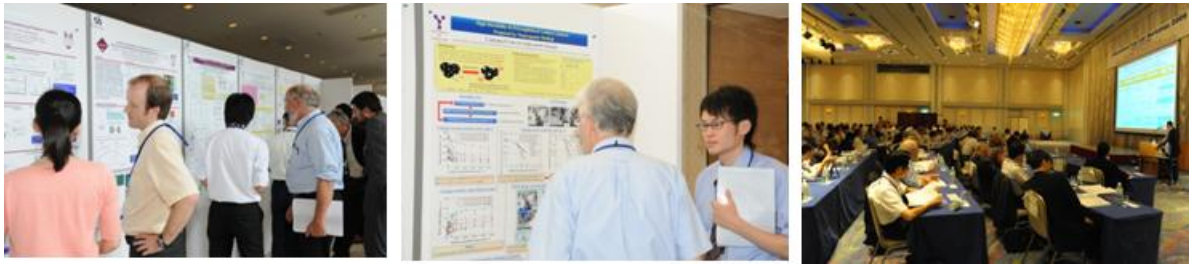


図4 第5回国際燃料電池ワークショップ2009（左と中央はポスター発表、右が招待講演）

<第1回国際燃料電池サマーセミナー2010> 平成22年8月17日(火)～20日(金) 山梨県河口湖町  
 【主催】山梨大学 燃料電池ナノ材料研究センター・クリーンエネルギー研究センター  
 【共催】NEDO、山梨県、日本化学会、電気化学会、高分子学会、触媒学会  
 参加者：約90名（大学院生以上）、海外（米国、英国、ドイツ、デンマーク、韓国、中国、香港、シンガポール、パキスタン、ベトナムから約30名参加）からの参加者を含む



図5 第1回国際燃料電池サマーセミナー2010（左からグループディスカッション、ポスターセッション、招待講演）

本教育プログラムに携わる大学院生(博士課程)は、組織委員あるいはプログラム委員として企画運営にも参加した。本セミナーには国内外から90名以上の若手研究者が参加し、「基礎から応用まで」をコンセプトに触媒、電解質膜、MEA、燃料電池自動車の分野で活躍する7名の新進気鋭の講師陣による講演会を通じて議論・討論を行った。さらに、ショートプレゼンテーション、ポスター発表、グループディスカッションを設け、若手研究者が燃料電池研究・技術の現状や課題、今後の展開について活発に議論を行い、理解・交流を深めることができた。特にグループディスカッションでは、各自の研究内容を関連研究者らで構成するグループ内で活発に議論し、国内外の燃料電池若手研究者・技術者の育成、研究交流促進に貢献することができた(図5)。

#### 1-6. 外国人教員および最新ソフトウェアによる英語教育

上述の国際的リーダーシップ教育に加えて、本教育プログラムに携わる大学院生は、研究発表会、英語論文執筆演習、英語口頭発表練習、国際論文輪読、を定期的に行ってきた。専門の異なる複数の教員(専任教員19人、外国人教員6人)が、指導教員グループを作り、個々の学生の習熟度を定期的にチェックし、履修指導、研究指導など、随時適切な指導を行った。英語を母国語とする教員による燃料電池科学技術英語特論(修士)および同上級(博士)では、英語でのプレゼン及び討論スキル向上プログラムを含め、学生に対するきめ細かな少人数教育を実施した。さらに、日常的に英語力を強化する目的のため演習用コンピューターを学生全員に貸与し、英会話演習ソフト「Rosetta World Ver. 3」、英語論文作成支援ソフト「End Note 2」を配布し、学生自身が効率的に学習できるよう支援した。



## 2. 教育プログラムの成果について

### (1) 教育プログラムの実施により期待された成果が得られたか

#### 1-1. 修了生の就職および進学状況

本プログラムで育成された修士課程修了生の中で、就職希望者はその全員が希望する大手電気メーカー、自動車メーカー、材料メーカーに就職した。一方、博士課程進学者数も着実に増加した。本プログラムにより学生自身が研究者としての自覚に目覚め、燃料電池工学分野を極めたいという意識が高まった結果と言える。博士課程修了生も毎年就職率 100%を達成し、その就職先は、パナソニック、日産自動車、日立マクセルなどの大手企業である。本学大学院生が、将来の燃料電池工学、材料工学等の研究・技術分野における先導者として、世界をリードする企業から高い評価を受けていることを示している。博士課程在籍者数は毎年着実に増え続けているので、来年度以降も益々多くの博士学位取得者を輩出見込みである。

表 3 燃料電池分野を専攻した学生の就職および進学状況

	平成 19 年度	平成 20 年度	平成 21 年度	平成 22 年度
修士 修了者数	5 人	10 人	9 人	8 人
就職者(就職率)	3 人(60%)	7 人(70%)	5 人(56%)	6 人(75%)
進学者(進学率)	2 人(40%)	3 人(30%)	4 人(44%)	2 人(25%)
博士 在籍者数	5 人	7 人	11 人	15 人
修了者数	3 人	2 人	1 人	7 人
就職者(就職率)	3 人(100%)	2 人(100%)	1 人(100%)	7 人(100%)

#### 1-2. 入学志願者数および定員充足率

修士課程では、本プログラム実施期間を通じて入学志願者数が定員を大きく上回り、定員充足率も 140%以上となった。これは学部生にとって本プログラムが魅力的な教育課程であることを示している。博士課程においても、在籍者数が増加しながら平成 22 年度には定員充足率が 140%に達した。内部進学者に加えて、社会人学生が大幅に増加したことが特徴である。これは、本プログラムが産業界から高い評価を受けているためである。

表 4 志願者数および定員充足率

	平成 19 年度*	平成 20 年度	平成 21 年度	平成 22 年度
修士 入学定員	30 人	30 人	30 人	30 人
志願者数	49 人	50 人	45 人	46 人
入学者数	38 人	42 人	43 人	42 人
定員充足率	127%	140%	143%	140%
博士 入学定員	13 人	13 人	13 人	10 人
志願者数	10 人	12 人	7 人	11 人
入学者数	12 人	11 人	10 人	14 人
定員充足率	92%	85%	77%	140%

\*平成 19 年度の修士課程は物質生命工学専攻の数値

#### 1-3. 論文および学会での発表数等

本プログラムにより、論文および学会発表件数はいずれも著しく増加した。また、学会発表に対して以下の賞が授与された。大学院生が行った研究レベルが国内外に高く評価されるとともに、徹底した英語教育が着実に成果を結んだ。

- 1) 平成 20 年度 電気化学日米合同大会 (PRiMe2008) 最優秀ポスター賞

- 2) 平成 21 年度 第 103 回触媒討論会優秀ポスター賞
- 3) 平成 22 年度 第 15 回 JPIJS 若手研究者のためのポスターセッション優秀ポスター賞
- 4) 平成 22 年度 第 1 回国際燃料電池サマーセミナー2010 優秀ポスター賞 3 件

表 5 大学院生の論文および学会での発表件数

	平成 19 年度	平成 20 年度	平成 21 年度	平成 22 年度
論文発表件数	21	25	36	57
学会発表件数 (国外)	102 (16)	123 (22)	161 (42)	136 (35)

#### 1-4. リサーチアシスタント採用数

本プログラム実施期間中において、修士課程学生の TA 採択率は毎年 50%程度であり、博士課程でも 32~54%もの多くの学生を RA として採用した。特に、修士・博士いずれにおいても燃料電池分野を専攻した学生の RA・TA 採用率は 100%である。大学院生が教育・研究に主体的に携わることによって自己の研究活動の位置付けを明確にし、上述した論文数増加、ポスター賞受賞などの成果につながったと結論できる。

表 6 RA・TA 採用者数 (採用率)

	平成 19 年度	平成 20 年度	平成 21 年度	平成 22 年度
修士課程	42 人 (51%)	23 人 (54%)	41 人 (50%)	39 人 (46%)
博士課程	9 人 (26%)	12 人 (32%)	21 人 (54%)	20 人 (51%)

### 3. 今後の教育プログラムの改善・充実のための方策と具体的な計画

(1) 実施状況・成果を踏まえた今後の課題が把握され、改善・充実のための方策や支援期間終了後の具体的な計画が示されているか

**燃料電池教育研究は本学の中期目標／中期計画の中での重点課題**として位置付けられており、本教育プロジェクト修了後も、今後も強力に推進すべき本学の中核プロジェクトとして捉えられている。今回の教育プログラムで目的として掲げられていた、1)「燃料電池工学」に特化した独自の教育プログラム、2) 基礎と実学がシンクロナイズした燃料電池教育(基礎学問と応用研究の回帰融合)、3) 国際的実践教育、4) リーダーシップ養成教育は、全て目標通りの成果を挙げ、本学における燃料電池教育研究を大きく改善・充実させることに成功した。このことは、プログラム関連教員による自己点検会議、海外教育研究機関および関連企業からの報告、国際燃料電池ワークショップおよび国際サマースクールにおけるアンケート調査、さらに企業約 20 社からの書面でのアンケート結果において高い評価を受けていることから明らかである。

学内においても本教育プログラムの成果はきわめて高く評価されている。プログラムの成果を全学レベルで発展させることを目的として、出来る限り平成 23 年度より、**燃料電池分野・太陽エネルギー分野・エネルギー変換材料分野・新エネルギー工学分野の 4 分野による「グリーンエネルギー変換工学専攻」(本学では初となる、修士博士 5 年一貫大学院課程)**を新設し、グリーンエネルギーの本格的普及をめざした教育研究が行えるように準備を進めている。この「グリーンエネルギー変換工学専攻」においては、グリーンエネルギー変換工学分野の幅広い分野の教員を結集した世界最先端の教育研究を行うとともに、企業との連携による企業内講座や長期インターンシップ等も導入し、グリーンエネルギー変換工学分野で世界をリードする人材の育成に努める。論理的な思考、説得力のある文章構成、専門的な論文作成能力を習得するとともに、国際的な視野を育むことを目的に、北米 3 機関、東アジア 3 機関、欧州 5 機関などの連携教育研究機関と国際協働ネットワークを形成し、相互協働教育を推進して単位互換や試験共通化にまでつなげることを目指している。

#### 4. 社会への情報提供

(1) 教育プログラムの内容、経過、成果等が大学のホームページ・刊行物・カンファレンスなどを通じて多様な方法により積極的に公表されたか

山梨大学および大学院のホームページにおいて、本プログラムの目的や特色、教育課程の概要について紹介している。また、**本プログラム専用のホームページを開設**し、活動や成果内容、カリキュラムの特色と履修内容、担当教員リストと研究室へのリンク、入学試験情報なども公開している。さらに、これらの情報は海外への情報提供のため、英語版も公開している。

山梨大学大学院 医学工学総合教育部ホームページ（日本語、英語）

URL: <http://www.eng.yamanashi.ac.jp/gakubu/graduateInfo/graduate07.html>

URL: <http://www.eng.yamanashi.ac.jp/english/gakubu/graduateInfo/graduate07.html>

「国際燃料電池技術研究者の基礎実学融合教育」プログラムホームページ（日本語、英語(図 6)）

URL: <http://www.eng.yamanashi.ac.jp/fuelcell/>

URL: <http://www.eng.yamanashi.ac.jp/fuelcell/english/index.html>

- ・採択時に**大学広報を通して記者会見**を行った。本プログラムの趣旨と目的がマスコミで報道され、広く知られることとなった。また、記者会見の内容は大学ホームページにおいて公開した。
- ・中間期（平成 21 年度末）においてプログラムの内容と成果を簡潔にまとめた**パンフレットを作成**(図 7)し、文部科学省や国内外の高等教育研究機関へ配布した。
- ・終了時に**成果報告集を作成**し、文部科学省や国内外の高等教育研究機関へ配布した。
- ・連携機関を始め海外教育研究機関から教授・研究者・学生を受け入れ、本プログラムの内容や成果を積極的に公表した。
- ・上述のように、本学主催の国際燃料電池ワークショップおよび国際燃料電池サマーセミナーにおいて、本プログラムの活動状況を報告した。
- ・海外短期留学には指導教員が必ず付き添い、本プログラムの趣旨や目的を説明した。また、留学先では学生が成果内容を発表した。
- ・本プログラムによって得られた研究成果は、審査付きの国際学術雑誌（Angew. Chem. Int. Ed., Chem. Commun., J. Phys. Chem., Langmuir, Macromolecules, Electrochim. Acta など）に積極的に公開した。
- ・そのほか、国内外の学術会議（電気化学会、電池討論会、高分子学会、触媒討論会、表面学会、Electrochemical Society, International Society of Electrochemistry, American Chemical Society など）において、本プログラムによって得られた研究成果を積極的に公開した。



図 6 プログラム専用ホームページ(英語版)



図 7 プログラムのパンフレット表紙

## 5. 大学院教育へ果たした役割及び波及効果と大学による自主的・恒常的な展開

### (1) 当該大学や今後の我が国の大学院教育へ果たした役割及び期待された波及効果が得られたか

#### 1-1. 本学の大学院教育へ果たした役割と波及効果

本教育プログラムの大きな役割は、本学が平成 19 年度より独自に開始していた「クリーンエネルギー特別教育プログラム」(学部修士 6 年一貫教育)の教育内容を、学年進行を待たずして実践できた点である。さらに、この教育理念を博士課程にまで拡充することができ、「燃料電池工学」を系統的かつ横断的に教育することができた。これにより、産業界からも要望の強い高度に教育された燃料電池技術研究者をいち早く社会へ送り出すことができた。

他方、授業料免除やリサーチアシスタント制度など大学院学生に対する十分な支援を行い、学問・研究活動に専念する環境を整えることができた。現在在籍している学部生や大学院生はもちろん、高校生や他大学生に対しても、基礎と実学を融合させた教育システム、海外短期留学、国内インターンシップ、英語教育、リサーチアシスタントなどの魅力的な大学院教育の場を提供することによって、学習意欲と進学意欲を助長することができた。これら効果は、具体的に進学率、定員充足率、就職率(特に、学生本人が希望する燃料電池関連企業)の増加として明確に示された。また、学術論文や学会発表の質と数の向上、権威ある学会の受賞にも繋がり、学生の研究活動が著しく活性化した。

以上のように、本教育プログラムは本学の大学院教育の向上に大いに貢献した。また、本学の今後の方向性を決める上でも重要な意味を持ち、山梨大学を中心とした燃料電池教育研究拠点の形成を目指すこととなった。

#### 1-2. 我が国の大学院教育への波及効果

学際的な領域である燃料電池工学を学部大学院で一貫して教育するシステムはこれまでに例がなく、本学が世界に先駆けて実践しその有効性を実証できたものと自負している。本プログラムの成功は、今後ますます需要が増えることが予想される新しい学術領域や複合領域における教育システムのモデルケースと位置付けられる。その内容や成果は、ウェブサイトやパンフレットを通して、他大学・大学院、高校、関係企業、関係省庁などに広く公開し積極的にアピールした。

本プログラムにおいて学生自身が行った対外活動によって、他大学へ効果が波及したことも特筆すべき点である。例えば、学生らが中心になって企画運営を行った国際燃料電池サマーセミナーでは、国内主要大学(京大、阪大、東北大、東工大、首都大東京、早大など)から多くの学生が参加し、プログラムの内容や成果を所属大学へ持ち帰り宣伝することとなった。米国、英国、ドイツ、デンマーク、中国、韓国、台湾などからも若手研究者が多数参加し、本プログラムを世界的に知らしめることができた。これが契機となっていくつかの国内教育研究機関・国外大学と協定を締結することとなり、学生の相互受け入れ、社会人の再教育、海外長期留学・インターンシップ、単位互換、試験共通化などを目指した関係を構築している。

### (2) 当該教育プログラムの支援期間終了後の、大学による自主的・恒常的な展開のための措置が示されているか

**燃料電池教育研究は、本学の中期目標／中期計画の中で重点課題**として位置付けている。今後も強力で推進すべき本学の中核プロジェクトとして捉えており、**支援期間終了後も本プログラムの内容は恒常化して継続**する。特に経費が必要となる海外短期留学・インターンシップを行うための学内経費を確保した。また、クリーンエネルギー研究センターや燃料電池ナノ材料研究センターの教員は今後も維持または増員する計画であり、きめ細かな指導体制を維持できる。本教育プログラムの発足に合わせて設置した燃料電池研究拠点支援室(常勤事務職員 8 名を配置)も引き続き存続し、燃料電池教育研究への支援体制は万全に整備されている。

## 組織的な大学院教育改革推進プログラム委員会における評価

【総合評価】
<input checked="" type="checkbox"/> A 目的は十分に達成された <input type="checkbox"/> B 目的はほぼ達成された <input type="checkbox"/> C 目的はある程度達成された <input type="checkbox"/> D 目的はあまり達成されていない
<p>〔実施（達成）状況に関するコメント〕</p> <p>本プログラム実施により、当初の目的は達成されているものと判断できる。燃料電池工学分野に大きく寄与しており、優れた人材の輩出拠点となっている。</p> <p>学内で進行させていた他の教育プログラムの進行を加速させるなど、当該大学における波及効果は顕著に認められる。また、国内外の先端研究者による特別講義、短期留学、インターンシップ、ワークショップ、サマーセミナーなどを積極的に実施し、学際的・先端的分野における教育プログラムのモデルケースとしてもその波及効果が期待され、評価できる。</p> <p>支援期間終了後の大学による自主的・恒常的な展開については、本教育プログラムを大学の中核プロジェクトとして捉え、財源の確保や教員の指導体制の充実などの措置が整えられている。</p>
<p>（優れた点）</p> <p>燃料電池工学拠点として世界的に見てもユニークな分野を強化している。全学をあげての取組が高く評価でき、学長のリーダーシップに卓越したものがあることが窺える。特に、新エネルギー関連分野において修士博士5年一貫大学院課程の新設を試みるなど、支援期間終了後の計画に極めて具体性のある方策がなされている。</p> <p>（改善を要する点）</p> <p>比較的狭い研究分野を対象とした教育プログラムだからこそ、失われる部分もあるはずである。本教育プログラム実施によって浮かび上がるマイナス点の分析も重要である。燃料電池研究の将来を考えたとき、時代の流れとともにどのようにターゲットをシフトしていくのか、10年、20年後の拠点のあり方についても考えておく必要がある。</p>