

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

1. 機関の代表者 (学長)	(大学名)	大阪府立大学	機関番号	24403
	(ふりがな<ローマ字>) (氏名)	みなみ つとむ 南 努		

2. 大学の将来構想

大阪府立大学は、旧制の官立大阪工業専門学校、大阪府立化学工業専門学校、大阪獣医畜産専門学校など、7つの専門学校を母体として、昭和24年に設立された新制大学である。現在は、平成17年4月1日の府立3大学（旧大阪府立大学、大阪女子大学および府立看護大学）の再編・統合と法人化を経て、工学部、生命環境科学部、理学部、経済学部、人間社会学部、看護学部、総合リハビリテーション学部（全て研究科を有する）の7学部／研究科および基礎教育拠点としての総合研究教育機構さらに知財本部を置く産学連携機構を有する総合大学となっている。

一方、平成14年度の申請時点においては、工学部、農学部、経済学部、総合科学部、社会福祉学部の5学部および対応する大学院研究科から構成されており、附置の先端科学研究所と合わせて、地域に根ざし世界に通用する高度研究型大学として研究教育の充実に努めてきた。これらの組織の中でも、とりわけ、伝統的な実学志向の工学部と全国的にも数少ない農学部が設立当初より中心的役割を果たしてきたことが本学の特徴である。平成14年度申請のプログラムにおいても工学研究科と、農学生命科学研究科に特徴ある研究教育拠点の形成を目指し将来構想を立ててきた。つまり、工学研究科を中心に3分野、

1. 化学・材料科学分野の「環境調和型の次世代先端材料の科学」、
2. 情報、電気、電子分野の「情報バリアフリーを目指すユビキタス工学」、
3. 学際、複合、新領域の「水を反応場に用いる有機資源循環科学・工学」

また、農学生命科学研究科を中心に1分野

4. 生命科学分野への「生命環境健全化のための生物機能解明と利用」

等であるが、結果的には、3. 「水を反応場に用いる有機資源循環科学・工学」のみが採択された。

この採択された取組は環境化学講座や環境工学講座等を全国に先駆けて設置してきた歴史をもつ本学の環境問題に対する取組実績の延長にある。本学は従来から環境問題に対して深い関心を持っており、例えば、昭和48年に多量の無機有害物質を含む排水を一括処

理する方法が本学教員によって発明された。これをもとに、大学内の実験排水をパイプライン化し、連続的に処理する施設が設計され昭和49年から稼動し、現在も使用されている。この方法は、全国の多くの大学や工場で採用され、最近では大阪湾管理型埋め立て処分地の最終排水処理施設にも採用されている。今回の申請は、このような「環境」における本学の社会的貢献をより発展させるための研究教育拠点作りを目指すものである。特に廃棄有機物の分解過程やそれに続く反応過程で、「水」を反応場に利用しようとする点に最大の特徴がある。亜臨界水、超音波処理、過熱水蒸気処理等を行い、廃棄有機物の有効な分解を図りゼロエミッション型グリーンテクノロジーの開発および「水」を利用した反応場で生じる種々の現象の学術的研究と教育を担う「有機資源循環科学・工学」の研究教育拠点を形成するものである。

本学としては、この採択COE拠点を大学として支援すべく、また、同時に大学改革の中核として、学長を中心とするマネジメント体制の一層の強化を図ることとした。つまり、迅速な意思決定と効率的な大学運営を促進するため、3名の副学長を中心とする学長補佐体制を整備し、学長および副学長を中心とするCOE事業の支援体制を敷く。この支援体制の下、COE事業を本学の最重要課題と位置づけ、COE形成補助金に加えて、学内の経常経費の一部を本事業に重点的に振り当てる特別予算措置を講じ、機器や環境施設などを整備・充実を図る。また、COE事業に関係する研究者に対しては研究費を傾斜配分して事業の促進を図ること。特に、若手研究者や大学院生の研究活動を弾力的に支援する予算システムを構築することなどを掲げた。また、事業の着実な実施に向けて「評価審査委員会」「COE事業推進本部」および「COE事業支援本部」の3つの組織を設けることとした。

特に「評価審査委員会」は学外の研究機関や企業に所属する高い見識を持った数名の委員により構成し、毎年、評価、助言、指導を客観的な立場から行うものとした。学長は、これらの組織を基盤として、COE事業を統括し、短期、中期的な目標とそれらを達成するための戦略を明示し、評価と責任の明確化を徹底しつつリーダーシップを発揮することとした。

3. 達成状況及び今後の展望

平成14年度のCOE拠点立上時において、現在の産学官連携機構（当時の先端科学研究所）内にCOE共同実験室を200㎡、および科学技術共同センター内にCOE分析センターとして90㎡を割当てるとともに、専攻内の施設とは別に本拠点の基礎となる研究教育施設の整備を行った。さらに、平成15年には府議会の承認の下、府費約6000万円を投入し研究教育拠点施設としての「COE資源循環科学・工学研究教育拠点実験棟（200㎡）」の建設を行うなど、大学として本拠点形成に関し積極的な支援を行ってきた。この結果、COE形成補助金による実験設備等の充実と相まって、一連のパイロットスケールプラントを保有するに至るなど、世界のどこにも存在しない、研究教育拠点が形成された。このプラントは単に基礎研究成果の実証のためのみならず、未来の持続可能なエネルギーシステムを創り上げる次代のEngineering Scientistを育てる有効な教育ツールであると評されるなど、拠点教育の重要な中核を担っている。

平成17年度の法人化後の新体制においては、知財本部を持つ産学官連携機構が「COE事業支援本部」となり、事業の展開および成果の社会還元を支援してきた。また、「評価審査委員会」は学外の研究機関や企業に所属する高い見識を持った数名の委員より構成され、一年ごとに、評価、助言、指導を客観的な立場から行ってきた。

本学にとって、このCOE拠点の採択とその後の大学の法人化は、大学の経営および運営にも多大の影響を与えた。つまり、学長のリーダーシップのもと優れた研究教育の取組みに対しては、他に優先して予算措置や施設整備を行えること、とりわけ法人化後においては教育研究総予算の1/2を学長および部局長裁量経費として措置するなど、新しい予算システム構築の契機を与え、分野を超えた戦略的な研究や教育の改革推進に向けての選択と集中による重点投資を可能としたことである。また、学際的・組織的共同研究に向けた教員の取組み意識の变革を誘発する効果ももたらした。さらに、海外からの優れた研究者の招聘、多数の大学院生や共同研究者を始め多くの研究者の国際会議の派遣等、国際的研究教育環境の醸成など高度研究型大学に相応しい研究教育拠点を作り出すことが出来た。

一方、本COE拠点はその成果において、科学・工学の基礎的知見の獲得だけでなく、全く無害な水（亜臨界水）を反応場として廃棄物等を有価物に転換し、

その後の残渣を生物の力も借りてメタン・水素などの新エネルギーに転換するなど、経済的利益を生み出すプロセスとなり、地域産業の活性化はもとより、近隣アジア諸国の抱える問題解決にも大きく貢献しうるなど、地域に支えられる公立大学にとっては極めて重要な役割も果たしている。

本COE拠点の補助金による事業は平成18年度末に終了したが、この事業終了後においても、拠点形成の過程で整備した「COE資源循環科学・工学研究教育拠点実験棟（200㎡）」および「科学技術共同センター内のCOE分析センター（90㎡）」の他、事業継続に必要な施設・資源を引き続き維持するための措置として専任の教員の増員配置および特別予算措置を講じている。また、更なる外部資金の導入などと合わせてポスドクおよび研究員の確保に努め拠点活動のポテンシャルを継承展開させる。また、研究教育拠点活動の核となる組織として、すでに、平成18年12月には学長のリーダーシップの下、拠点リーダーを所長とし、且つ、事業推進の中核メンバーを研究員とするCOE対応の「資源循環工学研究所」を設置し、これを核として平成19年度以降の研究教育拠点活動のさらなる展開を図る。また、すでに、工学研究科博士前期課程にはオプションコースとして「資源循環科学・工学コース」を開設し、また、平成16年度には博士後期課程に「資源循環科学・工学特別講義」を開設するなど、若手研究者を育成する教育体制も整備してきた。これらの教育体制は今後も引き続き展開する。また、国際的に卓越した研究教育拠点を目指す観点から、今後、海外等から著名な研究者の招聘が、現在よりも一層スムーズかつ組織的に展開できるように予算・組織面など法人組織・規則の整備にも既に着手している。なお、上記の「資源循環工学研究所」は本学独自のいわゆるバーチャル型研究所に属するものであるが、特に学長指定の「資源循環工学研究所」にあっては選択と集中の観点から学長の裁量に基づいて人・施設・資金の面で支援することが可能な設置規程としている。

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	大阪府立大学			学長名	南 努	拠点番号	E 1 9
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)	水を反応場にいいる有機資源循環科学・工学 (Science and Engineering for Water-Assisted Evolution of Valuable Resources and Energy from Organic Wastes)						
研究分野及びキーワード	<研究分野：環境学> (水) (有機性廃棄物) (再資源化) (ゼロエミッション) (エネルギー生成・変換)						
3. 専攻等名	工学研究科物質・化学系専攻 (旧名称：工学研究科物質系専攻、平成17年4月1日変更) *1理学系研究科生物科学専攻 細胞機能制御科学分野 (旧名称：先端科学研究所 応用生体科学部門、放射線総合科学研究センター、平成17年4月1日変更) *2工学研究科物質・化学系専攻 マテリアル工学分野 量子線材料科学物性研究グループ (旧名称：先端科学研究所 放射線総合科学研究センター、平成17年4月1日変更)						
4. 事業推進担当者	計 29 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)				
(表頭リーダー) Yoshida Hiroyuki 吉田 弘之 (60)	工学研究科物質・化学系専攻化学工学分野・教授	環境化学工学・工博	研究総括、亜臨界面処理、過熱水蒸気炭化、有機物分離の基礎、高速・高消化率メタン発酵				
Nakamura Hidemi 中村 秀美 (45)	工学研究科物質・化学系専攻化学工学分野・講師	分離工学・工博	亜臨界面処理後の有機物分離・資源化				
Tokumoto Hayato 徳本 勇人 (36)	工学研究科物質・化学系専攻化学工学分野・助手 (平成17年4月1日追加)	生物化学工学・理博	高速・高消化率メタン発酵				
Yasuda Masahiro 安田 昌弘 (38)	工学研究科物質・化学系専攻化学工学分野・講師 (平成14年10月23日交替)	反応工学・工博	亜臨界面処理反応力学				
Ogino Hiroyasu 荻野 博康 (41)	工学研究科物質・化学系専攻化学工学分野・助教授	反応工学・工博	亜臨界面処理水を原料とする水素発酵				
Konishi Yasuhiro 小西 康裕 (52)	工学研究科物質・化学系専攻化学工学分野・教授	微粒子工学・工博	汚泥の脱水、メタン・水素発酵の後処理としての生物脱硫				
Nomura Toshiyuki 野村 俊之 (37)	工学研究科物質・化学系専攻化学工学分野・講師	微粒子工学・工博	汚泥の脱水、メタン生成菌の固定化担体と単離法の開発				
Nagamine Shinsuke 長嶺 信輔 (35)	工学研究科物質・化学系専攻化学工学分野・助手 (平成16年4月1日追加)	微粒子工学・工博	メタン生成菌の固定化担体と単離法の開発				
Watanabe Satoru 綿野 哲 (41)	工学研究科物質・化学系専攻化学工学分野・教授	プロセスシステム工学・工博	過熱水蒸気による資源化プロセスシステム				
Iwasaki Tomohiro 岩崎 智宏 (35)	工学研究科物質・化学系専攻化学工学分野・助手 (平成14年10月23日交替)	プロセスシステム工学・工博	過熱水蒸気による炭化・ガス化・液化・資源化				
Akiyama Tomohiro 秋山 友宏 (46)	工学研究科物質系専攻化学工学分野・助教授 (平成17年3月31日辞退)	材料工学・工博	鉄鋼廃熱利用型水素製造、水素貯蔵合金製造、燃料電池、システム解析				
Terashima Masaaki 寺嶋 正明 (46)	工学研究科物質系専攻化学工学分野・助教授 (平成15年3月31日辞退)	生物化学工学・工博	高速・高消化率メタン発酵				
Wilmer A Galinada ウイルマ-A.ガリナダ (33)	工学研究科物質系専攻化学工学分野・助手 (平成16年3月31日辞退)	環境化学工学・工博	亜臨界面処理の分離・資源化				
Uchida Hirohisa 内田 博久 (35)	工学研究科物質系専攻化学工学分野・講師 (平成16年4月1日追加、(平成17年3月31日辞退)	分離工学・超亜臨界面流体工学・工博	亜臨界面処理プロセス解析				
Kamio Eiji 神尾 英治 (29)	工学研究科物質系専攻化学工学分野・助手 (平成16年4月1日追加、(平成17年3月31日辞退)	分離工学・亜臨界面水工学・工博	亜臨界面処理後の分離・資源化				
Maeda Yasuaki 前田 泰昭 (65)	工学研究科物質・化学系専攻マテリアル工学分野・教授 (退職により平成17年4月1日～0欠特認教授)	環境材料科学・工博	超音波処理によるバイオジェーゼルの生成				
Nishimura Rokuro 西村 六郎 (58)	工学研究科物質・化学系専攻マテリアル工学分野・教授	電気化学・工博	超音波処理によるアルコール濃縮機構の解明				
Inoue Hiroyuki 井上 博之 (44)	工学研究科物質・化学系専攻マテリアル工学分野・講師	材料化学・工博	有機物の超音波処理・資源化				
Bandow Hiroshi 坂東 博 (57)	工学研究科物質・化学系専攻応用化学分野・教授 (平成17年4月1日所属部局変更、旧名称：物質系専攻機能物質科学分野)	環境化学・理博	超音波反応場の物理化学と反応機構解明				
Takenaka Norimichi 竹中 規訓 (45)	工学研究科物質・化学系専攻応用化学分野・助教授 (平成17年4月1日所属部局変更、旧名称：物質系専攻機能物質科学分野)	分析化学・工博	超音波反応場の物理化学と反応機構解明				
Okitsu Kenji 興津 健二 (37)	工学研究科物質・化学系専攻マテリアル工学分野・助手 (平成16年4月1日追加) (平成17年4月1日所属部局変更、旧名称：物質系専攻機能物質科学分野)	超音波化学・工博	超音波反応場の物理化学と反応機構解明				
Shirai Masamitsu 白井 正充 (58)	工学研究科物質・化学系専攻応用化学分野・教授	高分子化学・工博	光架橋・硬化樹脂の開発、亜臨界面処理によるFRPの分解と資源化				
Suyama Kanji 陶山 寛志 (45)	工学研究科物質・化学系専攻応用化学分野・講師 (平成16年4月1日追加)	高分子化学・工博	亜臨界面処理によるFRPの分解と資源化				
Okamura Haruyuki 岡村 晴之 (35)	工学研究科物質・化学系専攻応用化学分野・助手	高分子合成化学・工博	光架橋・硬化樹脂の開発				
Inoue Hiroshi 井上 博史 (38)	工学研究科物質系専攻応用化学分野・助教授 (平成15年3月31日辞退)	電気化学・工博	発電システム、燃料電池、水素貯蔵合金製造				
Hara Masayuki 原 正之 (47)	理学系研究科(生物科学)・教授 (平成17年4月1日所属部局変更、旧名称：先端科学研究所 応用生体科学部門)	生物工学・理博	水共存下放射線処理による資源化				
Furuta Masakazu 古田 雅一 (48)	理学系研究科(生物科学)・助教授 (平成17年4月1日所属部局変更、旧名称：先端科学研究所 応用生体科学部門)	生物工学・農博	水共存下放射線処理による資源化				
Okuda Shuichi 奥田 修一 (55)	工学研究科物質・化学系専攻マテリアル工学分野・教授 (平成17年4月1日所属部局変更、旧名称：先端科学研究所 放射線総合科学研究センター)	放射線材料科学・工博	水共存下放射線処理化学反応の機構解明				
Kojima Takao 小嶋 崇夫 (32)	工学研究科物質・化学系専攻マテリアル工学分野・助手 (平成16年4月1日追加、(平成17年4月1日所属部局変更、旧名称：先端科学研究所 放射線総合科学研究センター)	放射線材料科学・工修	水共存下放射線処理化学反応の機構解明				
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)	1 4	1 5	1 6	1 7	1 8	合 計	
交付金額(千円)	146,000	144,000	109,000	100,000 (10,000)	92,580 (9,258)	591,580	

6. 拠点形成の目的

資源の枯渇、温暖化など現在の地球環境を取り巻く状況は、待たなしのところまで来ている。人類がこの地球上で持続可能な発展を遂げるためには、最少の物質と最少のエネルギーを使って、“資源循環と新エネルギー創生を組み合わせさせた技術”を世に送り出す以外にない。我々は、この切り札として、全く無害でどこにでもある『水』を反応場とし、亜臨界水、超音波、過熱水蒸気、放射線等の外力を加えて利益を生み出し産業を活性化させる技術の開発を実施する。さらに実用に耐えうるプラントまで育て、我々のモデルを発展させ、形成した拠点を核とした国際化を目指す。

本プログラムの新規性は、反応場である“水”自身を桁違いに大きく活性化し、有機性廃棄物の分解、合成、油の抽出を通して各種有価物を創製する点にある。その最大の特徴は、なんら特別な化学薬品を用いないため、完全無害で副作用もなく、時間とともに元の水に戻るため、環境保全の理念に合致した革新的技術といえる。水の活性化手法としては、亜臨界・超臨界、過熱水蒸気、超音波、放射線などについて検討する。

本プログラムでは、まず、“水”を利用した反応場において、1) 各種技術を利用することにより常温・常圧では通常起こらない反応を生じさせ、2) 有価物の分離技術の開発も同時に行い、3) 学術的にその基礎原理を解明し、4) 次いで各操作因子を変化させ、高効率資源化法を考察し、5) 実証規模の装置開発を行える工学的基礎を築く。6) これらの学術的な解明に基づき個々のグリーンテクノロジーへと育て、かつ個々の技術の組み合わせによりゼロエミッション技術へと展開する。7) これらの研究を基に、資源循環科学・工学の国際的研究教育拠点に育て上げる。

図1は研究教育拠点としての概念図であり、最終的に以下の4つの着地点を目指す。

1. 全く無害な水を反応場とし、亜臨界水、超音波、過熱水蒸気、放射線などの外力を加えることにより、廃棄物の70%以上を占める有機性廃棄物を分解し有価物に転換した後、さらに、その残渣を後流で微生物の力を借り新エネルギーを創生するWaste Refinery Engineeringという全く新しい学問体系を構築する。水の化学と生物の協働による低コストで利益を生み出し、雇用の促進、地域経済活性化に寄与するプロセスの構築を目指す。

2. 亜臨界水処理プロセスにおける水の果たす役割、挙動と様々な反応を分子シミュレーションの手法を用いて分子レベルから明らかにする。また、発酵プロ

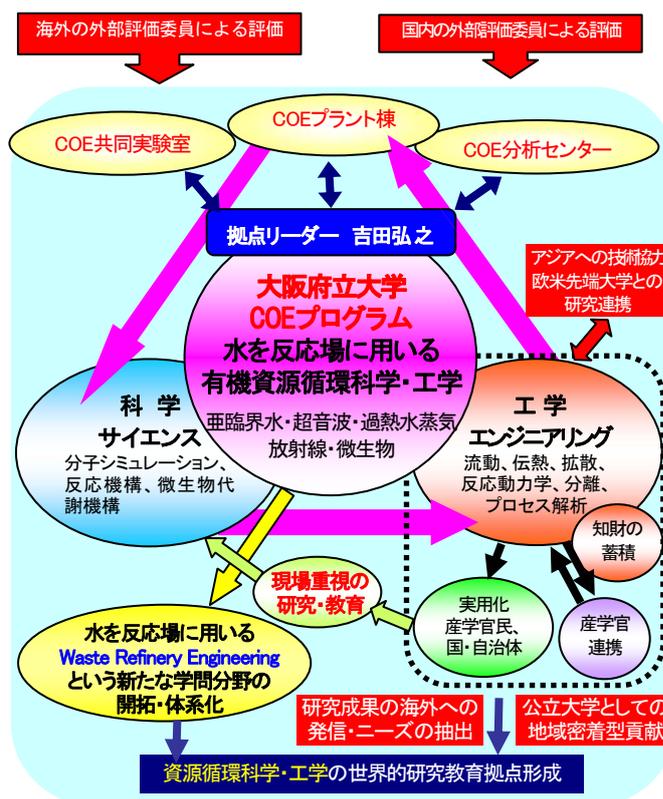


図1 研究教育拠点としての概念図

セスにおける微生物代謝機構など、これらサイエンスの充実を図るとともに、マクロな観点すなわち流動、拡散、伝熱、反応動力学、プラントのプロセス解析、フィジビリティスタディーなどエンジニアリングの観点で理論・実験両面から検討し、新たな水の科学と工学の学問体系を生み出す。

3. 我が国では、大学の研究教育において現場が軽視される傾向が増大している。本プログラムでは現場を重視した研究教育拠点を形成する。現場には数々の新しいサイエンスや工学研究の芽が内在しており、現場から科学の芽を見つけ出し、それを工学にまで高めるとともに産学官連携のもとさらにポリッシュアップを行う。次に産学官民一体となり、実用化装置として世界に広め、東南アジアへの技術移転や欧米の先端大学との研究連携を進める。また、この研究過程を通じて未来の持続可能な資源エネルギーシステムを創り上げる強靱なEngineering Scientistを育て、世界に送り出す。

4. 大阪府立大学という地域密着型公立大学の特徴を生かし、産学官の研究者や国・地方自治体との協体制度を強力に推し進める。

これらの4つの着地点を基盤としたCOE拠点形成を目指し、将来的には有機資源だけでなく、あらゆる資源を対象にした「資源循環科学・工学」の拠点へと発展させる。

7. 研究実施計画

①研究拠点体制の整備

文部科学省からの予算配分を、単純に研究グループに配分するのではなく、分析センターの設立とパイロットプラントの建設に集中配分することとした。21世紀COE分析センターおよびCOE共同実験室を設立し、各種大型分析機器の備品を充実させる。大阪府が学内に建設したCOE実験棟の中に、全く新しい発想に基づく連続式亜臨界水加水分解プラント（最大4 t/d）、有価物の連続分離回収、亜臨界水処理水溶液の残渣からの高速・高消化率メタン発酵、発生したバイオガスの吸着吸蔵装置、ガス発電装置、メタン発酵で製造したバイオガスのVSA式メタンガス高純度化装置、バイクへのメタンガス充填装置、バイオメタンガスバイク走行システムからなる一連のプラントを建設する。また、超音波を用いたバイोजーゼル油の製造、超音波を用いた木材からのリグニンの分離ベンチプラントを建設し、これらのプラントを利用した実用規模での実験と化学工学的な理論解析を実施、個々の技術について実用化を視野に入れた学術的研究を推進する。

②有機資源循環に関わる基礎的研究の推進

1) 水を反応場に用いる有機資源循環科学・工学に関する研究を“基礎と応用”の両面から実施する。有機性廃棄物（下水汚泥、糞尿、食品廃棄物、廃木材など）の物質循環型処理を実現するため、各種有機性廃棄物の亜臨界水処理による分解、合成、油の抽出を行い、有価物が生成する操作条件を明らかにする。また、それら有機性廃棄物の分解反応機構を解明するとともに、その反応速度論を確立する。

2) 亜臨界水処理による異常プリオンの分解無害化の研究として、マウスによる動物実験を行い、不活化のメカニズムを明らかにする。

3) 亜臨界水による水溶性タンパク質からの生分解性プラスチックの高速製造とタンパク質、アミノ酸、有機酸などの分解のメカニズムを解明する。

4) 亜臨界水分解処理により生成する多成分有機物から高付加価値の有価物を分離精製する手法について基礎研究を行うとともに、大量処理を考慮に入れた新規低コスト・実用化規模の連続分離法を開発する。

5) 連続式亜臨界水加水分解プラントの流動・伝熱・拡散・反応速度解析を行い、反応器の設計指針を得る。

6) 超音波照射による廃植物油からのバイोजーゼル燃料の高効率製造、アルコールの高効率分離、超音波照射反応場における化学反応の促進機構の解明、木

材セルロースとリグニンの分離についての基礎研究・実用化研究をベンチプラントを用いて研究する。

7) 亜臨界水加水分解、超音波照射分解の機構と、水の物理化学的状态の関係について学術的に検討し、水の活性の変化に対する基礎的研究を行う。特に、亜臨界状態における水のクラスターの形成等、分子シミュレーションを用いた分子動力学的な立場からの基礎研究を推し進めることで新たな反応場、溶媒としての”水”の機能を明らかにする。

8) 過熱水蒸気炭化の炭化過程の現象解明、炭化装置の試作と基礎実験の実施、反応条件と炭化物、液化物、ガス化物の関係について明らかにするとともに、高性能ガス吸着剤の開発を行なう。

9) 拠点リーダーが提案した亜臨界水処理を前処理とする高速・高消化率メタン発酵ならびに水素発酵における最適な操作条件の探索、大量製造法について検討するとともに、メタン生成細菌の表面電気特性評価に基づく固定化担体と単離法の開発を行なう。さらに、亜臨界水処理およびその後流の高速高消化率メタン発酵において、詳細なフィージビリティスタディーを行い、経済的に利点があることを定量的に確認する。

10) メタンからの水素への転換と新規水素吸蔵合金製造法の開発を行なう。

11) 電離放射線・電磁波を利用した放射線を用いた低分子化機構の解明と有機物分解物からの生分解性プラスチックの合成を試みる。

12) 光分解・水溶解性の有機性硬化樹脂の開発、亜臨界水処理によるFRPの分解資源化を行い、難分解性有機性廃棄物の分解技術の開発を行なう。

③資源循環工学に関する研究所の設立

本プログラムで得られる成果を基盤にし、有機性資源だけに限らず全ての資源を対象とする「資源循環科学・工学の大阪府立大学」として、持続的発展を図るための核となる「資源循環工学研究所」を設立し、その成果を地域の活性化のみならず世界に発信する。

④有機資源循環に関わる情報発信

国際会議に積極的に参加して「水を反応場に用いる有機資源循環」に関わる科学と工学の成果を世界に向けて発信し、同時に技術の国内外への移転を大阪TLO、本学知財本部の協力のもと、強力に進める。また、「21世紀COEプログラム資源循環科学・工学に関する国際会議」を我が国で開催し、COEの研究成果を国内外へ情報発信するとともに、国内外の外部評価委員より研究教育成果に対する評価を毎年受けて、その評価結果を次年度の研究教育活動に反映させる。

8. 教育実施計画

若手研究者や学生が、実際に環境問題で何が問題になっているかを肌で知り、最も大きな問題で緊急且つ避けて通れない有機性廃棄物の資源・エネルギー化の問題解決に参加することは、それ自身極めて教育効果が大きい。図2はCOE拠点としての教育体制を示している。拠点リーダーは、「環境問題の解決には、現場の重視、机上の理論だけではなく実用化を念頭において工学研究が欠かせない」という強い信念を持っている。これを基本理念にする本プログラムでは大阪府立大学という地域密着型公立大学の特徴を生かし、産学官の研究者や国・地方自治体との協力体制を強力に推し進めながら、現場重視の研究教育の拠点を形成してきた。その現場重視の中から、新たな科学の芽を見つけ出し、基礎研究を通して工学に育て上げ、さらに実用化研究を産学官協力して実施し、その成果を現場に戻すという、“現場→科学”、“科学→工学→現場”のコンセプトに基づく新しい大学研究教育体制を確立する。この研究過程を通じて未来の持続可能な資源エネルギーシステムを創り上げる強靱な Engineering Scientistを育て、世界に送り出すことで地域、国家、世界に貢献する。

人材育成においても現場重視の姿勢は変わらず、若手研究者や大学院生に対して、実際の現場における数々の問題点やその解決のための討論を通じて多くを積極的に学ぶように督励する。特に、本プログラムを通じて、“水の科学”を多面的に理解した上に、これらの知見を有機物の資源化プロセスに応用できる国際的視野を持つ若手人材を創出する。これら若手研究者が他大学、研究所、政府機関、地方公共団体、企業等において、循環型社会の構築に向けて先導的な役割を担うものと確信している。

「有機資源循環科学・工学」を専門とする若手人材の育成に関する具体的な教育計画は次の通りである。

①基礎研究の成果を本プログラムで建設する連続亜臨界水処理パイロットプラントで実証する。これを現場として捉え、学生の教育の一つとしてプラントの運転やプロセス解析を実施する。従来の実験室の小スケール実験装置では得られない新たな科学・工学の芽を見つけ出し、それらを研究室に持ち帰り、新たな基礎研究へと発展させる。この研究過程を通じて強靱な Engineering Scientistを育てようとする研究教育の新しい試みを実施する。

②「資源循環科学・工学」に関する大学院教育を充

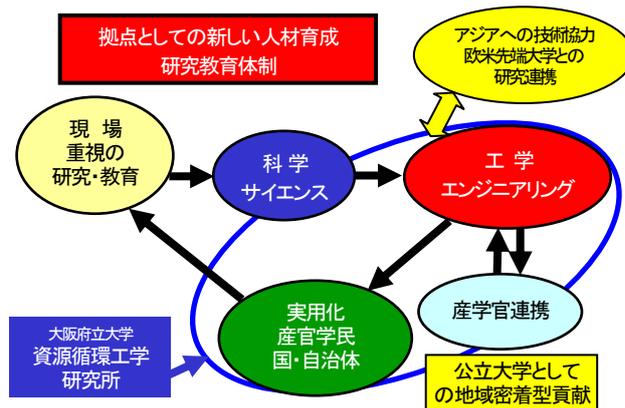


図2 拠点としての研究教育体制

実させる目的で、工学研究科博士前期課程オプションコース「資源循環科学・工学」を組織するとともに、博士後期課程（物質・化学系専攻化学工学分野）に「資源循環科学・工学特別講義」を新設し、この分野の若手研究者を育成する。

③大学院生にインターンシップ制度を設け、実際に企業の現場で就業体験を積むことで、環境分野で何が問題になっているかを肌で知らしめるとともに、一つ以上の新しい研究の芽を見つけることを督励する。

④優秀な博士後期課程学生、本COEプログラムPDには、本工学研究科・助手（助教）に採用できるキャリアパスを制度化する。

⑤本プログラムの全体会議（非公開、年3回開催）、若手勉強会（若手教員、国内外からのPD、大学院生、学部4年生が中心となって年数回開催）において、運営を経験させることはもとより、活発なディスカッションを通して、若手研究者に対して様々な考え方を身に付けさせる。異なる専門分野の研究者が“資源循環”という同じ目的のために各自の専門を活かして、互いに啓発し、協力して研究を進めることで、大幅な研究の進展とともに、若手人材が研究者として大きく成長する機会となる。

⑥国際会議での研究発表を積極的に行わせる他、国外の関連分野の第一線級研究者を招いて「資源循環科学・工学に関する国際会議」を我が国で開催し、そこで大学院生および若手教員に発表させる。

⑦プログラム終了後の研究教育拠点活動の核となる組織として設立する「資源循環工学研究所」では、図2の青の楕円で囲んだ部分の役割、特にアジアへの技術協力・指導とアジアからの学生、研修生の受け入れ、事業推進担当者・PD・院生の派遣、欧米先端大学との研究教育連携などを実施する。

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（達成度：200 %）

本プログラムでは、「拠点実施計画」に則り順調に事業を推進し、「目標・計画」の各事項については想定以上の成果を、または想定どおりの成果を挙げることができた。着地点の一つである“水を反応場に用いるWaste Refinery Engineering”という新たな学問分野の開拓・体系化を目指し、水を極めるというコンセプトのもと、基礎研究を今まで得られた様々な成果を基にして応用・実用化研究にまで発展させ、本COE終了後の「水を反応場に用いる資源循環科学・工学」の世界的拠点の礎を築いた点は想定以上の成果である。「環境問題の解決には、机上の理論だけではなく、実用化を念頭においた工学研究が欠かせない」という拠点リーダーの強い信念を基本理念とする本プログラムでは、産学官の研究者や国・地方自治体との協力体制を強力に推し進めながら、現場を重視した研究教育拠点を形成した。研究活動では、“水”を反応場に用い、亜臨界水、超音波、過熱水蒸気、放射線などの外力を加えて、有機性廃棄物を有価物に転換、残渣を高速・高消化率メタン発酵により新エネルギーとして利用する“Waste Refinery Engineering”という全く新しい学問体系を構築した。基礎研究だけでなく、実プラントの設計・建設・運転に基づいた現場重視の研究教育を実施してきた。人材育成においても現場重視の姿勢は変わらず、この斬新な教育方式により、多くの若手研究者は新しい研究の芽を見だし、基礎研究および応用研究の両面において大きな成果を上げた。この5年間の研究教育成果を基盤にし、平成18年12月1日に『大阪府立大学資源循環工学研究所（学長指定）』を開設するに至った。

国外の著名研究者3名を招聘し、外部評価を受けた。Tester教授（米国MIT、超臨界水、亜臨界水の世界的権威）には、「資源循環に関わる研究でこれほど幅広くかつ高い研究レベルを持ち、世界で類を見ない一連のパイロットプラントを保有している大学は大阪府立大学COEグループ以外、世界のどこにも存在しない。このプラントは単に基礎研究成果の実証理解のためだけでなく、未来の持続可能なエネルギーシステムを創り上げる次代のEngineering Scientistを育てる有効な教育ツールでもある」と高い評価を得た（平成18年3月）。J. W. King教授（米国Arkansas大学、超臨界水、亜臨界水抽出の世界的権威）は「拠点リーダー

の下、事業担当者が推進している基礎研究を含めた亜臨界・超臨界流体の研究は、私がこの生涯に関わった研究のうちで最も素晴らしいものである」と高い評価であった（平成19年3月）。M. Vinatoru博士（米国ReEnergy社顧問、ルーマニア化学アカデミー有機化学研究所主幹研究員兼務、超音波化学の権威）にも、亜臨界水および超音波の実プラントを建設して研究・開発を行っている点に高い評価を得た（平成19年3月）。国内の著名研究者3名（広島大学副学長 岡田光正氏、前大学評価・学位授与機構教授および東北大学名誉教授 徳田昌則氏、ダイセル化学工業元副社長 甲斐 学氏）による外部評価でも、「環境の現場から様々なニーズを抽出し、特に亜臨界水処理に関しては地域分散型の都市型物質・エネルギー循環システムとして利益を生み出し、社会にも通用する新たなシステムをパイロットプラントにまで成熟させた」、「単なる廃棄物処理・処分工学とは違い、全く新しいグリーンプロセス反応のみならず実プロセスに即した分離精製を手がけている」、「大学のみならず、産学官の連携のもとに、研究・開発を進めている」と非常に高い評価を得た。

2) 人材育成面での成果と拠点形成への寄与

（達成度：100 %）

若手研究者や大学院生等に対して、実際の現場における数々の問題点やその解決のための討論を通じて多くを積極的に学ぶように督励した。とくに大学院生や学部4回生には、関連企業の協力の下でインターシップ制度を平成15年度から導入した。このような取り組みが着実に実を結び、拠点形成に大きく寄与できる若手研究者が育った。例えば、徳本助手は、平成14～16年度にPDとして拠点リーダーの指導の下で高速・高消化率メタン発酵について研究を行い、平成17年度には助手として採用できるまでに研究者として大きく成長した。この間に徳本助手は優秀ポスター賞等を3件受賞した（グリーンサステイナブルミストリーネットワーク・GSCポスター賞（平成17年）など）。岡村助手は、光架橋性高分子に関する研究で、第55回ネットワークポリマー講演討論会ベストプレゼンテーション賞（平成17年）、興津助手はソノケミストリー進歩賞（平成17年）を受賞した。大学院生や学部4回生の受賞は11件であった。本プログラムに参加した学生は、“水の科学”を多面的に理解し、これら知見を有機物資源化プロセスに応用できる能力を持ち、他大学、政府機関、企業等において循環型社会の構築に向けて先導的な役割を担うものと確信している。

本COEプログラムの成果を基に国内外で活躍する研究者を輩出した。事業推進担当者であった秋山助教授は北海道大学エネルギー変換マテリアル研究センターへ教授として赴任し、Galina助手は米国テネシー大学G. Guiochon教授のもとで博士研究員となった。PD経験者等は、金沢大学自然科学研究科助手、エジプト・エルメニア大学講師、インドネシア・スラバヤ工科大学研究員、韓国やルーマニアの企業研究員として、本プログラムでの成果を発展させた応用研究を行っている。

3) 研究活動面での新たな分野の創成と、学術的知見等
(達成度：200%)

水を反応場とし、亜臨界水、超音波、過熱水蒸気、放射線などの外力を加えることにより、有機性廃棄物を分解し有価物に転換した後、その残渣を高速・高消化率メタン発酵により新エネルギーとして利用する“Waste Refinery Engineering”という全く新しい学問体系を構築した。このコンセプトに基づけば、有機性廃棄物の全てを有効に使い尽くすことができ、世界の廃棄物問題の多くを解決できる。この観点から研究してきた本COEプログラムでは、研究が進行するに伴い、応用範囲が極めて広いことがわかってきた。例えば、異常プリオンの不活化実証、水溶性蛋白質から生分解性プラスチックを廉価で簡単に合成できる方法の発明、医薬品や健康食品の安全高効率生産などである。この新たな研究分野は、現在一般に行われている原料から直接エネルギーに転換する新エネルギー創生プログラム(コストが高く、いずれ破綻すると思われる)とは全く発想を異にする。本COEプログラムのコンセプトは、水を反応場にし、上記の外力を加えて、まず原料を有価物に転換し物質循環経路に乗せる。その後、残渣を生物の力も借りて新エネルギーに転換するというものである。この化学と生物の協働により、設置すると負の費用が発生するものではなく、利益を生み出す持続可能な資源エネルギー化システムを国内外に提案、供給することが可能となり、雇用の創出、地域産業の活性化にも寄与する。さらに特筆すべき点は、基礎研究の成果をパイロットプラント(亜臨界水処理、有価物の連続分離回収、亜臨界水処理水溶液からの高速・高消化率メタン発酵、バイオガス吸着吸蔵装置、ガス発電装置、VSA式メタンガス濃縮装置、バイオメタンガスバイク走行システム)によって実証したことである。特に亜臨界水処理プラントは、世界唯一の連続処理が可能な縦型反応器(4 t/d)であり、流動・伝熱・反応速度解析による反応器の設計指針を

確立しているところである。

4) 事業推進担当者相互の有機的連携(達成度：100%)

本学大学院工学研究科(物質・化学系専攻)および理学系研究科(生物科学専攻)が協力・連携し、10の研究グループを組織した。各グループは、亜臨界水処理などのプロセスにおける水の果たす役割、挙動と様々な反応機構と動力学を解明するとともに、マクロな観点から有機性廃棄物の資源・エネルギー化に関わるテーマを工学し体系化した。年数回開催した全体会議(非公開)では、各研究グループの研究活動状況を確認し、成果や今後の方針について議論した。さらに、若手勉強会を組織し、研究教育活動の状況を詳細に把握する勉強会や、資源循環に関わる現場の見学会を開催して、現状を把握し、議論することにより研鑽を積んだ。このような活動を通して、異なる専門分野の研究者・学生が、互いに啓発し、協力して研究を進める体制ができあがり、大幅な研究の進展とともに、若手人材が研究者として大きく成長した。

5) 国際競争力ある大学づくりへの貢献度(達成度：150%)

1. アジア諸国との連携 ◎文科省特定領域研究「持続可能な発展のための環境ガバナンス」の依頼により昨年来、中国湖南省で豚糞尿の亜臨界水処理・高速高消化率メタン発酵・ガス発電設備設置の可能性について検討しており、今後、この日中の研究グループとの共同体制をさらに発展させる。◎大阪アジア3R技術サポートコンソーシアムで拠点リーダーが委員の一人であり、本プログラムとの協調体制をとりながら技術移転、技術者・研究者の受け入れ養成、教員、PD、大学院生の派遣を通じて強力な支援を実施する体制を整えた。◎アジア諸国の未利用バイオマスの資源・エネルギー化の展開を図るため、“民”の大きな国際活動組織であるNGOオイスカとの協調協力体制を既に整えている。2. 欧米先端大学との連携 前述のJ. W. Tester 教授、J. W. King 教授、M. Vinatoru 博士、またA. Morgenstern 教授(ドイツMagdeburg大学、連続クロマト分離)との研究連携を始められるところまで進めた。

6) 国内外に向けた情報発信(達成度：200%)

この5年間の研究成果を184件の学術雑誌、論文として発表した。国際会議や国内学会に積極的に参加し、5年間で国際会議発表数は238件、国内学会発表数は473件であった。また、「資源循環科学・工学に関する国際会議」を本学において2回開催し、研究成果を発表した(第1回：基調講演1件、成果概要の口頭発表

10件、ポスター発表74件、参加者275名；第2回：基調講演1件、成果概要の口頭発表10件、ポスター発表122件、参加者424名）。さらに、本プログラムで開発した技術の民間への移転を大阪ILO、本学産学官連携機構の協力を得て強力に進めた（5年間の特許48）。国内外への反響を表す例としては以下③に記載した。

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）（達成度：100%）

“予算のばら撒き”は行わずに、各種分析機器の整備、パイロットプラントの建設、さらにポスドク研究員、博士後期課程学生（DC）等の若手人材の確保のために、効率的・効果的に補助金を使用した。とくに、15種類の大型分析機器等を購入し、COE分析センター、COE共同実験室に設置する備品を充実させた。学内COE実験棟には、前述した通り、亜臨界水加水分解プラントなど一連のパイロットプラントを建設した。

②今後の展望

大阪府立大学資源循環工学研究所では、本COEプログラムの研究を継続発展させるとともに、研究成果の海外へ発信、アジアへの技術移転・指導とアジアからの学生、研修生の受け入れ、地域、国内及び海外のニーズの抽出、産学官民連携研究教育の拠点形成などを担い、今後、水を反応場に用いる資源循環科学・工学の世界的研究拠点の形成を盤石なものとする。

具体的な展望を以下に示す。1. 現場重視の研究教育 我々は、平成14年度本プログラムに採択された時点から、現場重視の研究教育方針を堅持し、今後もこの方針を基本とする。現場から科学の芽を見出し、それを工学にまで高めるとともに産学官連携のもとにポリッシュアップを行う。次に産学官民一体となり、実用化装置として世界に広める。この研究過程を通じて強靱なEngineering Scientistを育て、世界に輩出する。2. アジアへの技術移転、研究者技術者の養成強化 現状のまま進行すれば、アジアが地球を滅ぼす元凶になりかねない。本プログラムにおいて蓄積する科学・工学・技術をもとに、アジア特に中国、東南アジアからの学生の受け入れや本事業推進担当者、PD、院生の派遣などを通して、アジア諸国の研究者、技術者の養成を強化する。さらに産学官民一体となり技術移転をめざす。3. 海外の先端研究者との連携・交流の強化 現在交流のあるJ. W. Tester 教授、J. W. King 教授、A. Morgenstern 教授との連携を強化し、研究者、学生の相互交流、短期滞在などを通じて研究成果のグローバル化と世界的視野を持つ若手研究者の育成をめざす。

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）

拠点リーダーが大阪府エコエリア構想に立案・参画し、環境省・経済産業省のエコタウン事業の支援のもと、本学COE亜臨界水処理プラント（4 t/d）を70 t/dにスケールアップした商用プラントが大阪府エコタウンにおいて平成19年1月から商用運転を開始したが、この過程で拠点リーダーが全面的に技術協力した。同様のプラント建設希望の問い合わせが10件以上も来ており、今後さらに広がるものと思われる。国外からは、2008年のスペイン万博「水と持続可能な開発」から本学COEプラントを会場に建設設置したいとの強い要請が来ており、もし亜臨界水処理技術がこの場で紹介されると世界的な研究教育拠点として大きく飛躍できる。

JST平成17年度（第2回）「独創的シーズ展開事業 委託開発」（課題名：亜臨界水処理による鶏由来副生物からの有用成分抽出装置、代表研究者：本COE拠点リーダー、委託企業：三菱長崎機工（株））に採択されたテーマを積極的に推進し、産学連携をより強固なものとして、本学が技術移転の拠点としての形態を備えつつある状況を国内に強烈にアピールした。その他、生分解性プラスチックの製造、プリオンの不活化と牛危険部位の資源エネルギー化（厚生労働省に法改正を要望）、新規食品製造法、下水汚泥のエネルギー化など様々な分野での共同研究を実施、または実施予定である。地元である近畿経済産業局や堺市との共同研究体制も整いつつある。例えば、「亜臨界水処理技術を前処理に用いた下水汚泥等有機性廃棄物によるメタン・水素製造事業、リン資源回収事業」、「廃天然繊維製品等のカスケーディング活用に係わる3Rシステム調整事業」、「水溶性タンパク質の亜臨界水処理による生分解性プラスチックの合成」について、基礎研究の成果を基にフィージビリティスタディ等様々な観点から事業化の検討を行った。さらに、北海道での亜臨界水技術を利用したホタテのウロの資源・エネルギー化、淡路島や徳島県との亜臨界水技術を利用した下水汚泥の処理による新エネルギー構想を通して、国内連携体制の強化を推進してきた。このように、産学連携が現実のものとなり、本学が研究教育拠点として学外に大いに影響を与えた。

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	大阪府立大学	拠点番号	E 1 9
拠点のプログラム名称	水を反応場に用いる有機資源循環科学・工学		
<p>1. 研究活動実績</p> <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> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;"> <ul style="list-style-type: none"> ・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〕 ・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 <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（<u> </u>）：拠点からコピーが提出されている論文</p> <p>下線（<u> </u>）：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> </div> <ul style="list-style-type: none"> ・ M. Bessho, T. Kojima, S. Okuda, and M. Hara, The Radiation-induced Cross-Linking of Gelatin by Using γ-rays: Insoluble Gelatin Hydrogel Formation, <i>Bulletin of Chemical Society Japan</i>, 80, 979–985 (2007). ・ H. Nakui, K. Okitsu, Y. Maeda, and R. Nishimura, Effect of Coal Ash on Sonochemical Degradation of Phenol in Water, <i>Ultrasonics Sonochemistry</i>, 14, 191–196 (2007). ・ T. Nomura, A. Yoshihara, T. Nagao, H. Tokumoto, and Y. Konishi, Effect of the Surface Characteristics of <i>Methanosarcina barkeri</i> on the Immobilization to Support Materials, <i>Advanced Powder Technology</i> (2007) (in press). ・ T. Nomura, S. Araki, T. Nagao, and Y. Konishi, Resource Recovery Treatment of Waste Sludge Using Solubilizing Reagent, <i>Journal of Material Cycles and Waste Management</i>, 9, 34–39 (2007). ・ M. Shirai, Reworkable UV Curing Materials, <i>Progress in Organic Coatings</i>, 58, 158–165 (2007). ・ C. Stavarache, M. Vinatoru, and Y. Maeda, Aspects of Ultrasonically Assisted Transesterification of Various Vegetable Oils with Methanol, <i>Ultrasonics Sonochemistry</i>, 14, 380–386 (2007). ・ C. Stavarache, M. Vinatoru, Y. Maeda, and H. Bandow, Ultrasonically Driven Continuous Process for Vegetable Oil Transesterification, <i>Ultrasonics Sonochemistry</i>, 14, 413–417 (2007). ・ K. Suyama, M. Kubota, M. Shirai, and H. Yoshida, Degradation of Crosslinked Unsaturated Polyesters in Sub-Critical Water, <i>Polymer Degradation and Stability</i>, 92, 317–322 (2007). ・ W. Abdelmoez and H. Yoshida, Synthesis of a Novel Protein-Based Plastic Using Sub-Critical Water Technology, <i>AIChE Journal</i>, 52, 2607–2617 (2006). ・ W. Abdelmoez and H. Yoshida, Simulation of Fast Reactions in Batch Reactors Under Sub-Critical Water Condition, <i>AIChE Journal</i>, 52, 3600–3611 (2006). ・ N. Inoue, M. Bessho, M. Furuta, T. Kojima, S. Okuda, and M. Hara, A Novel Collagen Hydrogel Cross-Linked by Gamma-Irradiation in Acidic pH Condition, <i>Journal of Biomaterials Science Polymer Edition</i>, 17, 837–858 (2006). ・ T. Iwasaki, T. Kuroda, S. Ichio, M. Satoh, and T. Fujita, Seeding Effect on Crystal Growth in Hydrothermal Synthesis of Layered Octosilicate, <i>Chemical Engineering Communications</i>, 193, 69–76 (2006). ・ 小西康裕・野村俊之（分担）, 『光合成微生物の機能と応用』, シーエムシー出版, (2006). ・ H. Okamura, K. Shin, and M. Shirai, Photocrosslinking System Using Multifunctional Epoxy Crosslinkers Having Degradable Properties, <i>Polymer Journal</i>, 38, 1237–1244 (2006). ・ <u>K. Okitsu, T. Suzuki, N. Takenaka, H. Bandow, R. Nishimura, and Y. Maeda, Acoustic Multibubble Cavitation in Water: A New Aspect of the Effect of Rare Gas Atmosphere on Bubble Temperature and its Relevance to Sonochemistry, <i>Journal of Physical Chemistry B</i>, 110, 20081–20084 (2006).</u> ・ <u>F. Salak and H. Yoshida, Acid-Catalyzed Production of 5-Hydroxymethyl Furfural from D-Fructose in Subcritical Water, <i>Industrial & Engineering Chemistry Research</i>, 45, 2163–2173 (2006).</u> ・ <u>F. Salak and H. Yoshida, Dehydration of Fructose to 5-Hydroxymethylfurfural in Sub-Critical Water Over Heterogeneous Zirconium Phosphate Catalysts, <i>Journal of Carbohydrate Research</i>, 341, 2379–2387 (2006).</u> ・ C. Stavarache, M. Vinatoru, and Y. Maeda, Ultrasonic Versus Silent Methylation of Vegetable Oils, <i>Ultrasonics Sonochemistry</i>, 13, 401–407 (2006). ・ K. Suyama, M. Kubota, M. Shirai, and H. Yoshida, Effect of Alcohols on the Degradation of Crosslinked Unsaturated Polyester in Subcritical Water, <i>Polymer Degradation and Stability</i>, 91, 983–986 (2006). ・ <u>O. Tavakoli and H. Yoshida, Conversion of Scallop Viscera Wastes to Valuable Compounds Using Sub-Critical Water, <i>Green Chemistry</i>, 8, 100–106 (2006).</u> ・ <u>O. Tavakoli and H. Yoshida, Squid Oil and Fat Production from Squid Wastes Using Subcritical Hydrolysis:</u> 			

- Free Fatty Acids and Transesterification, *Industrial & Engineering Chemistry Research*, **45**, 5675–5680 (2006).
- 吉田弘之・小西康裕・綿野哲・秋山友宏（分担），『地球環境の化学』，朝倉書店，（2006）。
 - M. Bessho, M. Furuta, T. Kojima, S. Okuda, and M. Hara, Absorption and Desorption of Gelatin Hydrogel Cross-Linked by γ -ray Irradiation, *Journal of Biomaterial Science Polymer Edition*, **16**, 715–724 (2005).
 - H. Ogino, T. Miura, K. Ishimi, M. Seki, and H. Yoshida, Hydrogen Production from Glucose by Anaerobes, *Biotechnology Progress*, **21**, 1786–1788 (2005).
 - T. Ohba, D. Nakai, K. Suyama, and M. Shirai, Photocrosslinking and Thermal Degradation of Epoxy-containing Polymers Using Photobase Generators, *Chemistry Letters*, **34**, 818–819 (2005).
 - K. Okitsu, M. Ashokkumar, and F. Grieser, Sonochemical Synthesis of Gold Nanoparticles in Water: Effects of Ultrasound Frequency, *Journal of Physical Chemistry B*, **109**, 20673–20675 (2005).
 - K. Okitsu, K. Iwasaki, Y. Yobiko, H. Bandow, R. Nishimura, and Y. Maeda, Sonochemical Degradation of Azo Dyes in Aqueous Solution: A New Heterogeneous Kinetics Model Taking into Account the Local Concentration of OH Radicals and Azo Ayes, *Ultrasonics Sonochemistry*, **12**, 255–262 (2005).
 - C. Stavarache, M. Vinatoru, R. Nishimura, and Y. Maeda, Fatty Acids Methyl Esters from Vegetable Oil by Means of Ultrasonic Energy, *Ultrasonics Sonochemistry*, **12**, 367–372 (2005).
 - O. Tavakoli and H. Yoshida, Effective Recovery of Harmful Metal Ions from Squid Wastes Using Subcritical and Supercritical Water Treatment, *Environmental Science Technology*, **39**, 2357–2363 (2005).
 - 吉田弘之監修，『多孔質吸着剤ハンドブック』，フジ・テクノシステム，（2005）。
 - 吉田弘之（分担），『過熱水蒸気技術集成』，エヌ・ティー・エス，（2005）。
 - W. A. Galinada and H. Yoshida, Intraparticle Diffusion of Phosphates in OH-Type Strongly Basic Ion Exchanger, *AIChE Journal*, **50**, 2806–2815 (2004).
 - T. Kojima, M. Bessho, M. Furuta, S. Okuda, and M. Hara, Characterization of Biopolymer Hydrogels Produced by γ -ray Irradiation, *Radiation Physics and Chemistry*, **71**, 235–238 (2004).
 - T. Kojima, R. Taniguchi, M. Furuta, S. Okuda, M. Hara, and S. Fujita, Pulse Radiolysis System of OPU-LINAC in RIAST, Osaka Prefecture University, *Radiation Physics and Chemistry*, **71**, 603–606 (2004).
 - Y. Maeda, K. Okitsu, H. Inoue, R. Nishimura, Y. Mizukoshi, and H. Nakui, Preparation of Nanoparticles by Reducing Intermediate Radicals Formed in Sonolytical Pyrolysis of Surfactants, *Research on Chemical Intermediates*, **30**, 775–783 (2004).
 - H. Okamura, K. Shin, M. Tsunooka, and M. Shirai, Photocrosslinking System Using Multifunctional Epoxy Crosslinkers Having Thermally Degradable Properties, *Journal of Polymer Science Part A: Polymer Chemistry*, **42**, 3685–3696 (2004).
 - K. Okitsu, H. Nakamura, N. Takenaka, H. Bandow, Y. Maeda, and Y. Nagata, Sonochemical Reactions Occurring in Organic Solvents: Reaction Kinetics and Reaction Site of Radical Trapping with 1,1-Diphenyl-2-Picrylhydrazyl, *Research on Chemical Intermediates*, **30**, 763–774 (2004).
 - Y. D. Shin, A. Kawaue, H. Okamura, and M. Shirai, Thermally Crosslinkable-Decrosslinkable System Using Diepoxy Crosslinkers Containing Sulfonate Ester Moiety, *Reactive & Functional Polymers*, **61**, 293–302 (2004).
 - C. Stavarache, M. Vinatoru, R. Nishimura, and Y. Maeda, Short-Time Sonolysis of Chlorobenzene in the Presence of Pd(II) Salts and Pd(0), *Ultrasonics Sonochemistry*, **11**, 429–434 (2004).
 - I. Tsukamoto, E. Constantinoiu, M. Furuta, R. Nishimura, and Y. Maeda, Inactivation Effect of Sonication and Chlorination on *Saccharomyces cerevisiae* Calorimetric Analysis, *Ultrasonics Sonochemistry*, **11**, 167–172 (2004).
 - I. Tsukamoto, B. Yim, C. E. Stavarache, M. Furuta, K. Hashiba, and Y. Maeda, Inactivation of *Saccharomyces cerevisiae* by Ultrasonic Irradiation, *Ultrasonics Sonochemistry*, **11**, 61–65 (2004).
 - 吉田弘之（分担），『化学工学ハンドブック』，朝倉書店，（2004）。
 - M. Shirai, A. Kawaue, H. Okamura, and M. Tsunooka, Photo-Cross-Linkable Polymers Having Degradable Properties on Heating, *Chemistry of Materials*, **15**, 4075–4081 (2003).
 - H. Yoshida, Y. Takahashi, and M. Terashima, A Simplified Reaction Model for Production of Oil, Amino Acids, and Organic Acids From Fish Meat by Hydrolysis under Sub-Critical and Supercritical Conditions, *Journal of Chemical Engineering of Japan*, **36**, 441–448 (2003).
 - 吉田弘之（分担），日本化学会編，『化学便覧 第6版 応用化学編』，丸善株，（2003）。

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))

●国際会議

- 1) 2007年1月29～31日・大阪府立大学、会議名称「The 2nd International 21st Century COE Symposium on Science and Engineering for Evolution of Valuable Resources and Energy from Organic Wastes」、参加人数424名(うち外国人参加者21名)

(招待講演)

1. Prof. Jerry W. King (University of Arkansas, USA)
"Green Processing Options Using Integrated Critical Fluid Technology for the Design of Biorenewable Products"
2. Dr. Mircea Vinatoru (ReEnergy, LLC., Texas, USA)
"Natural Products Extraction Using Ultrasounds as a Technique to Add Value to Fresh and Waste Biomass"

- 2) 2006年3月15～17日・大阪府立大学、会議名称「International Workshop on Science and Engineering for Evolution of Valuable Resources and Energy from Organic Wastes」、参加人数275名(うち外国人参加者11名)

(招待講演)

1. Prof. Jefferson W. Tester (MIT, USA)
"Multi-Scale Modeling of Oxidative and Hydrolysis Reactions in Hydrothermal and Supercritical Water Media"

●著名外国人研究者による学術講演会

1. 2007年2月6日・大阪府立大学、講師：Dr. Mircea Vinatoru (ReEnergy, LLC., Texas, USA)
演題：Fundamentals on Sonochemistry and Its Practical Applications
参加人数67名(うち外国人参加者2名)
2. 2006年11月9日・大阪府立大学、講師：Prof. Jerry W. King (University of Arkansas, USA)
演題：Subcritical Water - A Versatile Medium for Multiple Unit Operations
参加人数67名(うち外国人参加者2名)
3. 2005年11月2日・大阪府立大学、講師：Prof. Georges Guiochon (The University of Tennessee, USA)
演題：Preparative HPLC - Fundamentals, Conventional Applications, and New Possibilities
参加人数80名(うち外国人参加者7名)
4. 2004年5月25日・大阪府立大学、講師：Prof. Mircea Vinatoru (ReEnergy, LLC., Texas, USA)
演題：Biodiesel Production from Land to Chemical Plant
参加人数91名(うち外国人参加者7名)
5. 2004年4月2日・大阪府立大学、講師：Prof. Timothy Mason (England Coventry Univ., UK)
演題：超音波有機資源循環科学・工学への応用
参加人数91名(うち外国人参加者7名)
6. 2003年12月25日・大阪府立大学、講師：Dr. Mircea Vinatoru (ReEnergy, LLC., Texas, USA)
演題：天然物質から薬効成分の抽出 (Sonochemically Extraction of Natural Medicinal Compounds)
参加人数71名(うち外国人参加者8名)
7. 2002年11月19日・大阪府立大学、講師：Prof. Georges Guiochon (The University of Tennessee, USA)
演題：Large Scale Chromatographic Separation
参加人数65名(うち外国人参加者8名)

●著名外国人研究者による集中講義

1. 2003年12月17, 18, 24日・大阪府立大学、講師：Dr. Mircea Vinatoru (ReEnergy, LLC., Texas, USA)
講義：化学反応の基礎 (Introduction of Chemical Reaction, Historical Development)
参加人数71名(うち外国人参加者8名)
2. 2003年 2月18～20日・大阪府立大学、講師：Prof. Andreas Seidel-Morgenstern (University of Magdeburg, Germany)
講義：連続クロマト分離の工業化の可能性について
参加人数28名(うち外国人参加者4名)

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

- ・ **現場重視の教育** 我が国では、大学の研究教育において現場が軽視される傾向が増大している。現場には数々の新しいサイエンスや工学研究の芽が内在している。本プログラムでは、申請時点から、基礎研究の成果をパイロットプラント建設で実証することとし、亜臨界水処理に関わる一連のパイロットプラントを建設した。さらに、パイロットプラントを現場であるとし、学生の教育の一つとしてパイロットプラントの運転、プラント内の流動・伝熱・反応速度解析を実施している。従来の実験室の小スケール実験装置では得られない多くの発見があり、それらを研究室に持ち帰り、新たな基礎研究につなげている。また、大学院生や学部4回生を対象に、実際の現場を肌で知らしめるために、インターンシップ制度を平成15年度から導入した。このような現場重視の教育理念に基づく新鮮な方式を導入することにより、学部4回生、大学院生、PDはじめ若手研究者の多くは、多くの新しい研究の芽を見つけ、基礎及び応用研究に大きな成果を上げつつあり、この教育研究過程を通じて強靱な“Engineering Scientist”を育成することができた。
- ・ **全体会議および若手勉強会** 年数回行う全体会議（非公開で、土曜日1日かけて実施）では教育研究活動の進捗状況を確認し、成果や今後の方針について議論することにより自己点検を実施した。また、若手教員、PD、大学院生、学部4回生が中心となって若手勉強会を組織し、教育研究活動の状況を詳細に把握する勉強会を年数回開催するとともに、資源循環に関与する現場への見学会を行った。活発なディスカッションを通して、異なる専門分野の若手研究者が“資源循環”という同じ目的のために各自の専門を活かして、互いに啓発し、協力したことから、大幅な研究の進展とともに、若手人材が研究者として大きく成長する機会となった。
- ・ **大学院の教育体制の整備** 「資源循環科学・工学」に関する大学院教育を充実させる目的で、本学大学院工学研究科において博士前期課程オプションコース「資源循環科学・工学」を平成15年度に組織した。平成16年度には、博士後期課程（物質系専攻化学工学分野）に「資源循環科学・工学特別講義」を新設し、この分野の教育に実績を上げた。
- ・ **海外からの著名研究者の招聘・講義** 分離工学の分野で著名な G. Guiochon教授（米国Tennessee大学、平成14年11月19日、平成17年11月2日、招待講演）およびA. Seidel-Morgenstern 教授（ドイツMagdeburg大学、平成15年2月18-20日、集中講義）、超音波化学の分野で世界的に著名なT. Mason教授（英国Coventry大学、平成16年4月2日、招待講演）を招聘し、学術講演会および集中講義を行った。また、亜臨界水および超臨界水の世界的権威であるJ.W. Tester 教授（米国MIT、平成18年3月16日、招待講演）、亜臨界水による抽出の分野で世界的に著名なJ.W. King 教授（米国Arkansas大学、平成18年11月9日および平成19年1月29日、招待講演）、超音波化学の分野で世界的に著名な M. Vinatoru 博士（米国ReEnergy社顧問、ルーマニア化学アカデミー有機化学研究所主幹研究員兼務、平成15年12月17, 18, 24日、集中講義；平成15年12月25日、平成16年5月25日、平成19年1月30日、平成19年2月6日、招待講演）を招聘し、国際的な人材育成を目標とした大学院教育の充実と共同研究体制の構築を行った。
- ・ **国際会議での活動** 若手研究者や博士課程を含めた学生に、国内外で開催された国際会議・国際シンポジウムにおいて積極的に発表・討論させた。本プログラムが開催した2回の国際会議では、若手研究者が会議の企画・運営に参画するとともに、若手研究者や博士課程学生は先を争い目を輝かせて発表した。この現象は、目的意識を持ち夢を実現しようとする意識がなせるもので、本プログラムの教育理念が生かされ、国際的視野を持つ若手研究者が育成できたと考えている。平成18年度の学生の研究発表件数は、のべ111名：国際会議（国内開催）153件、国際会議（国外開催）29件であった。
- ・ **優秀な若手研究者へのインセンティブ** 特に優秀な若手研究者には、本工学研究科・助手（助教）に採用するキャリアパスをつけた。若手研究者の一人（徳本助手）は、平成14～16年度にCOEポストドクとして拠点リーダーの指導の下で高速・高消化率メタン発酵について研究を行い、この間に研究者として大きく成長して優れた研究成果をあげたことから、平成17年度には助手として採用した実績がある。本プログラムに参加する博士後期課程学生に対しても積極的に支援した。博士後期課程のOmid Tavakoliを研究を発展させた功績によりPDとして採用するとともに、その他の博士後期課程学生を DCとして採用した（平成15年度 3名、16年度 7名、17年度 5名、18年度 7名）。

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)

拠点形成計画のうち、亜臨界水を用いた畜産品や海産物等の廃棄物の有用物への転換に関する工学については、期待以上の成果が得られたと言える。すなわち、ここで得られた各種の基礎研究成果を基に考案した処理プラントを、70 t/dayにまでスケールアップして商用化に成功し、それが内外のメディアや専門誌、国際ビジネス雑誌に紹介され、スペイン万博や上海万博関係者からも設置希望の引き合いがあるなど、大きな反響を呼んだことは、高く評価できる。

しかしながら、当プログラムの趣旨は「水を反応場に用いる有機資源循環科学・工学」全般の研究教育拠点を形成することであるにも拘わらず、亜臨界水以外の研究（役割分担として挙げられている、水共存下での超音波や放射線処理による資源化、亜臨界水処理のメカニズムなど）の成果は、報告書には殆ど記載されていない。タイトルは魅力的であるが、取り組みの中身は有機資源を回収するプラント設計が中心である、との感を免れ得ない。反応の場としての水を中心とした総合的な物質循環システムを構築するための学際的な研究教育拠点を確立するためには、更なる努力が望まれる。

人材育成面では、パイロットプラントを中心とした現場重視の研究教育は重要であるが、それとともに在籍学生数の確保と学位を授与できる学生数の増大を期待したい。

当プログラムの推進のために実験棟を建設する費用を大阪府から獲得したり、プログラム終了後の研究教育拠点の更なる展開を期して学内に資源循環工学研究所を設置するなど、学長を中心としたマネジメント体制は強力であった。この体制の下に、今後の更なる充実を期待する。