

平成18年度「魅力ある大学院教育」イニシアティブ 採択教育プログラム 事業結果報告書

教育プログラムの名称 : 生命先端工学国際創造教育プログラム
 機関名 : 大阪大学
 主たる研究科・専攻等 : 工学研究科生命先端工学専攻
 取組実施担当者名 : 福住俊一
 キーワード : 機能物質化学、環境関連化学、応用ゲノム科学、応用光学・量子光工学

1. 研究科・専攻の概要・目的

大阪大学大学院工学研究科では大学院重点化以来、先端科学技術を融合した新領域の創成を目指し、平成17年度には先端工学とバイオテクノロジーの融合を目指した生命先端工学専攻を発足させた。この専攻では大学院に別途に英語コースを設け、留学生の博士前期・後期課程の一貫教育を実践している。また、平成17年度から工学研究科内に、生命先端工学専攻を中心として生命フロンティア融合工学研究拠点およびフロンティア産業バイオイニシアティブ国際研究拠点を設けた。この2つの研究拠点は国際的に非常に高い研究ポテンシャルを有し、豊富な外部資金に支えられて活発な研究活動を開始している。本事業の生命先端工学国際創造教育プログラムでは、英語コースで培った豊富な実績と経験、さらに2つの研究拠点の世界トップレベルの最先端研究を基盤に、国際的に幅広い視点で活躍できる人材育成を目指した教育プログラムを実施する。本教育プログラムで育成する人材は、自らの専門領域を深く学び研究するだけでなく、異なる専門領域に独自のアイデアで飛び込む勇気と能力を有するようになる。また、英語でのコミュニケーション能力に優れ、得られた研究成果を国際会議において専門が異なる研究者にもわかりやすく発表できるだけでなく、その研究討議を通じて新しい国際共同研究テーマを立ちあげることもできるようになる。こうして優れた研究成果を国際的にインパクトの高い論文として発表できるだけでなく、特許取得にも積極的に取り組み、科学技術立国としての日本の将来を支える人材を育成する。また、工学研究科生命先端工学専攻の教員数、学生数を表1、表2に示す。

表1 生命先端工学専攻の専任教員数 (平成19年度)

教授	准教授	講師	助教	合計
12名	10名	2名	14名	38名

表2 生命先端工学専攻の学生数 (平成19年度)

	入学者数	在籍者数	入学定員
博士前期課程	79名	171名	65名
博士後期課程	12名	54名	18名

2. 教育プログラムの概要と特色

生命先端工学国際創造教育プログラムでは幅広い視野を有する若手育成と大学院教育の際国際化を目指して以下の取り組みを行なっている。

(1) 幅広い視野を有する自立した若手育成

カリキュラムでは、最先端の物質科学、生命科学、情報科学だけでなく、新融合領域も含めた講義科目も用意されている。また、関連専攻である応用化学専攻および精密科学・応用物理学専攻の講義科目も受講できるシステムになっている。さらに異なる専門分野官の相互乗り入れによる共通専門講義の充実をはかっている。従って、生命先端工学専攻の大学院教育カリキュラムでは、学生の自主性を尊重しながら、化学、物理学、生物学の融合専門教育を行うことが可能となっている。また、学部学生もそれぞれの専門を学んでから、大学院で自由に新たな専門を選択できるようになっており、学部教育と大学



図1. 先端企画ゼミナールの実施風景

院教育の接続および発展を十分考慮している。特に、博士前期課程では特別課題演習を設け、異分野の最先端研究に関する研修を実施している。この場合、違う専門領域での研究を義務づけている。また、博士後期課程では先端企画ゼミ(図1)を設け、新融合領域における研究企画および発表を実施し、研究企画のアイデアの斬新性、研究企画の緻密さ、研究企画書の完成度について全教員が参加してその成績評価を行っている。

(2) 大学院教育国際化の推進

生命先端工学専攻が「イノベーション-英語コース」は、設置されてからすでに5年の実績があり、人気も高く11名の定員に対し、例年100名前後の留学生の応募がある。多数の留学生が在籍しており、日本人学生とも密接に交流し、国際化の教育環境が着実に進行している。平成19年からは新英語コースを設け、定員をさらに拡充している。新たな取り組みとしては、著名な外国人教授を特任教授として短期雇用し、論文作成指導講座を開設している。これにより学生の英文論文作成能力が飛躍的に向上した。また、海外研修支援プログラムを導入し、これまでに国際共同研究で実績のある海外の大学への大学院学生の短期留学を支援している。これにより大学院学生の国際的視野の拡大および国際レベルの研究能力の向上が図られている。一方、国際交流としては、これまで韓国 KAIST との定期セミナー

を実施している。それに加えてこれまでに国際共同研究を行っている複数の海外の大学との国際共同研究セミナーを定期的実施している。その際、学生にすべて企画、運営をまかせることにより、学生の企画・運営・管理能力の向上がはかられている。

大学院における教育は本来研究と一体化して行うべきものであるため、研究面でも新融合領域を創成するため、平成17年度から工学研究科内に、生命先端工学専攻を中心として生命フロンティア融合工学研究イニシアティブおよびフロンティア産業バイオイニシアティブ国際研究拠点を設けている。この2つの研究拠点は国際的に非常に高い研究ポテンシャルを有し、豊富な外部資金に支えられて活発な研究活動を開始しており、産官学の連携も密接である。これらの国際研究拠点が学生の研究活動を密接に指導かつ支援している。そこで得た研究成果は、積極的に国際会議で発表させるだけでなく、学生が企画・運営・管理する国際共同研究シンポジウムで、研究討議の経験を十分に積ませている。また、最終学位審査には積極的に当該分野の第一線の外国人研究者を審査委員に加え、厳密な審査基準を設けることにより国際的にトップレベルの人材育成を行っている(図2)。

生命先端工学国際創造教育プログラム

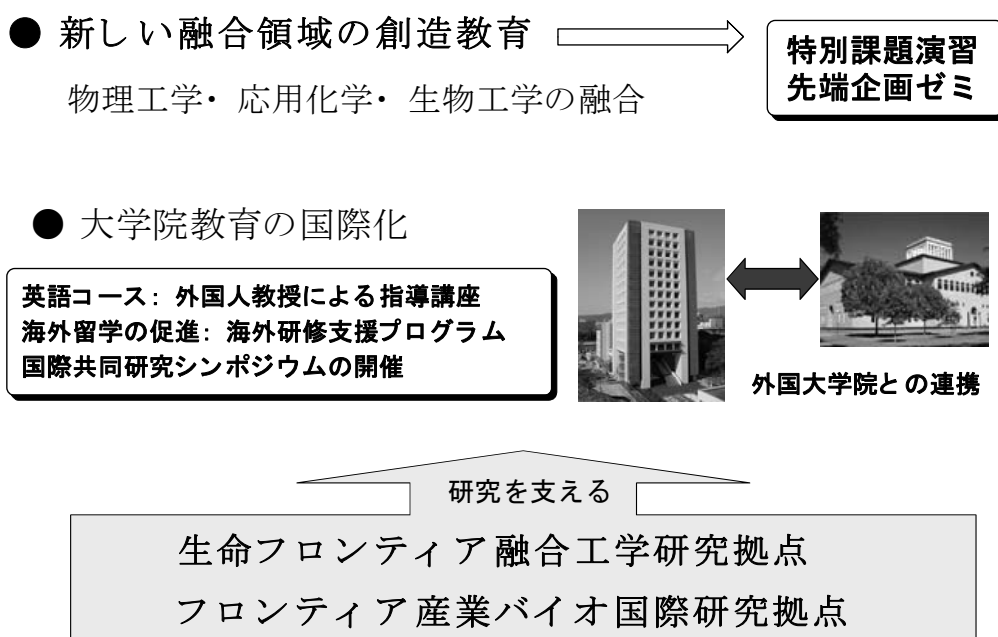


図2. 履修プログラムの概念図

3. 教育プログラムの実施状況と成果

(1) 教育プログラムの実施状況と成果

1-1. 多数の外国人教授による大学院における講義の実施。これにより学生の化学英語理解能力が顕著に向上した。

- Prof. Crossley シドニー大学 (2007. 1. 14～2. 17, 3. 7～3. 16)
- Prof. Guldi エアランゲン-ニュルンベルク大学 (2007. 2. 11～2. 23, 2. 27～3. 14)
- Prof. Kadish ヒューストン大学 (2006. 12. 5～12. 22, 2007. 1. 3～1. 16)
- Prof. Lemmetyinen タンペレ工科大学 (2007. 4. 13～5. 12)
- Prof. D' Souza ウィチタ州立大学 (2007. 6. 12～7. 16)
- Prof. Nelsen オハイオ州立大学 (2007. 6. 14～7. 5)
- Prof. Sessler テキサス大学オースチン校 (2007. 7. 7～7. 28)
- Prof. Nam 梨花女子大学 (2007. 9. 6～9. 7)
- Prof. Lee 梨花女子大学 (2007. 8. 29～9. 18, 10. 10～10. 31, 2008. 3. 11～3. 26)
- Prof. Nocera マサチューセッツ工科大学 (2008. 3. 19～3. 23)

1-2. 海外研修支援プログラム：これまでに国際共同研究で実績のある海外の大学への大学院学生の短期留学を支援した。また、ワシントン大学において博士後期課程に進学予定の前期課程学生を含めて化学英語およびコミュニケーションスキルに関する研修プログラムを実施した。大学院学生の国際的視野の拡大および国際レベルの研究能力が飛躍的に向上した。

○学生招聘 8名

エアランゲン-ニュルンベルク大学：2007. 1. 4～3. 30；フローニンゲン大学：2007. 2. 3～3. 28；ヒューストン大学：2007. 1. 1～3. 1；成功大学：2006. 12. 10～2007. 2. 8；タンペレ工科大学 2名：2007. 4. 1～6. 1；シドニー大学：2007. 4. 12～5. 6；ノートルダム大学：2007. 5. 30～7. 26)

○学生派遣 12名

Chalmers 工科大学：2007. 2. 14～3. 14；オックスフォード大学：2007. 1. 30～3. 31；テキサスA&M大学：2007. 1. 22～2. 22；NIH：2006. 9. 10～10. 10；ハイ

デラバード大学：2006. 12. 8～2007. 2. 10；シドニー大学：2007. 2. 16～3. 22；ワシントン大学：2007. 1. 20～3. 31；NIH：2007. 5. 31～8. 2；フライブルク大学：2007. 10. 2～11. 29；エアランゲン-ニュルンベルク大学：2007. 10. 1～12. 21；ノートルダム大学：2007. 10. 1～12. 22；ピッツバーグ大学：2008. 1. 1～2. 25

1-3. 研究指導支援プログラム：学際領域共同研究における博士課程学生（留学生）による修士課程学生の研究指導に対し、年間120時間程度時給雇用した。このプログラムにより、留学生の研究指導能力の向上だけでなく、日本人大学院学生の英語でのコミュニケーション能力および研究能力が向上した。

1-4. 学生が全権限をもつ、学生が行う、学生のための国際共同研究シンポジウムの開催（写真1）：これにより学生に国際会議の企画・運営能力をつけさせることができた（プログラムを下記に示す）。

International Symposium on Advanced Science and Biotechnology 2007, Sponsored by Initiatives for Attractive Education in Graduate School of Engineering, Osaka University. Hosted by Department of Material and Life Science and Department of Biotechnology, Graduate School of Engineering, Osaka University. Co-hosted by a New Research Organization “Frontier Life Science and Technology” March 7-9, 2007; Hotel Hankyu Expo Park, Osaka, Japan



写真1 シンポジウム開催地のシンボルと研究拠点

GSE Common East, Osaka University (left); Tower of Sun,
Expo Park (right)

Organized by Tatsuaki Nakanishi and Kuwahara
Kastumasa (Osaka University, Japan)

Adviser: Prof. Shunichi Fukuzumi and Shigenori Kanaya
(Osaka University, Japan)

March 7 (Wednesday)

12:30–13:30 Registration

13:30–13:40 Opening Remark: Prof. Shunichi
Fukuzumi (Osaka University, Japan)

[Chairperson: Yuji Mizobe]

13:40–14:10 (IL1) Prof. Mamoru Fujitsuka
(Osaka University, Japan)

‘Energy Migration and Charge
Delocalization Processes in
Photofunctional Molecules’

14:10–14:30 Fabian Spänig,¹ Dirk M. Guldi,¹ M.
Salomé Rodríguez-Morgade,² Tomás
Torres,² and Shunichi Fukuzumi³

(¹Friedrich-Alexander-University of
Erlangen-Nuremberg, Germany;

²Universidad Autónoma de Madrid, Spain;

³Osaka University and SORST (JST),
Japan)

‘Supramolecular

Bis(zincphthalocyanine)-Perylene-3,4,9,10-
tetracarboxylic diimide Ensembles’

14:30–14:50 Makiko Tanaka, Kei Ohkubo, and
Shunichi Fukuzumi

(Osaka University and SORST (JST),
Japan)

‘Photoreductive DNA Cleavage Induced
by UVA Irradiation of Coenzyme’

14:50–15:50 (PL1) Prof. Dirk M. Guldi
(Friedrich-Alexander-University of
Erlangen-Nuremberg, Germany)

‘Carbon Nanotube Nanoconjugates and
Nanohybrids - Electron Donor Acceptor
Interactions’

15:50–16:10 Coffee Break

[Chairperson: Kazuaki Aburaya]

16:10–16:30 Tsuyoshi Watabe, Ichiro Hisaki,
Norimitsu Tohnai, and Mikiji Miyata
(Osaka University, Japan)

‘Hierarchical Interpretation of
Supramolecular Isomerism and
Chirality’

16:30–16:50 Gaku Fukuhara,¹ Takehiko Wada,^{1,2} Yumi
Origane,³ Tadashi Mori,¹ and Yoshihisa
Inoue^{1,3}

(¹Osaka University, ²PRESTO (JST), and
³ICORP (JST), Japan)

‘Supramolecular Photochirogenesis
with Modified Cyclodextrins:
Enantiodifferentiating

Anti-Markovnikov Polar Photoaddition
of Water and Methanol to
1,1-Diphenylpropene Included and
Sensitized by Photosensitizer Appended
 β -Cyclodextrin’

16:50–17:20 (IL2) Prof. Kei Ohkubo

(Osaka University and SORST (JST),

Japan)

‘Development and Application of
Donor-Acceptor Linked Dyads with
Long-Lived Photoinduced
Charge-Separated States’

March 8 (Thursday)

[Chairperson: Tatsuaki Nakanishi]

09:30–10:30 (PL2) Prof. Maxwell J. Crossley

(The University of Sydney,
Australia)

‘New Aspects of Molecular
Recognition’

[Chairperson: Tetsuharu Yuge]

10:30–10:50 Ryoji Tsuruoka,¹ Satoshi Minakata,¹
Yuji Oderaotohi,¹ and Mitsuo Komatsu²

(¹Osaka University and ²Anan
National College of Technology, Japan)

‘Addition-Cyclization of N-Haloamides
to C₆₀’

10:50–11:10 Masashi Toyofuku,¹ Erika Murase,¹
Atsushi Okada,¹ Shin-ichi Fujiwara,²

Tsutomu Shin-ike,² Hitoshi
Kuniyasu,¹ and Nobuaki Kambe¹

(¹Osaka University and ²Osaka Dental

- University, Japan)
 ‘Construction of Carbocycles by
 Intramolecular Carboselenation of
 Alkynes’
- 11:10–11:30 Coffee Break
 [Chairperson: Makiko Tanaka]
- 11:30–12:30 (PL3) Prof. Licheng Sun
 (Royal Institute of Technology
 (KTH), Sweden)
 ‘Solar Energy Conversion into Hydrogen
 in Chemical Systems Inspired by the
 Active Sites of Photosystem II and
 Fe-Hydrogenases’
- 12:30–13:50 Lunch Time
- 13:50–15:00 Poster Session
 [Chairperson: Akira Tanaka]
- 15:00–15:30 (IL3) Dr. Takashi Matsuo
 (Osaka University, Japan)
 ‘Chemistry of Porphynoid in
 Hemoprotein Matrix’
- 15:30–15:50 Yuji Kado,¹ Tsuyoshi Inoue,¹
 Hiroyoshi Matsumura,¹ Yasushi Kai,¹
 Yoshifumi Fukunishi,² Haruki
 Nakamura,³ Takayoshi Kinoshita,⁴
 Isao Nakanishi,⁵ Seiji Minakata,¹
 Mitsuo Komatsu,¹ Masashi Miyano,⁶
 Kosuke Aritake,⁷ Yoshihiro Urade,⁷
 and Tsuneaki Sakata⁸
 (^{1,3,8}Osaka University, ²AIST, ⁴Osaka
 Prefecture University, ⁵Kyoto
 University, ⁶RIKEN SPring-8 Center,
 and ⁷Osaka Bioscience Institute)
 ‘Anti-allergic Drug Design Based on
 the Structure of Hematopoietic
 Prostaglandin D Synthase Complexed with
 its Inhibitor, HQL-79’
- 15:50–16:20 (IL4) Prof. Kazuya Kikuchi
 (Osaka University, Japan)
 ‘Design, Synthesis and Biological
 Application of Fluorescent Sensor
 Molecules, Which Convert Biological
 Signals to Chemical Output’
- 16:20–16:40 Coffee Break
 [Chairperson: Tsuyoshi Watabe]
- 16:40–17:40 (PL4) Prof. Eiichi Kimura
 (Shizuoka University, Japan)
 ‘New Supramolecular Chemistry with
 Macrocyclic Polyamine Ligands—Anion
 Complexes, Zinc Enzyme Models, Gene
 Manipulation, and Molecular Capsule’
- 18:10–20:10 Banquet
- 2008年3月22, 23日にも同様の国際シンポジウムを開
 催した。
 International Symposium on Advanced Science and
 Biotechnology 2008, Sponsored by Initiatives for
 Attractive Education and Global COE Programs March
 22–23, 2008; Hotel Hankyu Expo Park, Osaka, Japan
- March 22 (Saturday)
 13:25–18:55 Registration
 13:55–14:00 Opening Remarks: Shunichi Fukuzumi
 (Osaka University) Chairman: Takahiko Kojima
 (Osaka University) 14:00–14:50 PL1: Prof. Wonwoo Nam
 (Ewha Womans University, Korea) “Mononuclear
 Non-Heme Iron(IV)-Oxo Complexes in Oxygenation
 Reactions”
 14:50–15:40 PL2: Prof. Daniel G. Nocera
 (Massachusetts Institute of Technology, USA)
 “Oxygen Activation and its Relation to the Water
 Splitting Problem”
 15:40–15:55 Coffee Break
 Chairman: Shunichi Fukuzumi (Osaka University)
 15:55–16:25 IL1: Prof. Kazuya Kikuchi (Osaka
 University) “Design, Synthesis and Biological
 Application of Chemical Probes Which Convert
 Biological Signals to Chemical Output”
 16:25–17:25 SPL: Prof. Stephen J. Lippard
 (Massachusetts Institute of Technology, USA)
 “Understanding and Improving the Three Phases of
 Platinum Anticancer Drug Action”
 17:25–17:35 Coffee Break
 17:35–18:50 Poster Session
 19:00–21:00 Banquet
- March 23 (Sunday)
 Chairman: Shinnichiro Suzuki (Osaka University)

9:00-9:50 PL3: Prof. Kenneth D. Karlin (Johns Hopkins University, USA) “Oxidative Reactivity of Mononuclear Superoxo and Hydroperoxo Copper(II) Complexes”

9:50-10:20 IL2: Prof. Shinobu Itoh (Osaka City University) “Reactivity of Mononuclear Alkylperoxo Copper(II) Complexes”

10:20-10:35 Coffee Break

Chairman: Shinobu Itoh (Osaka City University)

10:35-11:05 IL3: Prof. Shinnichiro Suzuki (Osaka University) “Recent Advances in Structural and Functional Studies of Cu-Containing Nitrite Reductases”

11:05-11:55 PL4: Prof. William Tolman (University of Minnesota, USA) “Copper-Sulfur Chemistry From A to Z: Towards Models of the Nitrous Oxide Reductase Active Sites”

11:55-13:20 Lunch Time

Chairman: Takashi Hayashi (Osaka University)

13:20-14:10 PL5: Prof. Julie Kovacs (University of Washington, USA) “How Do Spin-State and Sulfur Oxidation Influence the Reactivity of Thiolate-Ligated Nitrile Hydratase Analogues?”

14:10-14:40 IL4: Prof. Takahiko Kojima (Osaka University) “Redox-Active Coenzymes in a Ruthenium Coordination Sphere”

14:40-15:30 PL6: Prof. Sason Shaik (The Hebrew University of Jerusalem, Israel) “Reactivity Patterns of Cytochrome P450 Enzymes”

15:30-15:50 Coffee Break

Chairman: Kazuya Kikuchi (Osaka University)

15:50-16:20 IL5: Prof. Yasuhisa Mizutani (Osaka University) “Protein Dynamics Probed by Time-Resolved Resonance Raman Spectroscopy: Hemoglobin and Myoglobin”

16:20-16:50 IL6: Prof. Takashi Hayashi (Osaka University) “Functional Role of Each Heme-Propionate Side Chain in Monooxygenase Cytochrome P450cam”

16:50-17:40 PL7: Prof. David Goldberg (Johns Hopkins University, USA) “Synthetic Analogs of the Non-Heme Iron Site in Superoxide Reductase:

Iron-Alkylperoxo Species”

17:40-17:45 Closing Remarks: Kazuya Kikuchi (Osaka University)

(2) 社会への情報提供

研究成果公開支援プログラム：ホームページでの研究成果公開（英文）により最新の研究成果をより早くより詳しく世界に発信した。

4. 将来展望と課題

(1) 今後の課題と改善のための方策

真の国際化を達成するには、国際会議で発表し、論文を書くだけでは十分とは言えない。日常的に外国人と研究生活をともにし、人生および文化についても語ることができる環境がないと、真の国際的リーダーは育成できない。ヨーロッパのエラスムス計画はまさにその考え方に基づいて作成されている。ヨーロッパ大学間ネットワークだけでは不十分であるので、ヨーロッパ域外との連携も始まっている。日本でもアジアの大学間ネットワークにとどまらず、エラスムス計画との連携、北米、オセアニアも含めて全世界の大学院間ネットワークを構築する必要がある。現在、英語コースではすべて英語で大学院の講義を行なっているが、教員の英語による講義のスキルはまだ不十分である。従って、英語で講義をするための海外における研修プログラムの実施が必要である。これについては教育支援プログラムで申請を行なう予定である。

(2) 平成20年度以降の実施計画

本事業の生命先端工学国際創造教育プログラムでは、英語コースで培った豊富な実績と経験、さらに2つの研究拠点の世界トップレベルの最先端研究を基盤に、国際的に幅広い視点で活躍できる人材育成を目指した教育プログラムを実施した。本事業の成果を基に大阪大学化学系（工学研究科、理学研究科、基礎工学研究科）では、平成19年度にグローバルCOEとして「生命環境化学グローバル教育研究拠点」構築について申請を行い、文部科学省のヒアリングを経て採択された（拠点代表：生命先端工学専攻 福住俊一）。このグローバルCOEでは、21世紀の世界、特に資源の乏しい日本にとって最重要課題である地球環境・資源エネルギー問題の根本的解決を図る革新的な先端科学技術を創製し、かつその基本理念

と成果を次世代に継承発展させるため、グローバルな視点から物質と生命との関わりを重視した地球環境化学に関する世界トップレベルの教育研究拠点を形成することを目的としている(図3)。平成20年度以降も本グローバルCOEでは、生命環境化学について幅広い視野から国際的な場で存分に活躍できる人材育成を行う。生命環境化学分野で顕著な業績をあげている外国人教授を招聘して、各化学専門分野の大学院教育におけるEラーニング体制を引き続き網羅的に整備する。また、広く海外から生命環境化学分野の博士研究員を積極的に雇用し、すでに英語特別コースの留学生と共同で教育研究を行なうことができる体制をつくる。海外からの博士研究員および博士課程学生のリクルートには、大阪大学がこれまでに海外連携拠点として設置した、米国サンフランシスコ事務所、オランダグローニンゲン事務所およびタイバンコク事務所(北京、上海の中国科学院にもCOE事務所を設置予定)を最大限活用し、世界トップレベルの人材を集める。また、教育研究体制のバイリンガル化および評価体制の国際化を強力に推進する。

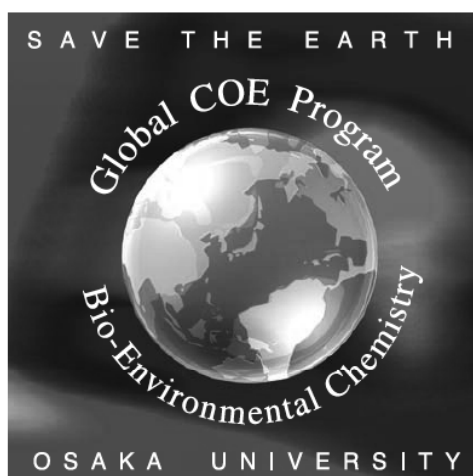


図3. GCOEのシンボルマーク

「魅力ある大学院教育」イニシアティブ委員会における評価

【総合評価】

- 目的は十分に達成された
 目的はほぼ達成された
 目的はある程度達成された
 目的は十分には達成されていない

〔実施（達成）状況に関するコメント〕

異分野融合型の生命先端工学の分野において国際的に活躍できる人材の養成というプログラムの目的に沿った国際化の涵養の取組は、大学院教育の実質化に貢献したといえる。また、博士前期課程で異分野の最先端研究に関する研修、博士後期課程で学生による新融合領域における研究企画および発表とその評価が実施され、成果を上げている。特に、博士課程留学生と日本人修士課程学生との共同研究と教員を交えた指導の方式、学生企画による国際共同研究シンポジウムなどによる自発性・国際性の養成という点の波及効果は大きい。

情報提供については、ホームページによるプロジェクトの内容、実施状況等が示されているが、その結果報告や成果についてより具体的に公表するなど、充実を図ることが望まれる。

今後の自主的・恒常的な展開に向けて、グローバルCOEプログラムの教育研究拠点を中心に、世界規模での学生間の交流ネットワークへの参入を考え、生命環境科学に関して幅広い視野から国際的な場で活躍できる人材の育成を検討しているが、当該拠点でカバーしきれない領域の支援の方策を検討することにより、更なる充実を図ることが望まれる。

（優れた点）

- ・生命科学を中心に化学、物理学、生物学の融合領域における、留学生を取り込んだ国際的な教育環境の実現や論文指導講座、学生による国際共同研究シンポジウムを通じた国際性の涵養という点は高く評価できる。

（改善を要する点）

- ・新融合領域における若手育成に対するより具体的な取組が期待される。特に博士後期課程の留学生がRAとして行う博士前期課程の大学院学生との共同研究を通じた指導において、教員の関わり方をより明確にすることが望まれる。
- ・ホームページ等の充実などにより、本教育プログラムのより具体的な取組の結果、成果について、より積極的に公表することが必要である。