

21世紀COEプログラム 平成14年度採択拠点事業結果報告書

機関名	東京工業大学	学長名	相澤 益男	拠点番号	B07	
1. 申請分野	A<生命科学> B<化学・材料科学> C<情報・電気・電子> D<人文科学> E<学際・複合・新領域>					
2. 拠点のプログラム名称 (英訳名)	分子多様性の創出と機能開拓 (Creation of Molecular Diversity and Development of Functionalities)					
研究分野及びキーワード	<研究分野: 複合化学 >(光物性)(超分子)(低環境負荷物質)(糖化学)(生体機能材料)					
3. 専攻等名	大学院総合理工学研究科・物質電子化学専攻, 化学環境学専攻, 大学院理工学研究科・化学専攻, 物質科学専攻, 応用化学専攻, 化学工学専攻					
4. 事業推進担当者	計 22 名					
ふりがな<ローマ字> 氏名	所属部局(専攻等)・職名	現在の専門 学位	役割分担 (事業実施期間中の拠点形成計画における分担事項)			
(拠点リーダー) YAMAMOTO TAKAKAZU 山本 隆一 ENOKI TOSHIKI 榎 敏明 ASAI SHIGEO 浅井 茂雄 KOSHIHARA SHINYA 腰原 伸也 SUZUKI HIROHARU 鈴木 寛治 DOMEN KAZUNARI 堂免 一成(H16.3.12交替) HARA MICHIKAZU 原 亨和(H16.3.12交替) YAMASHITA YOSHIRO 山下 敬郎 IKEDA TOMIKI 池田 富樹 OSAKADA KOHTARO 小坂田耕太郎 KAKINUMA KATSUMI 柿沼 勝己(H17.4.25交替) IWASAWA NOBUHARU 岩澤 伸治(H17.4.25交替) SUZUKI KEISUKE 鈴木 啓介 TAKAHASHI TAKASHI 高橋 孝志 YOSHIDA MASASUKE 吉田 賢右 TOMOOKA KATSUHIKO 友岡 克彦(H19.1.24辞退) OHTAGUCHI KAZUHISA 太田口 和久 IKARIYA TAKAO 碓屋 隆雄 KURODA CHIYAKI 黒田 千秋 TAMAURA YUTAKA 玉浦 裕 IWAMOTO MASAKAZU 岩本 正和 TAKESHITA KENJI 竹下 健二	大学院総合理工学研究科 物質電子化学専攻・教授 大学院理工学研究科 化学専攻・教授 大学院理工学研究科 物質科学専攻・助教授 大学院総合理工学研究科 物質電子化学専攻・教授 (H18.4.1 所属変更) 大学院理工学研究科 応用化学専攻・教授 大学院総合理工学研究科 物質電子化学専攻・教授 大学院総合理工学研究科 物質電子化学専攻・教授 大学院総合理工学研究科 物質電子化学専攻・教授 大学院総合理工学研究科 化学環境学専攻・教授 大学院総合理工学研究科 化学環境学専攻・教授 大学院理工学研究科 化学専攻・教授 大学院理工学研究科 化学専攻・教授 大学院理工学研究科 合成化学 Ph. D. 分子生物学 理学博士 大学院総合理工学研究科 物質電子化学専攻・教授 大学院理工学研究科 応用化学専攻・助教授 大学院理工学研究科 化学工学専攻・教授 大学院理工学研究科 応用化学専攻・教授 大学院理工学研究科 化学工学専攻・教授 大学院理工学研究科 環境化学 理学博士 大学院総合理工学研究科 触媒化学プロセス 工学博士 大学院総合理工学研究科 化学環境学専攻・教授 大学院総合理工学研究科 環境プロセス 工学博士 大学院総合理工学研究科 化学環境学専攻・助教授	高分子、錯体、有機金属化学 工学博士 物性科学 理学博士 複合材料物性科学 博士(工学) 光物性 博士(理学) 有機金属化学 工学博士 物理化学、光化学 理学博士 物理化学、光化学 理学博士 有機化学 理学博士 高分子、液晶光化学 工学博士 合成化学 工学博士 生物有機科学 農学博士 有機化学 理学博士 有機化学 合成化学 Ph. D. 分子生物学 理学博士 有機合成化学 博士(理学) 生物反応工学 工学博士 有機合成化学 工学博士 化学システム工学 工学博士 環境化学 理学博士 触媒化学プロセス 工学博士 環境プロセス 工学博士	COEプログラム統括 共役系有機材料 マテリアル機能・COEコース・国際化対応教育担当 電子伝導性分子磁性体の開発 マテリアル機能・COEコース 担当 複合材料開発 マテリアル機能・COEコース・国際化対応教育担当 光転移分子集合体 マテリアル機能・COEコース・国際化対応教育担当 多中心有機金属錯体による新反応 マテリアル機能・環境プロセス・COEコース担当 光触媒 マテリアル機能・環境プロセス・COEコース担当 光触媒 マテリアル機能・COEコース・国際化対応教育担当 有機導電材料 マテリアル機能・COEコース・国際化対応教育担当 光-光制御材料 マテリアル機能・COEコース・国際化対応教育担当 機能有機金属化合物開発 バイオ機能・COEコース・国際化対応教育担当 生物生産科学 バイオ機能・COEコース・国際化対応教育担当 高効率有機合成 バイオ機能・COEコース・国際化対応教育担当 複合糖質合成戦略(拠点サブリーダー) バイオ機能・COEコース・国際化対応教育担当 コンビナトリアル合成 バイオ機能・COEコース・国際化対応教育担当 生体分子モーター バイオ機能・環境プロセス・COEコース担当 キラル生理活性分子合成、環境安全管理 バイオ機能・環境プロセス・COEコース担当 バイオシステム 環境プロセス・COEコース・環境安全対応教育担当 環境適合性有機合成プロセスの開拓 環境プロセス・COEコース・環境安全対応教育担当 循環型社会構成のためのシステム安全化、環境適合 環境プロセス・COEコース・環境安全対応教育担当 エネルギー環境化学、環境安全化学 環境プロセス・COEコース・環境安全対応教育担当 環境触媒の開発と新プロセスの創製 環境プロセス・COEコース・環境安全対応教育担当 環境プロセス工学			
5. 交付経費(単位:千円)千円未満は切り捨てる ( ) : 間接経費						
年度(平成)	14	15	16	17	18	合計
交付金額(千円)	150,000	133,000	128,200	129,000 (12,900)	120,350 (12,035)	660,550

## 6. 拠点形成の目的

本プログラムは、本学が志向する「知的資産と人材育成による社会貢献」に資するべく、“分子多様性の創出と機能開拓”をテーマとして、化学分野における中核的教育研究拠点（COE）を形成することを目的とする。当該分野の第一人者である山本隆一教授をリーダーとする20名の事業推進担当者を中心に組織を構成し、最先端の研究を推進するとともに、大学院教育に新機軸を導入して、わが国の将来を担う創造性豊かな人材を育成し、社会に多数輩出することを目指す。

物質創成はあらゆる基礎学術の進歩と新技術開発の基本である。これを本義とする化学分野では、基礎学術研究と実用指向の応用研究とが密に関連し、刺激しあって発展してきた。本学では早くからこの点に着目し、理学、工学の枠にとらわれずに大学院を組織化し、絶えずその改良に努めてきた。中でも化学系大学院教官はこれを積極的に活用し、研究・教育の双方で理工融合の実を挙げており、大学院理工学研究科の設立、総合理工学研究科の新設以来、化学関連の学際領域で人材やカリキュラムの緊密な交換を行ってきた。これらは既に相当の成果を挙げてきたものの、近年の急速な変化（学術研究の高度化、産業界からの新分野開拓の要請、大学院生数の増加、大学院修了者への期待など）により、一層進んだ理工融合教育、新たな研究形態の確立が各方面から強く求められるに至った。この問題は国内外を問わず起きているが、化学を軸とした新分野開拓への期待から、既に欧米諸国はもとよりアジア諸国でも、多彩な新高等研究教育プログラムが出発しているのに対し、我が国はこれに立ち後れた感が強い。したがって、本課題への対応は緊急を要することを強調したい。

本プログラムでは、以上の状況に鑑み、化学系6専攻が研究、教育両面における発展をめざし、“分子多様性の創出と機能開拓”という統一テーマのもと、従来の分野を再編、統合し、新たな科学、産業分野創生に取り組む。さらに、新しい分野の息吹きを原動力とし、社会においてリーダーシップをとることの出来る人材養成を強力に推進する。この目的達成のため、6専攻の特徴を考慮した重点研究3分野を設定し、

研究進展の状況を考慮して資源の集中投資を行う。なお中心テーマに関しては、年度毎に再評価と再設定をアドバイサリーボードの助言等を基に行う。

- (1) マテリアル分子機能：本グループが最も得意とする $\pi$ 電子共役分子を中心とした、伝導、非線形光学等の高度機能高分子材料の開発を中心テーマとする。
- (2) 生命分子機能：蛋白質工学、生合成工学、コンビナトリアル化学、有機合成化学の基盤技術を駆使して、新しい生体機能分子のデザインと開発を行う。
- (3) 環境プロセス機能：本グループが得意とする超臨界媒体を用いた環境低負荷型物質合成プロセスと光機能性触媒開発を中心として、高効率エネルギー利用システムの開拓を行う。

3分野はいずれもその基盤を“分子並びにその集合体”に置いており、化学の特色を最大限に生かした新たな学術分野である。さらにナノテク等今日の国家重点分野、さらにはその未来にとって重要な分野でもある。この種の新分野開拓には、細分化、高度化された理学・工学分野間の緊密な連携を図り、研究の学際化、高度化に対応できる融合型学術基盤を確立することが必要不可欠である。幸い6専攻の構成員は、触媒化学、合成化学、光化学、電気化学、分子生命機械、環境化学等で世界一流の研究実績を多数有し、関連分野の融合的発展に幅広く寄与してきた。これら一流の研究者が行う集中的努力は、応用上の知的恩恵に直結するのみならず、基礎研究における「飛躍へのノウハウ」を得ることを可能ならしめるであろう。新分野を求め教官、学生が共に模索する過程で、広い視野と知的探求心を持って新分野を切り開く、起学、起業の意欲に満ちた高度人材を育成し、本学の建学理念に寄与することこそが本プログラムの最重要目的である。

## 7. 研究実施計画

### 7-1. 研究拠点形成実施計画

本COEプログラムでは、本学の理学系、工学系、研究所などで研究教育にあたっている、分子合成や物理化学手法開発、プロセス化学等の多くの優れた専門家を、“分子多様性の創出と機能開拓”という統一テーマの下、3重点課題（1. 材料、2. 生命、3. 環境・安全）に添った形で明確に整理・集約する（下図参照）。これによって、柔軟かつ動的な共同研究を促し、ナノテクの次代をになう新分野の開拓とその飛躍的な展開を狙う。さらに、創造性豊かな最先端の学術研究に携わる教官、学生が従来の専攻の枠組みを越えて活発に知的交流し、研究成果を生み出すと共に、新たな専門的なエリートを育成することを志向する。具体的研究課題としては、機能性分子開発から分子集団機能解析・設計、さらには応用展開までを行うべく、3重点課題とその中心テーマに沿って専攻横断的に研究グループを組織し、以下の計画を実施する。

#### (1) マテリアル分子機能：

材料分子、特に電気・電子物性、磁性、非線形光学特性等の光電物性を示す $\pi$ 共役系高分子及び高分子集合体の開発と機能解析、さらには新機能開拓を重点的に実施する。またここで得られたアイデアを機能性有機金属化合物、有機-無機複合新物質に拡張する。事業担当教官はいずれも、独創性の高いシーズからの材料分子、分子集合体の開発経験が豊富で、本事業に取り組むための十分な実績を有しており、高寿命の表示素子素材、ナノ・メゾスケール光形状制御材料、高効率可視光エネルギー変換触媒などの成果が期待される。

#### (2) 生命分子機能：

生命分子機能分野は、社会的要請と言う面でも緊急性が高い分野である。本分野では、主に有機合成化学、コンビナトリアル化学、生合成工

学等の基盤技術を駆使して、複合型生理活性物質の効率的合成、高効率創薬プロセスの開発、有用蛋白の機能開拓などを対象とした研究を展開する。これらのテーマは、いずれもポストゲノム時代におけるナノスケール生命化学の新しい分野開拓のきっかけとなるものと期待される。

#### (3) 環境プロセス機能：

本グループは、環境保全のための分子科学及び化学プロセスの研究に取り組む。環境適合性の反応媒体、環境低負荷型の物質合成に向けた新触媒を開発するとともに、化学物質の環境影響評価を行い、合目的化学プロセスへのフィードバックを目指す。

本グループは、二つのキャンパス（大岡山、すずかけ台）に分散した研究者群により構成される、という特別な事情がある。このような状況を打破し、目的達成型の研究グループとして有効に機能させるためには、若手教官・COE研究員・RAの若いグループが集中して重点課題研究に取り組むための研究設備備品の設置と、COE特別研究室の確保、さらには重点課題機器・設備備品運営のための人的資源の集中的配置が必要不可欠である。このための経費を設備備品費ならびに人件費として申請した。また本COE構想の若手構成員、とりわけCOE研究員等に対しては、消耗品等を可能な限り優先的に援助する。このための経費も申請した。加えて、化学分野の特殊要因でもあるが、研究・実験に取り組む若手研究者、RA、学生の安全確保のために、両キャンパス共同で、安全教育プログラムも実施する。このための教材などの経費も消耗品として申請した。さらに大橋、安藤、山瀬、秋鹿等、年齢等の理由から参加不可能な有力教授や名誉教授による、アドバイサリーボードも計画をしている。このような効率的な運用と評価、助言、情報公開によって、研究のリスクの最小化と社会的説明責任を果たすと同時に、本学建学の理念への貢献が可能になると考えている。

## 7-2. 年度別の具体的な研究拠点形成実施計画

### 平成14年度：

COE 特別研究室を確保・整備するとともに、研究施設、実験施設を導入を開始する。特に構造解析装置など分子の基礎的パラメーター測定装置は、この後の研究の基本となるので、現有の共用・専用装置も含め可能な限り共同実験室に早急な設置を行い、集中的管理運営を開始する。共通設備として、分子構造決定システム、計測光システムを導入し、本 COE の目的とする研究活動の高度化、効率化を目指す。材料、生命、環境各グループが情報交換を重ねつつ合成研究を行うための、共同のモデル化学実験室の整備にも着手する。博士学生のうち特に研究能力・知識に優れたものを RA として選抜し、研究に専心従事させる。またこれら RA 学生のリーダーとして、研究経験を持った博士研究員の採用を開始する。組織運営の助言機関としてアドバイザーボードもこの年度に発足させる。

### 平成15年度：

平成14年度に準備に着手した COE 共同実験設備・室の整備を引き続き行うと共に、これを利用して、3重点課題（1. 材料、2. 生命、3. 環境・安全）に関する各種分子、触媒の集中的開発に着手する。まずマテリアル分子機能分野では $\pi$ 共役系分子を中心として、新機能性誘電体や機能性分子磁性体の探索を開始する。また、新ナノプローブと光プローブの組み合わせによる、高効率光触媒開発へ向けた知見の蓄積も開始する。生命分子機能分野においては、分子モーター等生体分子機械を中心とした、たんぱく質の高次構造変化と生命体の動的機能の関連解明に向けた研究を行う。また化学的、生化学的コンビナトリアル合成を用いた効率的創薬プロセスの開拓という野心的試行も開始する。環境プロセス機能分野においては、超臨界流体中での反応による環境低負荷型の物質合成プロセスの開発、並びに超臨界流体中などで用いるための新触媒等の開発に着手する。またこの年度より開設予定の、大学院 COE 総合コースとも連携して、RA としての研究課題の選択や国際シンポジウム開催を通じて、学生の研究へ向けた動機付けを積極的に実行する。ここまでの成果を検討するための外部中間評価を実施

する。

### 平成16年度：

本プログラムの計画研究を材料、生命、環境のそれぞれの分野で充実させるとともに、これらの分野間での情報交換を行い、異分野間における研究成果の実質的な評価や交流をプログラム内で行なう。材料と生命、材料・生命における物質合成と環境、生体関連化学と環境などの複合的な視点から相互の内容についての議論を行う。特にマテリアル分子機能分野では、世界でもほとんど例の無い、分子集合体・超構造の動的機能を探るための動的構造解析技術の開発を行う予定であり、開発した新しい動的構造解析装置、ナノスケール表面反応解析装置に関して、新誘電体等のマテリアル機能開発にとどまらず、創薬プロセスなど他分野の物質評価への応用を積極的に試みる。

### 平成17年度：

前年度までに得られた各分野での研究成果に基づいて、本 COE プログラムを原点とする新しい化学、技術の展開を行い、新産業創生へ向けた交流会なども企画する。海外のトップクラスの研究者による基調講演を軸とする国際シンポジウムを開催し、本プログラムの成果公表とともに、貢献をした大学院生、博士研究員の発表並びにミニシンポジウムを開催してその国際性を高める。

### 平成18年度：

本プログラムの研究並びに教育における成果を総括する。特に3重点課題（1. 材料、2. 生命、3. 環境・安全）に関しては、集中的研究による新分子機能開拓の成果を詳細に分析する。このための、シンポジウムの開催も予定している。また研究成果として得られた各種機能性分子や、その設計概念に関しても、アカデミズム内部での評価に加えて、起学、起業の立場からの有用性と問題点を検討する。得られた検討結果を基にして、他分野専攻、自治体、企業などとも連体し、分子理工学研究体の発足を目指す。さらに、研究プログラムと密接な関連にある大学院 COE 総合コースの成果についても、十分な調査を行い、6専攻共同の新コースの拡張と仮想的専攻など新形態の教育研究体を組織する。

## 8. 教育実施計画

本プログラムにおける教育面では、本学の理念に沿って人材育成の重点を以下の2点におく。

- (1) 高度な専門性の養成：専門分野における国内外でトップクラスの知識、研究能力、経験を持ち、最新の高度な技術を会得するとともに、化学全体に対する明確な問題意識を有する人材を養成する。
- (2) 幅広い視野と見識の涵養：高度な専門性を持ちつつ、広い意味で社会へ貢献する人材を育成する。化学の重要課題である環境や安全の問題に的確に対応し、科学・技術と社会との関係についても幅広い視点から、化学者として正確な対応や議論ができる人材を育成する。

以上の目的達成のため、新大学院コースの創設による選ばれた次世代研究者への援助、複数専攻の共通カリキュラムや環境安全教育の実施拡充、さらに知的財産教育と博士学生の修士教育への積極的参画など、学生の相互刺激に配慮した知的インフラ整備に努める。とりわけ、6専攻教官のCOE共同研究を通じて、大学院生が研究成果や知的恩恵を得ることはもとより、研究現場で博士研究員、大学院生などの次世代研究者と教官が協力して「発見と飛躍のノウハウ」を積み上げ、後代に伝え、啓発することを最重点課題とする。もちろん現在の学生気質の変化や学界や産業界からの要請に応えるためには、大学院教育システムに対して思い切った工夫を実行することが必要となる。このための試行として、以下の具体的な3方策を実施する。

### (1) COE総合コースの創設

COE総合コースの大学院学生として選ばれた者に関しては、指導教官、研究内容、学位の種類等の選択を既存の専攻の枠内にとどめず、積極的に専攻横断型の共同研究作業を遂行する。本コース大学院生のRA及びCOE特別研究員は、専攻横断型研究を基本とする。また、TAとして修士課程大学院生への指導や講義も行うことを推奨する。これにより、幅広い視点をもった、起学、起業と構想力に満ちた若手人材を育成する。なお定員に関しては、6専攻の博士後期課程定員のおおよそ25%をめざす。事業推進担当者を含む6専攻全体の大学院教官、本プログラムの招聘外部教官が本コー

ス学生の研究指導・教育を担当する。このための招聘教官人件費を申請した。

### (2) 大学院博士後期課程の国際化

専門家としての国際性を養成する。6専攻群では、既にフランス交流協定幹事校としての博士課程交換教育、台湾清華大学とのStudent Workshopの定期開催、ユネスコ国際大学院コース等国際化教育に関して多くの実績を積んできた。これをもとに以下の具体的な計画を行う。1) 国外拠点校との博士課程交換教育の一層の推進、2) 博士課程在学中の海外へのインターンシップの奨励、3) 国際学会での研究発表及び討論の日常化、4) 重点3分野における国際シンポジウムの開催。これらの事業により学生が海外で成果を円滑に発表する能力を養成する。

### (3) 環境安全カリキュラム

社会で本大学院修了者が、化学専門家として責任ある言動を行う知的リーダーとしての役割を果たすよう、科学、技術と社会との重要な接点である環境教育、安全教育、倫理教育を充実させる。外部・内部講師によって各専攻の共通カリキュラムとして新たに設立する。少人数討論を講義と併用して知識のフィードバックを図る。PRTR, MSDS, 環境負荷、生態系などについて明確に教育する。この教育を通じて、重点3分野における研究面のみならず、化学の環境安全の教育においても、世界の先導的な役割を果たすことを目指す。

## 9. 研究教育拠点形成活動実績

### ①目的の達成状況

#### 1) 世界最高水準の研究教育拠点形成計画全体の目的達成度

研究については、各年度において20名の事業推進担当者により年間約280-290報の論文（約30報の著書・総説を含む）が報告される成果を挙げた。この中には高いインパクトファクターを持つNature誌、Science誌への掲載論文5報の他、アメリカ科学アカデミー紀要や化学・マテリアルの分野で代表的な学術雑誌であるAngew. Chem. 誌、J. Am. Chem. Soc. 誌、J. Org. Chem. 誌、Organometallics誌、Macromolecules誌、Phys. Rev. 誌等に多くの論文が掲載することができた。また、100件以上の特許を出願した。これらの研究成果は、事業推進担当者の以前からの研究活動水準の高さを表すものであるが、本21世紀COE事業の中でいくつかの共同研究が進む等、より効果的な予想以上の研究成果が得られた。これらの研究成果については、公開シンポジウム等において、1. マテリアル分子機能、2. 生命分子機能、3. 環境プロセス機能の各分野の外部からの専門家に出席を依頼して、評価を受けている。その結果本グループからの発表について各分野の専門家（元日本化学会会長、元北九州市立大副学長等）より高い評価を得ている。さらに、本事業を終えるに当たって、これらの外部からの専門家及び本事業に関与したStorkコロンビア大学教授、山本尚シカゴ大学教授等外国の大学教授5人の外部評価を受け、本事業が研究・教育に大きく貢献したという評価を得ている。

また本21世紀COE事業においては、事業推進のため全学的措置により共同実験室としてCOE化学特別研究室を設け研究を推進することができた。さらに全学の分子研究を進めるために、分子理工学センターを設立してさらなる発展を行なう基礎を確立した。これらの研究を行なう上で、2つのキャンパスにある大学院6専攻の一致した協力を予想越えて得ることができた。

教育においては、①大学院6専攻にまたがる講義、②フランス、台湾、韓国、ドイツ等の大学との連携による学生交流、③ノーベル賞受賞者3名を含む多くの外国人研究者等を招き、講義、講演に接する機会を与える等の成果を挙げ

た。特に大学院6専攻の学生によるコロキウムでは、学生が自分の研究領域を越えた分野の研究に接し討論する良い機会が得られ、また学生の自主的運営を行なうことができ、想定以上の成果を挙げることができた。さらに、フランス（レンヌ第一大学）、台湾（清華大学）、韓国（ポハン工科大学）、ドイツ（マクスプランク研究所）との学生交流を行ない、学生が相手側の学生と積極的な討論を行なうことができ、この討論の様子は予め計画していたものを越えた想定以上のものであった。

#### 2) 人材育成面での成果と拠点形成への寄与

大学院博士後期課程学生については、2,3年生について書類審査及び事業推進担当者とアドバイザーボードメンバー（年齢上事業推進担当者となっていないが、優れた研究・教育を行なっている教授により構成）による面接により、在学生の35-40%のRAを選抜し各研究室における研究を推進させた。このRAを中心に大学院6専攻にまたがるCOE総合コースを設け、特にCOE化学・特別コロキウムでは学生の自主的意見を取入れた高度な教育を行なった。そして、このことにより、学生の意欲が高まり、視野が広まると共に、2つのキャンパスにまたがる6専攻の枠を越えた本事業を推進することができた。さらにポスドク及び学振特別研究員（COE 枠）を採用して若手人材を育成した。また学長裁量スペースによりCOE化学特別研究室を設置し、若手教員に使用してもらい研究を推進した。本事業のさらなる発展のため、事業推進担当者的他に12名の若手教員を加えて「分子理工学センター」を設置し、若手教員を含めた本事業の講演会を開催した。12名の若手教員の約半数はグローバルCOEプログラム拠点形成計画に参加する等、次世代に継げる人材の育成を行なった。このような人材育成により、拠点の研究・教育が大きく進んだ。出願特許にも大学院博士後期課程学生が発明者として加っているものが多く、この様な教育も行なった。

#### 3) 研究活動面での新たな分野の創成と、学術的知見等

研究活動によって、特に以下の新しい学術分野、学術的知見が得られた。すなわち、本事業

のマテリアル分子機能分野では、光によって駆動するポリマーデバイスの新学術分野の創成、 $10^{-12}$ 秒オーダーでの固体相転移解析の新学術分野の創成、電子・光機能性パイ共役分子と高分子の自己集積と機能及び伝導性分子磁性体、機能有機金属化合物に関する学術的知見がある。生命分子機能分野では、ATP合成経路の生化学的モディフィケーションによる解明の新学術分野の創成、また複合糖、抗酸化生理活物質、化学合成機械システムにおける学術的知見がある。また、環境プロセス機能分野では、メゾポーラス材料の創製と機能、二酸化炭素超臨界媒体中の金属錯体触媒反応において環境適応型反応に対して学術的知見を得た。これらの成果はいずれも国際的な学術誌に報告されている。

#### 4) 事業推進担当者相互の有機的連携

20名の各年度の事業推進担当者は、公開シンポジウム(毎年)、事業推進担当者会議(毎年)、国際会議(計5回)、本学のCOE連携の公開シンポジウム(InterCOE21シンポジウム)、日仏ワークショップ、学生の海外交流事業(台湾、フランス等)への同伴、RA選抜の面接の折等において有機的連携する機会を多く持った。また、事業推進担当者の約半分から成る運営委員会を定期的(年約5回)に開き、2つのキャンパスにまたがる6専攻20人の事業推進担当者が連携しながら研究教育を進めた。事業推進担当者同志よく互いの研究室を訪問し合い、共同研究を行なった。

#### 5) 国際競争力ある大学づくりへの貢献度

事業推進担当者の情報交換による新研究の展開、若手研究者への支援、学生の国際交流と外国人研究者による英語の講義、大学院教育におけるCOE総合コースにより、国際競争力のある大学づくりに貢献した。各事業推進担当者は、上記記載の研究教育成果を挙げることにより国際競争力のある大学づくりに貢献した。例えば、平成19年春に発表されたトムソンサイエンティフィック社のデータによると本事業の基礎となる東京工業大学の化学分野における論文引用数は世界順位20位(被引用数64433)で、4位の京都大学(104845)、5位の東京大学

(101948)、11位の大阪大学(73989)に次いでいる。総合大学では医学部や薬学部等からも化学の分野に論文が掲載されることを考慮すると、これらの学部、大学院を持たない理工系から成る本学の化学系は国際競争力を持つ大学の一つであり本事業はこのことに寄与した。また、Storkコロロンビア大学教授(Wolf賞、Noyori賞受賞者)、Tiusハワイ大学教授、Cavalleriオックスフォード大学教授(ヨーロッパ若手研究者賞受賞者、本事業のCOE特任助教授)に数週間-1ヶ月の滞在をしてもらい、各教授の専門分野について大学院生に英語で講義をもらった。国際的に著名なこれらの教授による講義により、国際競争力を向上させることができた。

#### 6) 国内外に向けた情報発信

国内：公開シンポジウム(毎年)、東工大InterCOE21シンポジウム(毎年)、化学イノベーションシンポジウム(平成16年、日本化学会主催、東工大後援)、最終成果報告書の配布を行なった。また、リクルート社、日経BPムック等からの取材に応じ、この結果は成本として出版された。

国外：国際シンポジウム(全体を1回。材料、生命、環境のテーマに分かれて計4回合計5回)、日仏学生シンポジウム(2回)、東工大-清華大学(台湾)との学生国際シンポジウム(3回)、東工大-浦項(ポハン)工科大学(韓国)学生国際シンポジウム(1回)、マクスプランク研究所(ドイツ)との学生交換プログラム(1回)を行なった。外国学術雑誌に掲載された論文に本21世紀COE事業に対する謝辞を記載した。

#### 7) 拠点形成費等補助金の使途について(拠点形成のため効果的に使用されたか)

補助金は、設備備品費(単結晶X線構造解析装置、ダイナミック光散乱解析装置、核磁気共鳴分光器等)、旅費(国際会議等)、RA及び特別研究員等雇用費、事業推進費(化学薬品等)、教育推進(英語教育等)等に効率的・効果的に

使用した。この他全学的措置による補助金を用いた。

## ②今後の展望

本事業の中から発足した「分子理工学センター」を有効に活用して、当拠点で築いた学内の研究教育態勢を維持して行く。研究教育に関するデータベースの維持、安全管理、英語教育等については全学的に実質的に継続して行けるようにする。COE化学特別研究室は若手研究者育成の立場から現在も用いている。今後、これらの組織、体制を活用して化学のものづくりを中心とした研究教育をさらに推進する。また、得られた物質の機能、解析に着目して研究教育を発展させる。そして本事業で得られた成果を基に、グローバルCOEにおいてさらに教育研究を推進して行けることを期待している。

## ③その他（世界的な研究教育拠点の形成が学内外に与えた影響度）

本事業が21世紀COEプログラムに採択されたことにより、研究教育に対する意欲が著しく高められた。また、他の事業では支出困難な大学院博士課程学生を中心とする国際交流事業等への支出が可能となり、世界的な視野を広げ、国際的にも新しいプログラムとして大いに注目された。また、上記のように著名な外国人教授の数週間から1ヶ月程度の長期滞在により、英語で大学院学生に講義を行なう等の事業を21世紀COEプログラムにより実施することができた。



## 21世紀COEプログラム 平成14年度採択拠点事業結果報告書

機関名	東京工業大学	拠点番号	B07
拠点のプログラム名称	分子多様性の創出と機能開拓		
1. 研究活動実績	<p>①この拠点形成計画に関連した主な発表論文名・著書名【公表】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・事業推進担当者(拠点リーダーを含む)が事業実施期間中に既に発表したこの拠点形成計画に関連した主な論文等〔著書、公刊論文、学術雑誌、その他当該プログラムにおいて公刊したもの〕</li> <li>・本拠点形成計画の成果で、ディスカッション・ペーパー、Web等の形式で公開されているものなど速報性のあるもの</li> </ul> <p>※著者名(全員)、論文名、著書名、学会誌名、巻(号)、最初と最後の頁、発表年(西暦)の順に記入</p> <p>波下線( ) : 拠点からコピーが提出されている論文 下線( ) : 拠点を形成する専攻等に所属し、拠点の研究活動に参加している博士課程後期学生</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ T. Yamamoto, M. Arai, H. Kokubo, and S. Sasaki, "Copolymers of Thiophene and Thiazole. Regioregulation in Synthesis, Stacking Structure, and Optical Properties", <i>Macromolecules</i>, <b>36</b>, 7986-7993 (2003).</li> <li>・ T. Yamamoto, B. Lee, I. Nurulla, T. Yasuda, I. Yamaguchi, A. Wada, C. Hirose, M. Tasumi, A. Sakamoto, and E. Kobayashi, "Transfer of Photoenergy in <math>\pi</math>-Conjugated Polymers. Two Types of Photoluminescence that Involve Energy Transfer along a Polymer Chain", <i>J. Phys. Chem. B</i>, <b>109</b>, 10605-10610 (2005).</li> <li>・ T. Yasuda, T. Imase, Y. Nakamura, and T. Yamamoto, "New Alternative Donor-Acceptor Arranged Poly (Aryleneethynylene)s and Their Related Compounds Composed of Five-Membered Electron-Accepting 1,3,4-Triazole, or 3,4-Dinitrothiophene Units: Synthesis, Packing Structure, and Optical Properties", <i>Macromolecules</i>, <b>38</b>, 4687-4697 (2005).</li> <li>・ K. Ohmori, N. Ushimaru, and K. Suzuki, "Oligomeric Catechins: Enabling Synthetic Strategy via Orthogonal Activation and C(8)-Protection", <i>Proc. Nat. Acad. Sci.</i>, <b>101</b>, 12002-12007 (2004).</li> <li>・ K. Ohmori, M. Tamiya, M. Kitamura, H. Kato, M. Oorui, and K. Suzuki, "Regio- and Stereo-Controlled Total Synthesis of Benanomycin B", <i>Angew. Chem. Int. Ed.</i>, <b>44</b>, 3871-3875 (2005).</li> <li>・ H. Takikawa, Y. Hachisu, J. W. Bode, and K. Suzuki, "Catalytic, Enantioselective Aldehyde-Ketone Benzoin Cyclizations", <i>Angew. Chem. Int. Ed.</i>, <b>45</b>, 3492-3494 (2006).</li> <li>・ Y. Kobayashi, K. Fukui, T. Enoki, and K. Kusakabe, "Edge state on hydrogen-terminated graphite edges investigated by scanning tunneling microscopy", <i>Phys. Rev. B</i>, <b>73</b>, 125415-1-8 (2006).</li> <li>・ W. Tu, K. Fukui, and T. Enoki, "Magnetic and Electronic Properties of Palladium Nanoparticles Coated with <math>\pi</math>-Conjugated Tetrathiafulvalenes Derivative", <i>J. Phys. Chem. B</i>, <b>110</b>, 20895-20900 (2006).</li> <li>・ S. Kudo, A. Miyazaki, T. Enoki, S. Golhen, L. Ouahab, T. Toita, and J. Yamada "Pressure effect on bulk weak-ferromagnets: (BDH-TTP) [M (isoq)<sub>2</sub>(NCS)<sub>4</sub>] (M=Cr<sup>III</sup>, Fe<sup>III</sup>; isoq=isoquinoline)", <i>Inorg. Chem.</i>, <b>45</b>, 3718-3725 (2006).</li> <li>・ Y. Tominaga, S. Igawa, S. Asai, and M. Sumita, "Ion-Conductive Properties of Mesoporous Silica-Filled Composite Polymer Electrolytes", <i>Electrochim. Acta</i>, <b>50</b>, 3949-3954 (2005).</li> <li>・ S. Hirota, T. Sato, Y. Tominaga, S. Asai, and M. Sumita, "The effect of high-pressure carbon dioxide treatment on the crystallization behavior and mechanical properties of poly(L-lactic acid)/poly(methyl methacrylate) blends", <i>Polymer</i>, <b>47</b>, 3954-3960 (2006).</li> <li>・ T. Shirahase, Y. Komatsu, Y. Tominaga, S. Asai, and M. Sumita, "Miscibility and hydrolytic degradation in alkaline solution of poly(L-lactide) and poly(methyl methacrylate) blends", <i>Polymer</i>, <b>47</b>, 4839-4844 (2006).</li> <li>・ T. Yamamoto, Y. Fujiwara, H. Fukumoto, Y. Nakamura, S. Koshihara, and T. Ishikawa, "Preparation of a new poly(p-phenylene) type polymer, poly(pyrazine-2,5-diyl), with a coplanar structure", <i>Polymer</i>, <b>44</b>, 4487-4490 (2003).</li> <li>・ M. Chollet, L. Guerin, N. Uchida, S. Fukaya, H. Shimoda, T. Ishikawa, K. Matsuda, T. Hasegawa, A. Ota, H. Yamochi, G. Saito, R. Tazaki, S. Adachi, and S. Koshihara, "Gigantic Photoreponse in 1/4-Filled-Band Organic Salt (EDO-TTF)<sub>2</sub>PF<sub>6</sub>", <i>Science</i>, <b>307</b>, 86-89 (2005).</li> <li>・ S. Koshihara and S. Adachi, "Photo-induced Phase Transition in Electron-lattice Correlated System - Future role of time-resolved X-ray measurement for materials science-", <i>J. Phys. Soc. Jpn.</i>, <b>75</b>, 011005-1-011005-10 (2006).</li> <li>・ H. Suzuki, T. Kakigano, K. Tada, M. Igarashi, K. Matsubara, A. Inagaki, M. Oshima, and T. Takao, "Synthesis, Structures, and Reactions of Coordinatively Unsaturated Trinuclear Ruthenium Polyhydrido Complexes, [Ru(C<sub>5</sub>Me<sub>5</sub>)<sub>3</sub>(<math>\mu</math>-H)<sub>6</sub>](Y) (Y = BF<sub>4</sub>, CF<sub>3</sub>SO<sub>3</sub>, 1/2(SO<sub>4</sub>), C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>CO<sub>2</sub>, CH<sub>3</sub>CO<sub>2</sub>, B(C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>)<sub>4</sub>, PF<sub>6</sub>) and [Ru(C<sub>5</sub>Me<sub>5</sub>)<sub>3</sub>(<math>\mu</math>-H)<sub>3</sub>(<math>\mu</math>-H)<sub>2</sub>]", <i>Bull. Chem. Soc. Jpn.</i>, <b>78</b>, 67-87 (2005).</li> <li>・ Y. Nakajima, H. Kameo, and H. Suzuki, "Cleavage of Nitrogen-Hydrogen Bonds of Ammonia Induced by Triruthenium Polyhydrido Clusters", <i>Angew. Chem. Int. Ed.</i>, <b>45</b>, 950-952 (2006).</li> <li>・ T. Kawashima, T. Takao, and H. Suzuki, "Cleavage of the C<math>\equiv</math>N Triple Bond on the Triruthenium Cluster: Synthesis and Structure of a Triruthenium Complex Containing a <math>\mu</math><sub>3</sub>-Nitrido Ligand", <i>Angew. Chem. Int. Ed.</i>, <b>45</b>, 485-488 (2006).</li> <li>・ A. Takagaki, M. Toda, M. Okamura, J. N. Kondo, K. Domen, S. Hatashi, and M. Hara, "Biodiesel made with sugar catalyst", <i>Nature</i>, <b>438</b>, 178 (2005).</li> <li>・ K. Nakajima, I. Tomita, M. Hara, S. Hatashi, K. Domen, and J. N. Kondo, "A Stable and Highly Active Hybrid Mesoporous Solid Acid Catalyst", <i>Adv. Mater.</i>, <b>17</b>, 1839-1842 (2005).</li> <li>・ M. Okamura, A. Takagaki, M. Toda, J. N. Kondo, K. Domen, S. Hatashi, and M. Hara, "Acid-Catalyzed Reactions on Flexible Polycyclic Aromatic Carbon in Amorphous Carbon", <i>Chem. Mater.</i>, <b>18</b>, 3039-3045 (2006)</li> <li>・ Naraso, J. Nishida, S. Ando, J. Yamaguchi, K. Itaka, H. Koinuma, H. Tada, S. Tokito, and Y. Yamashita, "High Performance Organic Field-Effect Transistors Based on <math>\pi</math>-Extended Tetrathiafulvalene Derivatives", <i>J. Am. Chem. Soc.</i>, <b>127</b>, 10142-10143 (2005).</li> <li>・ S. Ando, R. Murakami, J. Nishida, H. Tada, Y. Inoue, S. Tokito, and Y. Yamashita, "n-Type Organic Field-Effect Transistors with Very High Electron Mobilities Based on Thiazole Oligomers with Trifluoromethylphenyl Groups", <i>J. Am. Chem. Soc.</i>, <b>127</b>, 14996-14997 (2005).</li> <li>・ Naraso, J. Nishida, D. Kumaki, S. Tokito, and Y. Yamashita, "High Performance n- and p-Type Field-Effect Transistors Based on Tetrathiafulvalene Derivatives", <i>J. Am. Chem. Soc.</i>, <b>128</b>, 9598-9599 (2006).</li> </ul>		

- K. Okano, O. Tsutsumi, A. Shishido, and T. Ikeda, "Azotolane Liquid-Crystalline Polymers: Huge Change in Birefringence by Photoinduced Alignment Change", *J. Am. Chem. Soc.*, **128**, 15368–15369 (2006).
- K. Okano, A. Shishido, and T. Ikeda, "An Azotolane Liquid-Crystalline Polymer Exhibiting Extremely Large Birefringence and Its Photoresponsive Behavior", *Adv. Mater.*, **18**, 523–527 (2006).
- M. Yaegashi, M. Kinoshita, A. Shishido, and T. Ikeda, "Direct Fabrication of Microlens Arrays with Polarization Selectivity", *Adv. Mater.*, **19**, 801–804 (2007).
- S. Park, D. Takeuchi, and K. Osakada, "Pd Complex-Promoted Cyclopolymerization of Functionalized  $\alpha, \omega$ -Dienes and Copolymerization with Ethylene to Afford Polymers with Cyclic Repeating Units", *J. Am. Chem. Soc.*, **128**, 3510–3511 (2006).
- J. Kuwabara, D. Takeuchi, and K. Osakada, "Early-Late Heterobimetallic Complexes as Initiator for Ethylene Polymerization. Cooperative Effect of Two Metal Centers to Afford Highly Branched Polyethylene", *Chem. Commun.*, 3815–3817 (2006).
- Y. Suzuki and K. Osakada, "Formation, Dynamic Behavior, and Chemical Transformation of Pt Complexes with a Rotaxane-like Structure", *Chem. Asian J.*, **1**, 331–343 (2006).
- N. Iwasawa, K. Inaba, S. Nakayama, and M. Aoki, "Complexation-Initiated Formal Intramolecular [4+2]-Cycloaddition Reaction for the Construction of Bridged-Type Cycloadducts", *Angew. Chem. Int. Ed.*, **44**, 7447–7450 (2005).
- K. Ukai, M. Aoki, J. Takaya, and N. Iwasawa, "Rhodium(I)-catalyzed Carboxylation of Aryl- and Alkenylboronic Esters with CO<sub>2</sub>", *J. Am. Chem. Soc.*, **128**, 8706–8707 (2006).
- H. Kusama, Y. Onizawa, and N. Iwasawa, "W(CO)<sub>5</sub>(L)-Catalyzed Tandem Intramolecular Cyclopropanation / Cope Rearrangement for the Stereoselective Construction of Bicyclo[5.3.0]decane Framework", *J. Am. Chem. Soc.*, **128**, 16500–16501 (2006).
- H. Tanaka, Y. Ando, M. Wada, and T. Takahashi, "Synthesis of DTPA-Conjugated (1,4) Linked 2-Aminoglycosides Varying in the Anomeric Configuration and their MRI Contrast Effect", *Org. Biomol. Chem.*, **3**, 3311–3328 (2005).
- T. Doi, S. Fuse, S. Miyamoto, K. Nakai, D. Sasuga, and T. Takahashi, "A Formal Total Synthesis of Taxol Aided by an Automated Synthesizer", *Chem. Asian J.*, **1**, 370–383 (2006).
- H. Tanaka, I. Ishida, N. Matoba, H. Tsukamoto, H. Yamada, and T. Takahashi, "Polymer-Assisted Strategy for the Deprotection of Protected Oligosaccharides", *Angew. Chem., Int. Ed.*, **45**, 6349–6352 (2006).
- H. Itoh, A. Takahashi, K. Adachi, H. Noji, R. Yasuda, M. Yoshida, and K. Kinoshita, "Mechanically driven ATP synthesis by F<sub>1</sub>-ATPase", *Nature*, **427**, 465–468 (2004).
- H. Ueno, T. Suzuki, K. Kinoshita, Jr., and M. Yoshida, "ATP-driven stepwise rotation of FoF<sub>1</sub>-ATP synthase", *Proc Natl Acad Sci USA*, **102**, 1333–1338 (2005).
- R. Suno, H. Niwa, D. Tsuchiya, X. Zhang, M. Yoshida, and K. Morikawa, "Structure of the Whole Cytosolic Region of ATP-Dependent Protease FtsH", *Mol. Cell*, **22**, 575–585 (2006).
- A. Wijanarko, K. Asami and K. Ohtaguchi, "The Kinetics of Growth and the CO<sub>2</sub> Concentrating Mechanism of the Filamentous Cyanobacterium Anabaena cylindrica in a Bubble Column", *J. of Chem. Eng. Japan*, **37**, 1019–1025 (2004).
- N. Ogata and K. Ohtaguchi, "Production in Escherichia coli and Application of a Recombinant Carbonic Anhydrase of the Cyanobacterium Anabaena sp. strain PCC7120", *J. of Chem. Eng. Japan*, **39**, 351–359 (2006).
- G. Jiang and K. Ohtaguchi, "Kinetics of Biofilm Formation of a Cyanobacterium on Bioreactor Surfaces", *J. of Chem. Eng. Japan*, **39**, 453–460 (2006).
- M. Watanabe, A. Ikagawa, H. Wang, K. Murata, and T. Ikariya, "The Catalytic Enantioselective Michael Addition of 1,3-Dicarbonyl Compounds to Nitroalkenes Catalyzed by Well-Defined Chiral Ru Amido Complexes", *J. Am. Chem. Soc.*, **126**, 11148–11149 (2004).
- M. Ito, S. Kitahara, and T. Ikariya, "Cp\*Ru(PN) Complexes-catalyzed Isomerization of Allylic Alcohols and Its Application to the Asymmetric Synthesis of Muscone", *J. Am. Chem. Soc.*, **127**, 6172–6173 (2005).
- T. Ikariya, K. Murata, and R. Noyori, "Bifunctional transition metal-based molecular catalysts for asymmetric syntheses", *Org. Biomol. Chem.*, **4**, 393–406 (2006).
- H. Matsumoto, N. Komatsubara, C. Kuroda, N. Tajima, E. Shinohara, and H. Suzuki, "Numerical Simulation of Temperature Distribution inside Microfabricated Free Flow Electrophoresis Module", *Chem. Eng. J.*, **101**, 347–356 (2004).
- 木村直樹, 松本秀行, 黒田千秋, "マイクロ化学プラントのための協調型シミュレーションモデル取得機構", *人工知能学会論文誌*, **21**, [1], 36–44 (2006).
- D. Kobayashi, H. Matsumoto, and C. Kuroda, "Improvement of Indirect Ultrasonic Irradiation Method for Intensification of Emulsion Polymerization Process", Process Intensification and Innovation Process (PI)<sup>2</sup> Conference II, NO. 29, 11 pages, Christchurch, New Zealand (2006–9).
- Y. Tamaura and H. Kaneko, "Oxygen-releasing Step of ZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>/(ZnO+Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>)-system in Air using Concentrated Solar Energy for Solar Hydrogen Production", *Solar Energy*, **78**, 616–622 (2005).
- H. Kaneko, T. Yokoyama, A. Fuse, H. Ishihara, N. Hasegawa, and Y. Tamaura, "Synthesis of New Ferrite, Al-Cu ferrite, and Its Oxygen Deficiency for Solar H<sub>2</sub> Generation from H<sub>2</sub>O", *Int. J. Hydrogen Energy*, **31**, 2256–2265 (2006).
- H. Kaneko, T. Miura, H. Ishihara, S. Taku, T. Yokoyama, H. Nakajima, and Y. Tamaura, "Reactive Ceramics of CeO<sub>2</sub>-MO<sub>x</sub> (M=Mn, Fe, Ni, Cu) for H<sub>2</sub> Generation by Two-Step Water Splitting Process", *Energy*, **32**, 656–663 (2006).
- H. Okada, N. Nakajima, T. Tanaka, and M. Iwamoto, "Improvement in Photocyclization Efficiency of Diaryl Ethenes by Adjusting Pore Size of Mesoporous Silica", *Angew. Chem. Int. Ed.*, **44**, 7233–7236 (2005).
- P. Wu, Y. Liu, M. He, and M. Iwamoto, "Postsynthesis of Hexagonally Packed Porous Zirconium Phosphate through a Novel Anion Exchange between Zirconium Oxide Mesophase and Phosphoric Acid", *Chem. Mater.*, **17**, 3921–3928 (2005).
- M. Iwamoto and Y. Kosugi, "Highly Selective Conversion of Ethene to Propene and Butenes on Nickel Ion-Loaded Mesoporous Silica Catalysts", *J. Phys. Chem. C*, **111**, 13–15 (2007).
- K. Takeshita, M. Tanaka, Y. Nakano, and Y. Seida, "Thermal-Swing Extraction of Cd(II) by Thermosensitive Gel crosslinked with Nitrogen-donor Ligands", *J. Chem. Eng. Japan*, **36**, 1253–1258 (2003).
- K. Takeshita, K. Watanabe, Y. Nakano, and M. Watanabe, "Extraction Separation of Cd(II) and Zn(II) with Cyanex301 and Aqueous Nitrogen-Donor Ligand TPEN", *Solv. Extr. Ion Exch.*, **22**, 203–218 (2004).
- K. Takeshita and T. Masumura, "Extraction Separation of Am(III) and Eu(III) with TPEN Isomer and Decanoic Acid", ACS Symposium Series (Separations for the Nuclear Fuel Cycle in the 21st Century), **933**, 261–276 (2006).

## ②国際会議等の開催状況【公表】

(事業実施期間中に開催した主な国際会議等の開催時期・場所、会議等の名称、参加人数(うち外国人参加者数)、主な招待講演者(3名程度))

- 1) 時期：平成15年3月14日、場所：東京工業大学大岡山キャンパス本館3階第二会議室、名称：21世紀COEプログラム「分子多様性の創出と機能開拓」第1回国際シンポジウム、参加人数：70名(うち外国人参加者数：5名)、主な招待講演者：Dalibor Sames (Columbia Univ.)、Karsten Bolm (Univ. of Aachen)、Guy Ourisson (Louis Pasteur Univ.)
- 2) 時期：平成15年7月24日～25日、場所：東京工業大学大岡山キャンパス西9号館デジタル多目的ホール、名称：21世紀COEプログラム「分子多様性の創出と機能開拓」第2回国際シンポジウム “Dynamical Aspects of Photoexcited States in Condensed Matter”、参加人数：80名(うち外国人参加者数：8名)、主な招待講演者：Andreas Hauser (Univ. of Geneva)、Peter J. Hore (Univ. of Oxford)、小堀康博 (Univ. of Chicago)
- 3) 時期：平成15年11月10日～11日、場所：東京工業大学大岡山キャンパス百年記念館フェライト会議室、名称：21世紀COEプログラム「分子多様性の創出と機能開拓」第3回国際シンポジウム “Structure Analysis of Unstable Excited Species by Time-resolved X-ray Diffraction Technique”、参加人数：100名(うち外国人参加者数：9名)、主な招待講演者：Daniel Chasseau (Univ. of Bordeaux 1)、Philip Coppens (Univ. of Buffalo)、Reinhard Pahl (Univ. of Chicago)
- 4) 時期：平成17年11月22日～23日、場所：東京工業大学大岡山キャンパス西9号館デジタル多目的ホール、名称：21世紀COEプログラム「分子多様性の創出と機能開拓」第4回COE-Chem6国際シンポジウム、参加人数：206名(うち外国人参加者数：11名)、主な招待講演者：Marcus A. Tius (Univ. of Hawaii)、山本 尚 (Univ. of Chicago)、Hung-wen Liu (Univ. of Texas at Austin)
- 5) 時期：平成19年1月7日～10日、場所：慶應義塾大学矢上キャンパス、名称：東京工業大学および慶應義塾大学21世紀COEプログラム<化学・材料分野>共同主催「第2回有機電子移動化学国際シンポジウム” 2<sup>nd</sup> International Symposium on Organic Electron Transfer Chemistry: ISOETC-2007”」、参加人数：270名(うち外国人参加者数：約40名)、主な招待講演者：Ung Chan Yoon (Pusan National Univ.)、James Becker (Ben-Gurion Univ.)、Christian Amatore (Ecole Normale Supérieure)
- 6) 時期：平成14年12月20日～23日、場所：台湾国立清華大学、名称：3<sup>rd</sup> Workshop on Organic Chemistry for Junior Chmists:WOCJC3、参加人数：67名(うち外国人参加者数：32名)、主な招待講演者：Chin-Kang Sha (台湾国立清華大学)、柿沼勝己 (東京工業大学)
- 7) 時期：平成15年5月14日～17日、場所：韓国ポハン工科大学、名称：9<sup>th</sup> Japan-Korea Workshop on Catalysis、参加人数：25名(うち外国人参加者数：13名)、主な招待講演者：Gon Seo (Chonnam National Univ.)、辰巳 敬 (横浜国立大学)
- 8) 時期：平成16年9月24～27日、場所：東京工業大学すずかけ台キャンパスすずかけホール、名称：4<sup>th</sup> Workshop on Organic Chemistry for Junior Chmists:WOCJC4、参加人数：78名(うち外国人参加者数：32名)、主な招待講演者：Rai-Shung Liu (台湾国立清華大学)、山本隆一 (東京工業大学)
- 9) 時期：平成18年3月16日～19日、場所：フランスレンヌ第一大学、名称：France-Japan Symposium on Molecular Materials: Electronics, Photonics and Spintronics、参加人数：111名(うち外国人参加者数：72名)、主な招待講演者：斎藤軍治 (京都大学)、Brice Arnaud (Univ. of Rennes 1)、Didier Astruc (Univ. of Bordeaux 1)
- 10) 時期：平成18年11月23日～26日、場所：台湾国立清華大学、名称：5<sup>th</sup> Workshop on Organic Chemistry for Junior Chmists:WOCJC5、参加人数：76名(うち外国人参加者数：38名)、主な招待講演者：Biing - Jiun Uang (台湾国立清華大学)、鈴木啓介 (東京工業大学)
- 11) 時期：平成19年3月5日～7日、場所：東京工業大学大岡山キャンパス国際交流会館多目的ホール、名称：The Fourth Japan-France Symposium on Molecular Materials: Electronics, Photonics, and Spintronics、参加人数：103名(うち外国人参加者数：54名)、主な招待講演者：Andrea Cavalleri (Univ. of Oxford)、Lahcène Ouahab (Univ. of Rennes 1)、Claude Lapinte (Univ. of Rennes 1)

## 2. 教育活動実績【公表】

博士課程等若手研究者の人材育成プログラムなど特色ある教育取組等についての、各取組の対象（選抜するものであればその方法を含む）、実施時期、具体的内容

### 1) リサーチアシスタント（RA）の選抜および専攻横断型の博士課程COE総合コースの設定

化学系 6 専攻における大学院博士課程学生の候補者から、書類および面接審査によってリサーチアシスタントを選考し、一層の優れた研究活動を奨励、支援した。ウェブサイトで公募の上、RA1（博士課程 1 年に相当）は研究能力、意欲が認められるものを選び、RA2、3（博士課程 2、3 年に相当）では、申請書類および面接によって在学生の 3 分の 1 程度の数を目安に選抜した。支給額は、RA1 は年間約 40 万円、RA2、3 は年間 約 80 万円とした。これらの学生を主な対象とする 6 専攻横断型の COE 総合コースを設置し、研究分野の専門教育に加えて、安全環境教育、関連分野の高度知識、研究発表能力、などを集中的に講義した。具体的な内容は以下の 3 つである。

【COE 化学特別コロキウム】自らの研究分野を他者に分りやすく伝えることを実習すると同時に、他分野の動向や新概念を把握すること、また積極的な議論への参加を通じて創造性を育成することを目指した。分野の異なる学生同士の積極的な切磋琢磨を生かして、いわば武者修行の“学内道場”を設立したといえる。

【COE 化学特別講義】専門分野で卓越した業績をあげている国内外の研究者（1 年に 3 名程度）が行なう、まとまった時間数の特別講義。最先端分野の研究の歴史、当該研究者の研究と内外の関連研究の現状、将来の動向などについて、基本的な原理から応用に至るまでの解説と討論を行った。G. Stork (Columbia 大学、40 日間滞在)、J. S. Siegel (Zürich 大学、3 ヶ月間滞在) など、著名な研究者が拠点に滞在し、博士課程学生の教育にあたり、博士課程学生の国際化を強力に推進した。21 世紀 COE に関する Stork 教授の評価コメントには、組織、プログラムの国際性について、

“Especially valuable from the point of view of Japanese graduate students is that the structure of the program gives them the rare opportunity to interact with the foreign visitor informally and with little time pressure” との称賛が記載された。本拠点の大学院博士課程修了生のもつ潜在能力は高く産業界からも評価されており、平成 14 年～平成 18 年度の修了者のうち約 40%が民間企業における研究開発職に就いている。

【COE 化学環境安全教育】本学では化学・環境安全教育を強力に推進しており、COE プログラムの実施に伴い、若手研究者への環境・安全・安心技術教育責任と、自らの研究活動に対する社会的説明責任を果たすべく、これをさらに体系化・強化した。事業推進担当者と学外の講師が連携して、化学物質の安全、環境についての法規、研究・生産との関連、などについて高密度の講義を行った。21 世紀 COE 関連 6 専攻の大学院(修士、博士)修了者は、いずれも上記の教育による規準を身に付けて社会へ巣立っており、今後、それぞれが活躍する場において化学安全に関し指導的行動をとることができる。

### 2) 学生主体の国際シンポジウム等による国際化

台湾清華大学との学生主導の Workshop、レンヌ大学(仏)との学術交流協定に基づく博士課程学生交換プログラム、国際スクールなどを実施した。それぞれの分野の大学院学生が事業推進担当者をはじめとする教員の推薦をうけて参加した。大学院生主導であるため、参加者も活発な討論や懇親を行なうことができ、同年代の若手研究者との知己を得るにいたった。このような現場での経験を通じて学生の国際的視野が拡大されるとともに、複数の確固とした国際的な拠点間協力が形成された。また、5 年間の COE 講演会の外国人講師は 95 名（内 2 名はノーベル化学賞受賞者）を数え、学生が世界の最先端研究成果を直接知る機会となった。

### 3) 若手研究者や大学院生のための研究インフラの整備

COEの採択とともに学長裁量スペースとして特別研究室が設置され、さまざまな研究者が共通に利用できる実験室が整備された。ここでは若手研究者や大学院生が共通の機器を自由に利用できるようになっており、自由な発想で研究を展開する場が整備された。

### 4) COE特別研究員

博士号をもつ研究者を公募、面接の上で COE 特別研究員を採用した。特定の教員の研究のみにたずさわるのではなく、複数の事業推進担当者の共同研究や拠点内のプロジェクト研究を遂行するために、その知識、経験を活用する主旨で採用された。

## 21世紀COEプログラム委員会における事後評価結果

## (総括評価)

設定された目的は概ね達成され、期待どおりの成果があった

## (コメント)

研究教育拠点形成計画全体について概括すると、貴学の場合、二つのかなり離れたところにあるキャンパスに事業推進担当者が分散しているのは、COEプログラム実施上デメリットになるのではないかと思われたが、COE化学特別研究室の設置や、化学系6専攻を3分野に再編成するなど、見える形で学長や拠点リーダーのマネジメントがほぼ適切に行われた。これが持続的な展開につながっていけば、本プログラムの成功例の1つとなると期待される。総じて、研究水準は高く、世界最高水準の研究教育拠点形成に前進したと言える。

人材育成面では、リサーチアシスタント(RA)を事業推進担当者以外の研究室にも広く配分しており、これが将来的な人材育成にどのように寄与したかについては、必ずしも判然としない。両キャンパス間での学部及び大学院学生の交流・流動化が進めば大きな成果となるであろう。

本プログラムは、教員、大学院生の連携を、特に国際連携によって高めたと評価できる。事業推進担当者相互の連携は改善されたようである。また、薬品管理システムの導入、COE総合コースの設置など、随所に工夫も見られ、プログラムはほぼ適切に遂行され、かなりの成果が挙げられた。

RAの配置や予算配分などを、より重点的に実施するなどの工夫も必要と思われるが、学長裁量経費がかなり投入されていることについては評価でき、全体として、概ね目的は達成されたと評価できる。

補助事業終了後の持続的展開については、「分子理工学センター」を更に効果的に活用し、これまでの取組を継続・発展させるとともに、今後の飛躍を期待したい。