

# 自己点検・評価報告書

## 研 究

平成27年1月

北陸先端科学技術大学院大学

マテリアルサイエンス研究科

ナノマテリアルテクノロジーセンター

グリーンデバイス研究センター

# 目 次

I	マテリアルサイエンス研究科・ナノマテリアルテクノロジーセンター・ グリーンデバイス研究センターの研究目的と特徴	3 - 1
II	「研究の水準」の分析・判定	3 - 3
	分析項目 I 研究活動の状況	3 - 3
	分析項目 II 研究成果の状況	3 - 7
III	「質の向上度」の分析	3 - 12

## I マテリアルサイエンス研究科・ナノマテリアルテクノロジーセンター・グリーンデバイス研究センターの研究目的と特徴

マテリアルサイエンス研究科は、「物理学、化学、生物学という広範囲な学問分野を統合し、優れた教育研究環境の下で基礎から応用までを包括する最先端の教育研究を行う」ことを目的とし、平成3年4月に設置された。

また、平成25年度に取りまとめたミッションの再定義においては、研究に関して、「半導体プロセス等のマテリアルサイエンス分野における世界トップレベルの研究実績をもとに先端的な研究を行う」ことを決定している。

これらの研究目的を共有する共同教育研究施設であるナノマテリアルテクノロジーセンター及び研究施設であるグリーンデバイス研究センターと連携しながら、「エクセレントコア」（国際的研究拠点となる研究施設）の形成に向けた研究活動を推進している。

以下に、研究の基本方針とその特徴を述べる。

### [研究の基本方針]

マテリアルサイエンス研究科、ナノマテリアルテクノロジーセンター及びグリーンデバイス研究センターでは、人類が直面しているエネルギー・環境、グリーン、ライフ・医療分野の課題の解決に向けて、マテリアルの最先端研究を実施する。さらに、マテリアルサイエンスによって未踏の学問領域を開拓し、マテリアルサイエンス分野の知識体系を拡張・構築しながら、そのコアテクノロジーを発展的に継承していく。

その実現のために、原子・分子の科学を基盤に、物理、化学、バイオ各分野のアプローチを取り入れながら、最先端ナノテクノロジー及び計算科学を駆使できる研究環境を整備し、基礎から応用までシームレスな視点で体系的にかつダイナミックにマテリアル研究を展開する。

研究活動を通じた人材育成の目的としては、マテリアルサイエンスという学問を活用し、社会の問題を捉え、未来を思考する習慣を身につけた人材を育てることにある。具体的には、エネルギー・環境、グリーン、ライフ・医療分野の重要課題の解決に実社会で貢献できる人材を育成する。

### [研究の特徴]

マテリアルサイエンス研究科及び各センターに所属する個々の研究室が実施している研究分野を以下に示す。

物理系：電子デバイス、有機・分子エレクトロニクス、太陽電池・燃料電池・リチウム電池、熱電素子、酸化物半導体、液体シリコン

化学系：ナノ粒子、ナノ触媒、表面・界面科学、1分子計測、計算物質科学、バイオポリマー・機能性高分子

生物系：バイオデバイス、人工細胞膜、人工タンパク質・DNA、医療・バイオマテリアル

本研究科の特徴は、個々の研究活動を、社会的要請の高い特定の研究をターゲットに、ベクトルを揃えてシナジー効果を生むことを目指した階層的な研究組織に展開している点にある。具体的には、研究科のほかに、特に社会的要請に即した重点分野の研究を推進するため、3つの研究施設（グリーンデバイス（第I種研究センター）、高資源循環ポリマー（第II種研究センター）、バイオアーキテクチャ（第II種研究センター））を組織している。

また、これら研究センターの前段階の組織として研究ユニットが活動中である。さらに、これらの共同研究活動を支えるコアテクノロジー（ナノ加工・ナノ解析・分子物質合成）を担うのがナノマテリアルテクノロジーセンターである。

#### [想定する関係者とその期待]

- ・ 企業、研究機関：基礎研究から生まれる技術シーズ獲得、最先端応用研究からの製品開発
- ・ 国、地方公共団体：マテリアルサイエンス技術施策に資する技術の開発
- ・ 学界・産業界：マテリアルサイエンス分野の学術的・技術的な発展、若手人材養成
- ・ 社会構成員一般：マテリアルサイエンス技術の発展による生活の質の向上、社会福祉の充実

#### [個性の伸長に向けた取組]

- ・ 本学が保有する最先端装置群を、文部科学省の「ナノテクノロジープラットフォーム事業」を通じて企業や研究機関に開放することにより、学界・産業界へ貢献している。
- ・ 外国人教員の積極的な採用により、国際共同研究を推進している。

## 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)

#### 1. 研究成果発表(論文・国際会議招待講演・受賞等)に関する状況(資料1-1)

論文発表件数に関しては、平成22年度～平成25年度の4年間で760件であった。マテリアルサイエンス研究科、ナノマテリアルテクノロジーセンター及びグリーンデバイス研究センターの専任教員数は合計55名(平成25年5月時点)であるので、1人当たりの論文数は年間平均で3.5件である。「大学の論文生産に関するインプット・アウトプット分析」(平成25年3月 文部科学省科学技術政策研究所)によると、教員1人当たりの論文数は「1.5件以上」、「1.5～1.0件」、「1件未満」の3グループに分けられており、1.5件以上のグループに含まれるのは、対象とされた国立大学63校中の上位12大学である。この区分に照らせば、本研究科・センターは、現状でも論文生産性の高いグループに属していると判断できる。

また、国際会議招待講演数は、平成16年度～平成19年度の4年間と比較して54件の増加、受賞に関しては6件の増加が見られた。

#### 資料1-1 論文・国際会議招待講演・受賞等

	第2期中期目標期間 平成22-25年度	第1期中期目標期間 平成16-19年度	増減 (第2期-第1期)
論文発表件数	760件	885件	▲125件
国際会議招待講演	179件	125件	54件
受賞・表彰等	30件	24件	6件

※教員業績データベースを基に作成

#### 2. 研究成果による知的財産権の出願・取得及びライセンス等の契約状況

平成16年度～平成19年度の4年間と比較して特許出願件数は減少したものの、取得件数は13件(57%)の増加となった。さらに、ライセンス契約等件数とライセンス等収入は共に増加し、ライセンス等収入に関しては第1期中期目標期間中に比べて倍増した(資料1-2)。

#### 資料1-2 知的財産権の出願・取得及びライセンス契約等の状況

	第2期中期目標期間 平成22-25年度	第1期中期目標期間 平成16-19年度	増減 (第2期-第1期)
特許出願件数	85件	115件	▲30件
特許取得件数	36件	23件	13件
ライセンス契約等件数	37件	22件	15件
ライセンス等収入	7,702千円	3,334千円	4,368千円

※教員業績データベースを基に作成

※ライセンス契約等には出願権譲渡を含む。

#### 3. 外部研究資金の獲得状況

組織的な外部研究資金獲得支援として、学長裁量経費に基づく「研究拠点形成支援事業」を実施しており、「萌芽的研究支援」及び「科研費獲得支援」により個人単位の研究活動を、「先端研究拠点形成支援」により研究ユニットやセンター等グループ単位で推進する

研究活動を支援している。

これらの取組等の結果、平成16年度～平成19年度の4年間と比較して、件数において、科研費と共同研究に顕著な増加が見られた。科研費に関しては、若手教員を中心に基盤研究(C)の採択率が50%を超えていることによる増加と考えられる。また、研究費が比較的大規模な基盤研究(S)、基盤研究(A)、基盤研究(B)に絞って比較すると、件数は4件、金額は64,312千円(約30%)増加している。一方、科研費以外の競争的資金と受託研究については、採択件数が減少した。これらが相殺されて全体の件数は微増にとどまった。

外部研究資金全体の獲得金額は、平成16年度～平成19年度の4年間と比較して大幅に増加した。これは、科研費以外の競争的資金における獲得額が大幅に増加したことによる(第1期比で約70%増)。中でも科学技術振興機構(JST)の戦略的創造研究推進事業は、平成22年度～平成25年度において中堅以上の教員を中心に849,293千円を獲得した(資料1-3～資料1-8)。

資料 1-3 科研費受入状況

研究種目	新規・継続	H22年度				H23年度				H24年度				H25年度				H22-25年度の総計				
		申請件数	内定件数	内定金額(千円)	間接経費(千円)	申請件数	内定件数	内定金額(千円)	間接経費(千円)													
科研費	基盤研究(S)	新規	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	54,200	16,260	4	1	54,200	16,260	
		継続	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	基盤研究(A)	新規	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	12,300	3,690	1	1	1,455	437	3	2	13,755	4,127
		継続	2	2	11,000	3,300	2	2	8,000	2,400	0	0	0	0	1	1	9,300	2,790	5	5	28,300	8,490
	基盤研究(B)	新規	11	2	9,200	2,760	11	4	22,800	6,840	8	2	7,500	2,250	12	2	15,600	4,680	42	10	55,100	16,530
		継続	3	3	8,400	2,520	2	2	8,400	2,520	6	6	21,500	6,450	5	5	23,500	7,050	16	16	61,800	18,540
	基盤研究(C)	新規	10	6	11,700	3,510	4	3	6,400	1,920	7	3	4,600	1,380	7	4	7,700	2,310	28	16	30,400	9,120
		継続	3	3	3,300	990	5	5	5,000	1,500	7	7	5,100	1,530	5	5	4,700	1,410	20	20	18,100	5,430
	特別推進研究	新規	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
		継続	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	特定領域研究	新規	3	1	1,900	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	1,900	0
		継続	1	1	2,700	0	1	1,900	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	4,600	0
	挑戦的萌芽研究	新規	10	2	2,700	0	12	2	2,900	870	10	4	4,800	1,440	13	3	3,600	1,080	45	11	14,000	3,390
		継続	0	0	0	0	2	2	2,600	780	3	3	2,200	660	4	4	6,300	1,890	9	9	11,100	3,330
	若手研究(A)	新規	2	0	0	0	2	0	0	0	3	0	0	0	4	0	0	0	11	0	0	0
		継続	1	1	2,900	870	1	1	3,000	900	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	5,900	1,770
	若手研究(B)	新規	11	3	5,400	1,620	13	7	15,100	4,530	7	4	8,400	2,520	9	4	7,700	2,310	40	18	36,600	10,980
		継続	6	6	7,600	2,280	2	2	3,200	960	7	7	7,000	2,100	3	3	2,400	720	18	18	20,200	6,060
	研究活動スタート支援	新規	3	1	1,490	447	2	1	1,200	360	2	1	1,200	360	3	0	0	0	10	3	3,890	1,167
		継続	0	0	0	0	1	1	1,500	450	1	1	1,100	330	1	1	1,100	330	3	3	3,700	1,110
特別研究促進費	新規	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	継続	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
新学術領域研究	新規	6	0	0	0	7	2	4,900	1,470	3	1	2,800	840	19	3	22,100	6,630	35	6	29,800	8,940	
	継続	3	3	22,200	6,660	2	2	24,400	7,320	4	4	19,900	5,970	1	1	2,900	870	10	10	69,400	20,820	
特別研究員奨励費	新規	2	2	1,700	0	3	3	2,300	0	3	3	2,000	0	1	1	400	0	9	9	6,400	0	
	継続	3	3	2,600	0	4	4	2,600	0	2	2	1,400	0	4	4	3,900	0	13	13	10,500	0	
学術創成研究費	新規	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	継続	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
研究成果公開促進費	新規	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	継続	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
合計		82	39	94,790	24,957	78	44	116,200	32,820	74	49	101,800	29,520	95	43	166,855	48,767	329	175	479,645	136,064	

※大学情報データベースを基に作成  
※内定金額は、直接経費を記載している(間接経費は含まない。)

資料 1-4 研究に関する競争的外部資金獲得状況

競争的外部資金区分	H22年度				H23年度				H24年度				H25年度				H22-25年度の総計			
	件数	受入金額(千円)	間接経費(千円)	件数	受入金額(千円)	間接経費(千円)	件数	受入金額(千円)	間接経費(千円)	件数	受入金額(千円)	間接経費(千円)	件数	受入金額(千円)	間接経費(千円)	件数	受入金額(千円)	間接経費(千円)		
政府等の助成金	総務省	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	文部科学省	科学技術振興調整費	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		戦略的創造研究推進事業	5	116,672	26,924	6	277,238	63,978	7	242,594	55,164	4	212,789	48,718	22	849,293	194,784			
		その他	9	97,111	14,856	9	167,203	37,754	6	58,658	13,534	3	18,900	4,361	27	341,872	70,505			
	経済産業省	4	34,508	6,000	4	44,760	9,673	4	42,756	7,624	2	46,046	10,626	14	168,070	33,923				
環境省	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	34,727	3,217	3	34,727	3,217					
民間からの助成金	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
合計	18	248,291	47,780	19	489,201	111,405	17	344,008	76,322	12	312,462	66,922	66	1,393,962	302,429					

※大学情報データベースを基に作成  
※受入金額は、間接経費を含めた総受入金額であり、複数年度にわたって支給される場合は当該年度において支給された金額のみを集計

資料 1-5 共同研究実施状況

相手先区分	H22年度		H23年度		H24年度		H25年度		H22-25年度の総計	
	受入件数	受入金額(千円)	受入件数	受入金額(千円)	受入件数	受入金額(千円)	受入件数	受入金額(千円)	受入件数	受入金額(千円)
国内企業	70	73,345	70	85,700	63	55,119	60	66,870	263	281,034
国	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
独立行政法人	1	9,700	1	10,960	1	13,750	1	13,750	4	48,160
その他公益法人等	1	500	1	500	0	0	0	0	2	1,000
地方公共団体	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
外国政府機関	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
外国企業	2	1,500	3	5,000	4	6,500	4	5,400	13	18,400
大学	1	13,750	1	13,750	0	0	0	0	2	27,500
その他	0	0	0	0	0	0	1	4,000	1	4,000
合計	75	98,795	76	115,910	68	75,369	66	90,020	285	380,094

※大学情報データベースを基に作成

資料 1-6 受託研究実施状況

相手先区分	H22年度		H23年度		H24年度		H25年度		H22-25年度の総計	
	受入件数	受入金額(千円)	受入件数	受入金額(千円)	受入件数	受入金額(千円)	受入件数	受入金額(千円)	受入件数	受入金額(千円)
国内企業	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
国	5	31,975	4	38,249	3	21,564	2	16,646	14	108,434
独立行政法人	2	4,150	1	2,200	1	2,000	1	1,500	5	9,850
その他公益法人等	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
地方公共団体	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
外国企業	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
大学	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
その他	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
合計	7	36,125	5	40,449	4	23,564	3	18,146	19	118,284

※大学情報データベースを基に作成

資料 1-7 奨学寄附金受入状況

	件数	受入金額(千円)
H22年度	26	32,135
H23年度	40	48,405
H24年度	44	36,070
H25年度	37	35,705
計	147	152,315

※大学情報データベースを基に作成

資料 1-8 外部研究資金受入状況

	第2期中期目標期間 平成22-25年度		第1期中期目標期間 平成16-19年度		増減 (第2期-第1期)	
	件数(件)	金額(千円)	件数(件)	金額(千円)	件数(件)	金額(千円)
科研費	175	615,709	146	602,620	29	13,089
(うち、基盤S、基盤A、基盤B)	(34)	(277,102)	(30)	(212,790)	(4)	(64,312)
科研費以外の競争的資金	66	1,696,392	85	1,006,349	▲ 19	690,043
共同研究	285	380,094	233	391,520	52	▲ 11,426
受託研究	19	118,284	53	524,027	▲ 34	▲ 405,743
奨学寄附金	147	152,315	173	140,105	▲ 26	12,210
外部研究資金 合計	692	2,962,794	690	2,664,621	2	298,173

#### 4. 外国人教員の積極的な採用によるグローバル化の推進

本学は、教員を採用する際には外部から広く公募しており、国籍に関係なく優秀な人材を選考している。マテリアルサイエンス研究科、ナノマテリアルテクノロジーセンター及びグリーンデバイス研究センターにおいては、平成22年度以降11名の外国人教員を採用した。その結果、本研究科・センターの外国人教員比率は、第1期中期目標期間末の平成22年3月には5.3%であったが、平成25年度末時点では14.8%となっている。

(水準) 期待される水準を上回る

(判断理由) 組織的な外部研究資金獲得支援として、学長裁量経費に基づく「研究拠点形成支援事業」を実施しており、個人単位及びグループ単位での研究活動を支援している。外部研究資金の獲得状況に関しては、第1期中期目標期間の平成16年度～平成19年度の状況と比較して、総件数においてはほとんど変化が無かったものの、獲得額で298,173千円(11.2%)増加した。特に科研費は第2期中期目標期間を通して増加傾向にあり、平成25年度の獲得金額は、平成22年度の1.8倍以上となっている。中でも基盤研究(S)をはじめとする大型種目への採択実績が向上している。

特許出願・取得、ライセンス契約等の状況に関しては、特許出願件数が減少したにもかかわらず特許取得が増加していることから、質の高い発明を厳選して出願していることを意味している。これは、ライセンス契約等と収入において大きな増加が見られた結果とも一致する。以上の結果から、想定される関係者の一つである産業界に対して、優れた貢献ができたと判断した。

国際会議における招待講演数、受賞・表彰数は、それぞれ43%と25%の増加が見られ、国際的な研究情報発信力の向上からも、研究活動が活性化していることを示している。

外国人教員を積極的に採用しており、外国人教員比率が第1期中期目標期間末と比べて3倍近くに増えている。

## 分析項目Ⅱ 研究成果の状況

## 観点 研究成果の状況

(観点に係る状況)

マテリアルサイエンス研究科及び各センターの優れた研究業績について、学界・産業界からの高い評価(受賞)や実社会への研究成果展開の可能性の高さという判断基準で選定し、「研究業績説明書」のとおりまとめた。以下に概要を述べる。

## 1. 機能性液体材料と微細プリンティングに関する研究

## 【研究科等の研究成果の学術面及び社会、経済、文化面での特徴】

グリーンデバイス研究センターでは、ハイテク分野におけるものづくり手法を一新する革新技術を研究するために、ミッションの再定義で強みとして挙げた「半導体プロセス」における世界レベルの研究実績を背景に、電子デバイスやエネルギーデバイスの作製プロセスにおいて、資源やエネルギーの使用効率を桁違いに改善する技術に関する研究開発と、それに基づいた高等教育を行うことを目的とする。具体的には、超微細ナノインプリント加工法の発見、液体シリコン材料という新材料の開発、さらにAl(アルミニウム)金属配線の新規形成法の開発といった一連の研究成果を得ている。また、液体酸化物系液体材料の開発に関して、液体プロセスによる酸化物固体形成とその物性研究や、得られた酸化物を組み合わせて薄膜トランジスタを実現し、液体酸化物の特徴を生かした微細プリンティングの創出とそれを用いた電子デバイスの作製へと展開している。また、液体シリコン系(Al(アルミニウム)、Pt(白金)含む)液体材料の開発に関しては、液体シリコンの物性解明とシリコン系材料開発、液体プロセスと微細パターンニング法の開発、液体シリコンを用いた電子デバイスの開発等において、これまでに無かった新しい学術分野を構築しつつある。

## 【研究科等の研究成果に対する外部からの評価】

本研究は、科学技術振興機構(JST)の競争的資金である戦略的創造研究推進事業・総括実施型研究(ERATO)「下田ナノ液体プロセスプロジェクト」(平成18年～平成26年)の支援を受けて実施している。平成22年度に実施された事後評価(予備評価)では、当該プロジェクトが当初の想定以上の研究展開を示し、十分な成果をあげていることが認められた。

「ERATO下田ナノ液体プロセスプロジェクト事後評価(予備評価)報告書」の記述を資料2-1に抜粋する。

## 資料2-1 ERATO 下田ナノ液体プロセスプロジェクト事後評価(予備評価)報告書

ERATO 下田ナノ液体プロセスプロジェクトの基本構想は、「機能性液体から付加的な方法で、しかも直接的に、ナノサイズの電子デバイスを作製する革新的プロセスを創出する」ことである。その実現に向け、ERATO の支援規模や事業趣旨等を活かし、研究内容から研究環境整備までの全てにおいて「全くゼロからのチャレンジ」を開始した。

プロジェクト発足後のトピックスは、酸化物系を中心に、新しいプロセス技術の創出に成功したことである。またこうした技術的知見の一方で、主にシリコン系では、ハマカー一定数というvan der Waals力に由来する微視的な力学パラメータによる塗膜性の理解などの新たな科学的知見もなされ、インク状のシリコン系材料による薄膜太陽電池の作製およびプロトタイプレベルでの動作実証が確認されている。今後これらの成果をもとにした下田総括らのマネジメントのもと、学術的な知見の集積および応用面で重要となる知見の蓄積を図り、アカデミア・社会・企業など多角的に認知されるアウトカムの創出を期待する。

以上を総合し、ERATO 下田ナノ液体プロセスプロジェクトは、当初の想定以上の望ましい研究展開を示し、かつ今後にも十分に期待できるものであり、戦略目標「ナノデバイスやナノ材料の高効率製造及びナノスケールの科学による製造技術の革新に関する基盤の構築」に資する十分な成果を上げていると認めることができる。

(ERATO予備評価報告書<http://www.jst.go.jp/erato/evaluation/posteriori/shomoda.pdf>より抜粋(要約))

また、主要な論文が化学分野のトップクラスの学術雑誌である Journal of the American Chemical Society 誌（インパクトファクター11.4）に掲載されており、その独創性は国際的にも高く評価されている。論文公表後、E-MRS, AM-FPD, NNT2014 等主要な国際学会への招待講演の依頼を受けており学術的な注目度は非常に高いと判断される。このことは、Newton 誌の「注目のスーパーマテリアル—社会を一変させる新材料 100」（平成 26 年 1 月）に選出されたことから判断できる。本研究成果を産業利用することで、微細で高性能な電子デバイスが安価な装置で廉価に製造することが可能となる。この点が高く評価され、ERATO プロジェクトの中でも特に優れたプロジェクトに対して与えられる特別重点期間に選定された。

## 2. 高資源循環ポリマーに関する研究

### 【研究科等の研究成果の学術面及び社会、経済、文化面での特徴】

環境負荷、省資源、省エネルギーを研究ターゲットとし、リサイクル可能な石油系プラスチック、生分解性プラスチックに代表される植物由来ポリマー等の高機能化によって低環境負荷材料への代替を目指した研究を実施している。

現在、植物由来ポリマー等の高性能化、新規な構造制御技術の確立及び新しい素材の提供によるエネルギー問題への取組を中心に研究を進めており、自動車や医療を中心とした研究分野で成果が得られている。具体的には、天然高分子による細胞カプセル化材料の創製、無機・有機ハイブリッドゲルによる安全性の高いリチウム 2 次電池材料の創製、薄肉・軽量化を可能とするプラスチックの構造制御技術を確立した。クリックケミストリーを用いて天然由来多糖類両性電解質高分子による *in situ*（インサイチュ）ハイドロゲルを形成し、凍結保護活性を持つ細胞カプセル化材料を創製した。350℃以上の耐熱性と  $10^{-3}\text{Scm}^{-1}$  以上のイオン伝導度を達成しつつ、材料モルフォロジーと特性の相関を明らかにした。自動車内装材に用いられているポリプロピレンを射出成型により、ベニヤ板のような構造を形成させて薄肉化を可能にした。

### 【研究科等の研究成果に対する外部からの評価】

本研究の成果は、英国王立化学協会発刊の Biomaterials Science 誌の平成 26 年 2 号 3 巻の表紙カバーイラストに採用された。また海外での国際学会で 3 度、国内学会で 1 度、招待講演を行った。社会面での貢献としては、細胞治療や再生医療応用のための足場材料や細胞カプセル化材料としての応用が期待されるほか、自動車用途や家庭向け大容量蓄電池（リチウムイオン 2 次電池）の安全性の大幅な向上に寄与し得る技術であり、産業界からも注目を集めている。

## 3. 生体分子の機能化・組織化とその医療等への応用

### 【研究科等の研究成果の学術面及び社会、経済、文化面での特徴】

人工的に機能化されたバイオ分子や、それを組織化した人工バイオシステムの開発を実施している。特に、生物学、化学、物理学、情報科学を融合することによって革新的機能を有するバイオマテリアルや、それらを組織化した人工バイオシステムの開発により、医療薬等の医療分野への応用を目指した教育研究を実施している。特筆すべき成果として、超高速光クロスリンク機能を付与した人工 DNA の開発と遺伝子検査への応用、人工細胞膜モデルに対するナノ粒子のサイズ選択的な吸着挙動の解明、蛍光標識非天然アミノ酸を導入した人工タンパク質の開発とバイオマーカー等の簡便迅速な検出法への応用等を実現した。

### 【研究科等の研究成果に対する外部からの評価】

本研究で得られた成果は、化学分野のトップクラスの学術雑誌である Journal of the American Chemical Society 誌（平成 26 年時点でのインパクトファクター 11.4）に掲載され

ており、その独創性や発展性は国際的にも高く評価されている。また、朝日新聞・読売新聞等（平成25年10月16日）、日刊工業新聞・北國新聞等（平成24年9月7日）、朝日新聞・日経産業新聞等（平成23年10月7日）に取り上げられるなど、社会的にも注目されている。得られた研究成果は企業との共同研究にも発展しており、実際にイネゲノムの一塩基多型解析に応用されたり、違法薬物の迅速な現場検出に応用されるなど、社会への成果活用が着実に進展している。

#### 4. 集積グラフェンNEMS複合機能素子によるオートノマス・超高感度センサーの開発

##### 【研究科等の研究成果の学術面及び社会、経済、文化面での特徴】

グラフェンNEMS（ナノ電子機械システム）技術を駆使して、サブ・zeptogram（ $10^{-21}$  g以下）レベルの質量変化を検出する超高感度ガス分子センサーと、オフ状態での漏れ電流を原理的にゼロにするスイッチ素子を開発し、自立型集積センサーシステムの構築を進めている。これまでに、2層グラフェン両持ち梁を低電圧（1.8V）で機械的に上下させて動作するNEMSスイッチの開発に成功し、システム待機時電力の飛躍的低減の可能性を示した。

##### 【研究科等の研究成果に対する外部からの評価】

上記の研究成果の論文発表に際して行ったプレスリリース（平成26年8月）では、日刊工業新聞をはじめ5紙において集積回路の消費電力を半減する新技術として紹介されただけでなく、マイナビニュースの次世代半導体技術部門で、「イチオシ記事」として紹介され、「日替わり&週間ランキング」で1位となった。また、最先端センサー技術の専門誌であるSensors誌からの招待論文に採用された。国際会議での基調講演4件、招待講演20件を行い、米国SPIE学会のニュースルームの記事として紹介された（‘Ultrafine Graphene Nanodevice Fabrication’，11 March 2013）。また、本研究に基づいて申請した競争的資金は、科研費基盤研究（S）（平成25年度～平成29年度）に採択された。

#### 5. 革新的バイオプラスチック開発の研究

##### 【研究科等の研究成果の学術面及び社会、経済、文化面での特徴】

遺伝子組換えをした微生物から得られるシナモン類に光化学的手法を用いて、世界最高耐熱性のバイオプラスチックを開発した。バイオプラスチックは、植物や動物等生物に由来する再生可能な有機性資源（バイオマス）を原材料とするプラスチックで、二酸化炭素削減と廃棄物処理に有効であるとされているが、そのほとんどは柔軟なポリエステルであり力学強度に加えて耐熱性の点で問題があった。今回、バイオプラスチックの材料として、堅い構造の天然物で香辛料の成分でもあるシナモン系分子に注目し、シナモン系分子を多く生産する微生物を遺伝子組換えにより構築することでその生産性を証明した。さらに、光反応と高分子量化を行い、微生物由来のバイオプラスチックであるポリイミドを世界で初めて作製した。このポリイミドの耐熱温度は、従来報告されている最高耐熱の芳香族バイオポリエステルの305℃を超える390–425℃を達成した。これは、鉛フリーはんだの融点（最高378℃）を超えているため、電装部品での使用が見込まれる。また、線熱膨張係数（熱によるサイズの変化率）が40ppm/K以下と金属並みに低く、金属代替材料として自動車のエンジン周りに使用することで、自動車の軽量化も期待できる。さらに、10GPaを超える高ヤング率（剛性の指標）、難燃性（自己消火性）、細胞適合性、透明性、高屈折率、紫外線分解性も確認している。今後、自動車部品等の金属やガラスを代替する物質として設計する予定であり、将来的には、大気中の二酸化炭素削減、運送機器の軽量化、産業廃棄物削減等、様々な応用展開が期待できる。

#### 【研究科等の研究成果に対する外部からの評価】

本研究は、世界で初めてバイオ由来のポリイミドを開発したという点で特に評価が高く、Nature誌やScience誌の論文が9割を占めるNewton誌のScience Sensorに取り上げられた。同時に国内外の多くの新聞・TV等のマスメディアによる取材を受けた。また、当該研究テーマを主導するマテリアルサイエンス研究科の金子准教授は、平成22年度に科学技術分野の文部科学大臣表彰若手科学者賞を受賞したほか、国際会議において計11回の招待講演、計3回の基調講演を行い、国内学会を含めると計27回の招待講演を行った。本研究成果の社会的意義は高く、平成24年に第4回ものづくり日本大賞九州経済産業局長賞を受賞した。さらに、日経系新聞に掲載された実用化可能性の高い科学技術ランキングにおいて第9位にランクインした。現在、科学技術振興機構（JST）の競争的大型予算である戦略的創造研究推進事業（ALCA）に代表者として採択されると同時に、戦略的創造研究推進事業（CREST）の研究分担者としても参画している。

### 6. 液体電極プラズマを用いた元素分析法の開発

#### 【研究科等の研究成果の学術面及び社会、経済、文化面での特徴】

中央にくびれを持つ小型容器に液体を入れ、その両端に高電圧を加えてプラズマを発生させる“液体電極プラズマ”の特性を明らかにし、その原理を用いて、プラズマ発光した元素の波長から、液体中の元素の種類と量を簡単かつ高感度に測定する“液体電極プラズマ法”を確立した。従来のプラズマ型元素分析装置の小型化の障壁となっていた大容量の電源やプラズマガス等が不要となり、小型化・軽量化が可能となった。液体電極プラズマ発光分析法を開発し、その性能を向上、実用化することにより、従来法を大幅に小型化、省資源化し、様々な局面で元素分析を利用可能にした。

本研究の成果は、品質管理、環境保全、食品安全等の観点で広く行われている液体試料の元素分析の中で、最も汎用性があり検出感度の高いプラズマ発光分析を、大幅に小型化、省資源化するものである。

#### 【研究科等の研究成果に対する外部からの評価】

本研究における一連の研究成果に対して、中部地方発明表彰文部科学大臣発明奨励賞（平成22年度）と科学技術分野の文部科学大臣表彰科学技術賞（平成26年度）を受賞している。さらに、最近では戦略的創造研究推進事業（CREST）の研究代表者として採択された（H26年度）。

本研究により、大型分析装置を備えた研究室等でしか測定できなかった40種類以上の元素が、その場で短時間かつ高感度に測定可能となった。従来の分析装置は大型で高価なため、工場においては抜き取り検査しかできなかったが、本装置は工場のラインに1台ずつ設置し連続自動計測をすることを可能とする。このため製造業における製造工程の工程管理や、水質・土壌の検査等幅広い分野において活用が期待されている。

本技術は、大学発ベンチャーの株式会社マイクロエミッションにより市販化されており、現在は複数の企業と連携して装置の高度化や高性能化を進めるなど新産業創出に対して積極的に貢献している。

### 7. ナノ粒子触媒の設計に関する研究

#### 【研究科等の研究成果の学術面及び社会、経済、文化面での特徴】

本研究では、従来から課題となっていた高性能触媒を開発するため、独自に開発したナノテクノロジー反応を適用して形状や表面状態を緻密に制御した金属ナノ粒子モデル触媒を調製し、新たな視点に基づく設計指針を導出したものである。本研究では、特に、白金ナノ粒子上に導入した有機表面修飾剤が燃料電池触媒特性を飛躍的に向上させることを世界に先駆けて見出し、画期的な触媒設計指針を提案したことに特徴がある。

#### 【研究科等の研究成果に対する外部からの評価】

ナノテクノロジーの成果を触媒設計に展開したことが高く評価され、権威ある平成24年度石油学会賞を受賞した。現在実施中の独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）固体高分子形燃料電池実用化推進技術開発のプロジェクト（平成22年度～平成26年度）では、触媒コストの低減につながる新しい技術として注目されている。

#### 8. 非食性バイオマスの化成品への転換に関する研究

##### 【研究科等の研究成果の学術面及び社会、経済、文化面での特徴】

昨今、化石燃料の代替資源として、糖類等のバイオマス資源を化成品へ効率的に変換する方法（バイオリファイナリー）の開発が求められている。本研究では、木質系バイオマスに含まれるグルコースを代表とする糖類をフルフラール類へ効率的に変換する新規な固体触媒系を見出した。さらに、フルフラール類の化成品への転換に着目し、酸化反応・還元反応・酸塩基反応を進行させる固体触媒系を見出した。また、空気を用いてアミノ酸類合成を可能とする新規な固体触媒を見出した。

##### 【研究科等の研究成果に対する外部からの評価】

本研究で発表した論文は、日本化学会 Bulletin of Chemical Society of Japan Award を受賞しておりその学術的水準は学会において高く評価されている。本研究の実用的可能性が評価され、平成23年度には、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）戦略的次世代バイオマスエネルギー利用技術開発事業より「急速熱接触熱分解による新たなバイオ燃料製造技術の研究開発」（再委託）、平成24年度に農林水産省委託研究プロジェクト「林地残材を原料とするバイオ燃料の製造技術の開発」（分担）に採択された。

（水準）期待される水準を上回る

（判断理由）学術面においては、発表した論文が分野でトップレベルの学術雑誌に掲載されたり、国内外の学会において多数の招待講演を受けたほか、研究成果が学会賞の受賞や競争的資金の獲得に結び付くなど、高い評価を受けている。また、テレビ、新聞等のマスメディアに取り上げられた研究成果が多数ある。

さらに、平成26年4月発行の「2015年版大学ランキング」（朝日新聞出版）では、トムソン・ロイター社による平成20年～平成24年における論文引用度に関するランキングの「材料科学」分野において全国で第8位にランキングされており、研究水準の高さを示している。

社会・経済・分野面においては、共同研究・受託研究の受入や、大学発ベンチャー企業が示すように、産業界からの評価も高く、社会の要請に応える成果が得られている。

### Ⅲ 「質の向上度」の分析

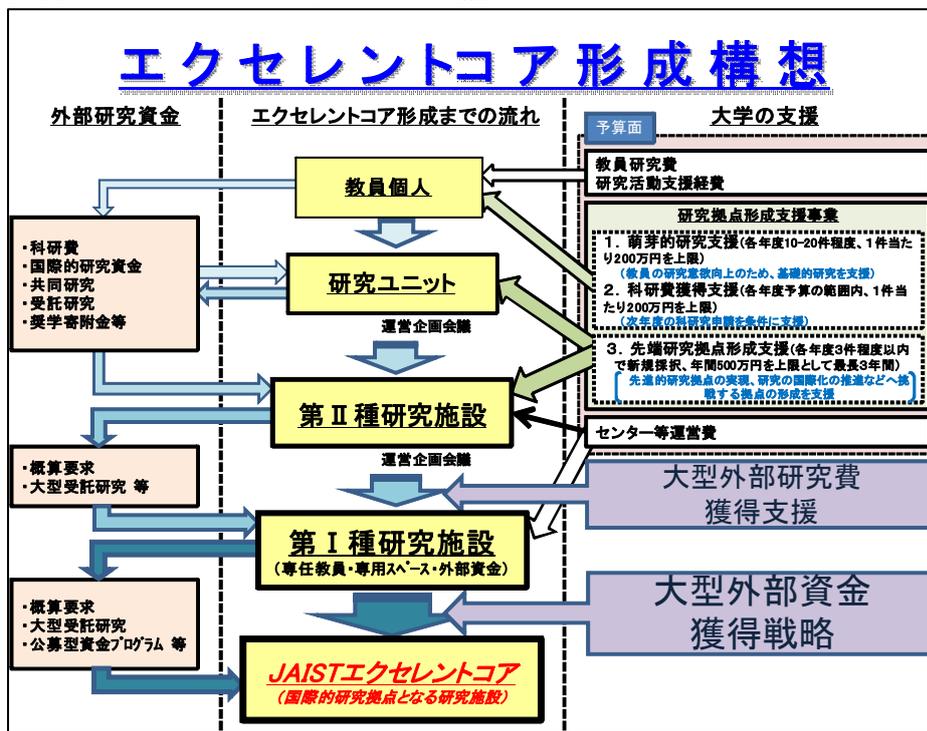
#### (1) 分析項目Ⅰ 研究活動の状況

平成22年度～平成25年度において、第1期中期目標期間終了時点と比較して質の向上があったと判断する研究活動について下記に示す。

#### 1. 本学独自の「エクセレントコア」形成に向けた研究科内での融合研究組織の整備

本学は、平成23年度に、エクセレントコア形成に向けて、研究ユニット、第Ⅱ種センター（研究科教員が兼務して組織する分野融合的な仮想的な研究センター）、第Ⅰ種センター（専任教員及び専用スペースを有する研究センター）の順に、目的や内容に応じて段階的に認定する仕組みを整備した（資料3-1）。

資料3-1 エクセレントコア形成構想



マテリアルサイエンス研究科がカバーする研究分野における融合研究を推進する目的で、以下のセンターを第2期中期目標期間中の平成23年度に設置した。

(平成25年5月1日現在)

	センター長	所属教員内訳
グリーンデバイス研究センター（第Ⅰ種）	下田達也*	教授4名、特任教授1名 准教授4名、特任准教授1名 助教1名、特任助教1名
高資源循環ポリマー研究センター（第Ⅱ種）	寺野 稔*	教授3名、准教授3名
バイオアーキテクチャ研究センター（第Ⅱ種）	芳坂貴弘*	教授3名

\*マテリアルサイエンス研究科教員が兼務

これらのセンターは、社会的要請に即した3つの課題（①革新的製造技術の開発、②低環境負荷・省資源・省エネルギー技術の開発、③革新的機能材料創出による医療分野への応用）に取り組む目的で設置されており、想定される関係者のうち産業界への貢献を目指したものである。

なお、センターの活動・運営状況については、外部有識者を含めた委員によるチェック・

アンド・レビューを実施している。

本学独自の制度である「研究ユニット制度」(既存の組織には一切とらわれずに自由な発想で組織を作り、有望な共同研究活動を発展させるため、5年を超えない範囲の時限組織として、研究ユニットの名称を冠して活動するものをいう。)を活用して、平成22年度以降に新たに「ナノバイオメディカルテクノロジー研究ユニット」と「ソフトメゾマター研究ユニット」の2つの研究ユニットを設置し、研究活動を行っている。研究ユニットは、上述の仮想的な研究センターの前段階にあたるものであり、プロジェクト運営の経験の乏しい若手教員がプロジェクト・マネジメントの経験を得る場としても活用している(資料3-2)。

### 資料3-2 研究ユニット

ユニット名	研究期間
ナノハイブリッドエレクトロニクス研究ユニット	H18年2月～H23年1月
フェムト秒科学に基づいた極限応答材料の開発研究ユニット	H18年5月～H23年3月
先端バイオデバイス研究ユニット	H18年10月～H23年3月
ナノバイオメディカルテクノロジー研究ユニット	H24年7月～H29年6月
ソフトメゾマター研究ユニット	H25年3月～H28年3月

## 2. 外国人教員の積極的な採用

エクセレント形成に向けて、国内外から優秀な研究者の獲得に努めており、外国人教員を積極的に採用している(資料3-3、資料3-4)。本研究科・センターの外国人教員比率は、第1期中期目標期間末の平成22年3月には5.3%であったが、平成25年度末時点で、マテリアルサイエンス研究科の13.3%、グリーンデバイス研究センターの50%、全体では14.8%となっており、4年間で3倍近くに増えている。

### 資料3-3 外国人教員採用数

	H22年度	H23年度	H24年度	H25年度	合計
マテリアルサイエンス研究科	2	3	2	1	8
ナノマテリアルテクノロジーセンター	0	0	0	0	0
グリーンデバイス研究センター		1	1	1	3
計	2	4	3	2	11

### 資料3-4 外国人教員比率(平成26年3月時点)

	全教員数	外国人教員数	比率
マテリアルサイエンス研究科	45	6	13.3%
ナノマテリアルテクノロジーセンター	10	0	0.0%
グリーンデバイス研究センター	6	3	50.0%
計	61	9	14.8%

## 3. ナノテクノロジープラットフォーム事業を通じた産業界への貢献

第1期中期目標期間におけるナノマテリアルテクノロジーセンターの役割は、主に学内の研究活動を支えるコアテクノロジーを提供するものであった。

第2期中期目標期間中(平成24年度)に文部科学省ナノテクノロジープラットフォーム事業「分子・物質合成プラットフォーム」に採択された。ナノテクノロジープラットフォーム

ーム事業は、ナノテクノロジーに関する最先端の研究設備とその活用のノウハウを有する機関が緊密に連携して、全国的な設備の共用体制を共同で構築するものである。本事業を通じて、産学官の多様な利用者による設備の共同利用を促進し、産業界や研究現場が有する技術的課題の解決へのアプローチを提供するとともに、産学官連携や異分野融合を推進することを目的としている。事業を開始した平成 24 年度～平成 25 年度の比較を行うと、利用件数は倍増しており、特に企業による利用が 3 倍以上に増加している（資料 3-5）。

資料 3-5 ナノテクノロジープラットフォーム事業による本学の設備等の利用実績

(単位:件)

年度	実施期間	大学	公的機関	企業	計	(一月当たりの平均件数)
H24 年度	H24 年7月1日～ H25 年3月31日	18	0	7	25	(2.7)
H25 年度	H25 年4月1日～ H26 年3月31日	26	3	23	52	(4.3)

(2) 分析項目Ⅱ 研究成果の状況

平成22年度～平成25年度において、第1期中期目標期間終了時点と比較して質の向上があったと判断する研究成果について下記に示す。

1. エクセレントコア形成構想による研究の活性化

新たに構築した、エクセレントコア形成を目指す段階的な仕組みにより、研究科、研究センター、研究ユニットの各階層において研究活動が活性化するとともに、研究科と各研究センターとの連携による融合研究が推進された。その結果、分析項目Ⅱからもわかるように、ERATO 事後評価をはじめ、国内外の学会における招待講演、世界トップクラスの学術雑誌への掲載、研究科としては法人化以後初めて科研費基盤研究（S）への採択等、研究成果が高い評価を得ており、研究水準が質的に向上したといえる。

2. 研究環境のグローバル化

外国人教員を積極的に採用しキャンパス内のグローバル化を積極的に推進した。その結果、マテリアルサイエンス研究科、ナノマテリアルテクノロジーセンター及びグリーンデバイス研究センターの外国人教員比率は、第1期中期目標期間末の平成22年3月には5.3%であったが、平成25年度末時点で14.8%となった。このことから、研究環境のグローバル化に関しては第2期中期目標期間中に重要な質の変化があったと判断できる。

また、「国立大学における教育の国際化の更なる推進について」（平成25年3月8日 国立大学協会教育・研究委員会）（資料3-6）によると、国立大学の国際化に関して、国立大学の強み・特色を充実させるとともに、各国立大学の様々な取組をより推進し、国立大学全体として大学の国際化に積極的に取り組んでいく必要性が明記されており、具体的な目標として外国人教員比率を2020年までに倍増させることを目指すとある。国立大学全体の外国人教員比率は、約3.4%（本務者）となっており（平成25年5月1日現在「平成25年度学校基本調査」）、本研究科・センターの外国人教員比率（14.8%）は既にその目標値を大きく上回るものであり、全国でも高い水準にある。

資料 3-6 「国立大学における教育の国際化の更なる推進について」

(平成25年3月8日 国立大学協会教育・研究委員会)

<http://www.janu.jp/news/files/20130308-y-020.pdf>