

## 「研究活動」ハイライト

### ＜大型プロジェクトの遂行＞21世紀COE（平成14～18年度）を総括しグローバルCOEに挑戦

#### 沿岸環境科学研究センター 田辺信介

沿岸環境科学研究センター（CMES）の生態環境計測分野では、内分泌攪乱物質（環境ホルモン）など有害物質による環境汚染の実態解明、生物蓄積と影響評価に関する教育研究を地球的・地域的視点で展開しています。当研究分野は、文部科学省の21世紀COEプログラム（平成14～18年度）および最近採択が決定したグローバルCOEプログラム（拠点リーダー：田辺信介）を支える中軸の研究室であること、過去半世紀にわたり世界各地から収集した約10万点の試料の冷凍保存施設「生物環境試料バンク（es-BANK）」を維持・管理している研究室であること、教員・研究員・学生の総数が35名（外国人研究者6名を含む）を越える愛媛大学最大の研究室であること、などが特徴です。平成18年度は、21世紀COEプログラムを総括するとともに、科学研究費補助金基盤研究(A)や環境省廃棄物処理等科学研究費補助金など6件の大型プロジェクトを遂行しました。これらに関連した平成18年度の研究業績は、著書（共著）5編、原著論文（共著）30編、総説等3編、Proceeding等6編、一般誌等2編、報告書等20編、合計66編の学術論文として発表しました（うち欧文論文43編）。また、国内の学会等で71件、国際会議等で100件、合計171件の研究成果を口頭またはポスターで発表した他、9件の招待/基調講演（国内5件、国外4件）を依頼されました。平成19年3月には21世紀COEプログラムの最終成果報告書を発行するとともに、国際シンポジウムのプロシーディングを書籍として出版しました。これらの業績および教育研究活動は国の内外で高く評価され、その成果はグローバルCOEの採択に大きな貢献を果たしました。

#### アレキサンダー・フォン・フンボルト研究賞を受賞

#### 地球深部ダイナミクス研究センター 入船徹男

アレキサンダー・フォン・フンボルト研究賞の受賞通知を、6月に学長を通じていただきました。本賞は1972年に創設され、文系～理系の幅広い研究分野において国際的に優れた研究業績を有する研究者に対して、ドイツのフンボルト財団から贈られる賞です。毎年世界中の各分野から選ばれた100人以下の研究者に対して授与されており、日本人受賞者としては34人目、地球科学分野では唐戸俊一郎エール大学教授・八木健彦東京大学教授に次いで3人目のことです。

この賞は受賞者の研究業績全体に対して授与されるもので、私がこれまで学生や共同研究者とおこなってきた、（1）マントルと海洋プレート物質の高温高压相転移と密度変化、またこれらに基づくマントルの物質構成と沈みこむプレートのダイナミクス、（2）放射光と超高压実験による地球深部物質の構造と物性、およびマントル内不連続面の原因解明、（3）超高硬度ナノダイヤモンド（HIME-DIA）の合成と超高压発生技術への応用、などに関する研究成果が総合的に評価

されたようです。

今回の受賞は、GRC 構成員をはじめとした本学の関係各位のご協力・ご支援のおかげと感謝しております。授賞式は 2008 年 4 月にドイツのバンプルグで行われる予定ですが、この受賞決定を機に、ワーグナー音楽祭で有名なドイツのバイエルン州パイロイト市にある、パイロイト大学地球科学研究所 (BGI) との共同研究を開始しています。

## 日英の共同研究で大きな成果が得られた

法文学部 高橋基泰

日英村落史的対比研究の成果公表の一環として、イギリスにおける研究チームとの共同での英文モノグラフ (3 巻分の著作シリーズ) 公刊プロジェクトを目下進行させている。とくに日本近世経済史に詳しいネイティブによる英文翻訳校正チームとの交渉を開始し、同時に日本語による研究成果公表のために日本学術振興会出版助成に応募するべく全 3 巻のモノグラフの第 1 巻の執筆をてがけている。すでに研究チームは 2006 年 3 月アムステルダムにおける ESSHC (European Social Science History ヨーロッパ社会科学史学会) 2006 年アムステルダム国際研究大会において Rural (農村) 部門の 1 つのセッションとして、専ら日本の上塩尻に関する事例研究の共同報告をおこなった。その報告は現地研究者、なかんずく農村経済史・家族史・日本史研究者らの関心を強くひき次回もぜひ報告してもらいたいと、主催側農村部門代表者からも強い要請があった。

さらにもう一つの共同研究の推進とも関わるが、英国ケンブリッジ大学研究者との共同研究の成果としてフィンランド・ヘルシンキにおける国際経済史会議 (IEHC: International Economic History Congress 2006) において 'Wills of women and men in the Prerogative Courts of Canterbury and York 1380-1800' (21-25 August, 2006 Session 75 The Economics of Widowhood) を報告した。その場での議論も取り入れ、英文にて English Wills in the Historical Context (愛媛大学経済学研究叢書 14) (Matsuyama, 2007) を公刊した。

ケンブリッジ大学地理学部人口史および社会構造史研究のためのケンブリッジ・グループとの共同研究により近世・近代英国職業分布データベース作成をほぼ完成させた。その成果公表として、ケンブリッジ・グループのメンバー主催のセッションをフィンランド・ヘルシンキにおける国際経済史会議 (IEHC: International Economic History Congress 2006) において組織し報告した。その議論の内容は上記 English Wills in the Historical Context (愛媛大学経済学研究叢書 14) にまとめてある。本書はまた旭硝子財団からの研究助成を受けた国際比較研究会における共同研究として「信用と信頼のネットワークについての国際地域比較研究」(研究代表者: 愛媛大学法文学部教授: 松井隆幸 平成 18 年度から平成 19 年度) の成果の一部もなす。

## 中国西南地域初となる製鉄遺跡の発見など中国古代製鉄に関して大きな収穫を得る

法文学部 村上恭通

愛媛大学研究開発経費（特別推進研究）、法文学部人文系担当学部長裁量経費（特定経費）を受け、中国四川省における製鉄遺跡調査を開始した。中国ではじめてとなる製鉄遺跡に関する日中共同調査となり、平成18年9～10月に第1次フィールドワークを実施し、12月に実施した第2次フィールドワークで目的の製鉄遺跡を発見した。また平成18年度文部科学省国際化推進プログラムに採択され、四川省内の鉄器生産関係資料を調査することができ、さらには近隣の雲南省・貴州省の関連資料も実施でき、中国古代製鉄に関して大きな収穫を得た。この成果は大学研究開発経費成果報告書として大学に提出しているが、同時に建築技術アーカイビング研究会（東京）に招聘され、学術講演を行った。

なお新潟大学・國學院大學とモンゴル科学アカデミーとが共同で調査するチンギス・ハンの宮殿であるアウラガ遺跡の調査に参画を要請され、鉄研究部門を担当することとなり、2005年に鉄器生産遺構を発見し、現在も調査を継続している。モンゴル帝国の勢力拡大の背景に卓越した鉄器生産力を想定できるようになった。

加えて、日本の古墳時代、朝鮮半島の三韓・三国時代における製鉄技術の復元研究を実施し、2007年、『日本列島における初期製鉄・鍛冶技術に関する実証的研究』（平成15年度～平成17年度科学研究費補助金〈基盤研究B〉研究成果報告書、総422頁）として刊行した。本研究成果を2003年に広島大学大学院に提出した博士請求論文の日本列島における原始・古代の鉄器生産史に関する部分に加筆し、『古代国家成立過程と鉄器生産』（総344頁、青木書店、2007年3月）として刊行した。一連の内容に関しては各学会から招聘を受け、国内では2006年6月に日本鉄鋼協会社会鉄鋳工学部主催のフォーラム（千葉）で、また同7月には、韓国の京畿考古学会に招聘を受け、京畿道博物館において講演を行った。

## 宇宙の暗黒物質の実証と銀河形成論に光明をあたえる

大学院理工学研究科（理学系） 谷口義明

宇宙の暗黒物質や大規模構造を解明することを目標とした国際研究プロジェクト「宇宙進化サーベイ（COSMOS）」を推進してきている。日米欧などの10数ヶ国の39名の宇宙物理学者が参加しているが、日本からは私だけが参加しており、すばる望遠鏡の観測データで大きな貢献をしてきている。研究の初期成果は40編に及ぶ論文として既に公表されている。また、本プロジェクトでは、宇宙の暗黒物質の空間分布を世界で初めて明らかにすることができた。銀河や銀河の集団が暗黒物質の作る大規模な構造の中で誕生し、進化してきたことを初めて観測的に立証したことになり、宇宙論の研究分野に与える影響は極めて大きなものとなった。この研究成果はNHK、朝日新聞、毎日新聞、読売新聞など多くのメディアでも取り上げられ、大きな話題を呼んだ。また、NHK『サイエンス・ゼロ』、テレビ朝日『報道ステーション』にも出演し、研究成果の社会還元を努めた。また、国際研究会の招待講演も2回行うなど、活発な研究活動を行った。

## 愛媛大学研究開発支援経費を有効に活用し、さらに大きな外部資金を獲得した 大学院理工学研究科（理学系） 榊原正幸

日本列島には、かつて稼動していた休廃止鉱山が多数あり、その周辺環境は、現在もなお、有害重金属汚染を引き起こしている。このような社会的問題に対して、私たち「愛媛大学環境浄化研究グループ」は、理・工・教育の様々な分野の教員・院生・学生が共同で、ファイトレメディエーション技術（植物体内に重金属を吸収・蓄積させ、環境浄化を行う技術）の実用化による重金属汚染環境のリスク削減を目指している。

私たち研究グループは、愛媛大学研究開発支援経費（平成16～18年度）では、「植物による自然由来の砒素に富む土壌および環境水の浄化に関する研究—総合環境科学によるファイトレメディエーション技術の実用化への展開—」（研究者氏名：榊原正幸・井上雅裕・佐野 栄・堀 利栄・西村文武／研究経費総額：493万円）という研究プロジェクトを立ち上げた。その中で、公共事業や土地・資源開発などによって発生した砒素を含有する土砂・土壌・鉱山廃水の中和沈殿物・環境水（温泉を含む）を砒素の超集積植物であるモエジマシダを用いたファイトレメディエーションによって浄化する技術を実用化するための基礎的実験を行った。その結果、モエジマシダを効率的に生育する技術を開発し、かつモエジマシダの砒素蒸散能力（土壌から吸収した砒素を無機砒素の形態で水分とともに蒸散する能力）を発見した。また、さらに平成18年度には、カヤツリグサ科マツバイが未発見の有害重金属超集積植物（亜鉛・ヒ素）であることを発見した。これを用いた水環境浄化技術に関しては特許を申請中である。後者のマツバイに関する研究成果が評価され、平成19年度から3ヵ年で科学研究費補助金（基盤研究B、総額1,100万円、研究課題「休廃止鉱山における重金属汚染残土・水の浄化およびリスク削減に関する新技術」）を獲得した。

## 紙と鉛筆で脳の機能を測定する

教育学部 山下 光

交通事故による頭部外傷や脳卒中によって生じる高次脳機能障害（知覚・言語・記憶・思考・情動・社会的行為等の障害）や、アルツハイマー病などの認知症の診断や治療、リハビリテーションを実施するためには、まず障害の有無や程度、及びその原因となっている脳の損傷部位を調べる必要がある。

神経心理学的検査とは、大規模で高額な測定装置を使用するのではなく、心理検査・実験のテクニックを応用して高次脳機能とその障害の評価を行う、リーズナブルかつ実用性の高い手法である。しかし、言語、文化、年齢、教育などの影響を受けやすいため、その結果の解釈にはさまざまな集団の基準データの集積が必要であるが、わが国では特にその作業が遅れており、患者に実施した検査の結果を十分に活用できていないのが現状である。

その現状を改善するため、臨床現場で使用されている様々な神経心理学的検査の妥当性、信頼性を検討するとともに、日本語使用者の基礎データを収集、整理する仕事に従事している。また、それらの知見をもとに、より有効性の高い新しい検査の開発を行っている。

現在最も重点的に研究を行っているのは、非言語性視覚記憶の検査法として世界中で使用され

ている Rey-Osterrieth Complex Figure Test (ROCF)である。この検査は、複雑な幾何学図形を模写した後で、思い出して描くという単純な検査であるにもかかわらず、得られる情報量が多いことから50年以上もの長きにわたって使用され、国際的にも最近ますますその利用頻度が増加している。しかし、標準的な実施方法や基準データの整備は、現在に至るまで不十分なままである。また、開発から時間がたっているため、その理論的基盤については現在の認知心理学の見地から再検討すべき問題も多く残されている。そこで、日本人の健常成人の年齢別基準データの収集・分析(山下, 2007a)、反復実施による練習効果、ROCFの変法(TCF, MTCF)に関する研究(Yamashita, 2006)、忘却に関する研究、偶発学習と意図学習での再生成績の比較(山下, 2007b)、等の研究を行った。特に年齢別基準データに関しては、実際の患者の評価・診断に直結することから多数の臨床施設から詳細データが望まれてきた研究であり、その要望に応えることができた。また、練習効果についての知見は従来の脳機能改善薬や抗認知症薬、脳血流改善手術などの臨床試験の方法に重要な疑問を投げかけるものであり、現在は練習効果を出来るだけ小さくする実施方法の開発に取り組んでいる。さらに、偶発学習と意図学習の比較や忘却に関する研究では、ROCFが臨床のツールにとどまらず、図形や画像の記憶の認知心理学的、認知神経科学研究へ応用可能であることを示すことができた。

言語機能や前頭葉機能の代表的な評価法として英語圏で多用されている語想起テスト(word finding test)は、既にわが国の臨床現場でも広く使用されているが、方法の不統一や基準データが不備なため、実施法や結果の解釈については検査者の経験や主観に依存している。そこで、標準化に向けた基礎研究として日本語の文字ごとの想起の難易度に関する研究(山下, 2006)や、それを発達障害児の検査に応用するための試案の作成(山下ら, 2006)を行った。この小児用試案は、教育、医療現場の共同研究者を中心に既に教育相談や発達検査の場面で使用されており、またそのデータもフィードバックされ蓄積されつつある。現在はその有効性をさらに高めるため、発達障害児・者の障害種別のデータの収集に力を入れている。

新しい取り組みとしては、2006年度より左右弁別能力の発達と個人差に関する研究を開始した。その第一段階として男女大学生を対象として、さまざまな日常場面における左右弁別の混乱の頻度をアンケートによって調査した後、アンケートによる自己評価と複数の左右弁別課題の成績との関係を検討した。その結果、非常に大きな個人差と男女差が存在すること、左右弁別には2つの異なった機能が関与していることが分かった。この結果は左右弁別の神経基盤や脳の側性化の研究に新たな方向性を示すものであるとともに、運転や医療現場でしばしば起こる左右の取り違い事故の生起メカニズムを考える上でも重要な示唆を与えるものである。

これらの研究はいずれも臨床の現場で着想したものであるが、その研究成果の現場へ還元がようやく形になってきたと感じている。

## 主要論文

山下 光(2007a) 本邦成人における Rey-Osterrieth 複雑図形の基準データ —特に年齢の影響について— 精神医学, 49: 155-159. (査読有)

山下 光 (2007b) Rey-Osterrieth 複雑図形の再生における意図学習効果の検討

基礎心理学研究, 25: 187-192. (査読有)

山下 光 (2006) 大学生における清音仮名 44 文字の文字流暢性 神経心理学, 22: 112-118. (査読有)

Yamashita, H. (2006) Comparability of the Rey-Osterrieth Complex Figure, the Taylor Complex Figure, and the Modified Taylor Complex Figure in a sample of normal Japanese speakers. *Psychological Reports*, 99: 531-534. (査読有)

山下 光・藤井友美・小川隆夫・村井敏宏・中尾和人・藤田香名子・瀧口紗緒理・川淵瑞恵・安井千恵 (2006) 小児用語想起課題作成の試みⅣ -文字語想起課題の質的検討- 愛媛大学教育学部紀要, 53: 107-111. (査読無)

## 筋無力症の発症メカニズム研究の最前線～愛媛から世界へ向けて発信

大学院医学系研究科 重本和宏

医学の歴史をひもとくと、重症筋無力症は自己の組織に対する抗体で病気が発症することが初めて明らかにされた自己免疫疾患です。実際に神経と筋の接合部（神経筋シナプス）の筋側にある AChR（アセチルコリンレセプター）に対する自己抗体で発症することは 30 年前に Lindstrom らにより初めて示されました。さらに私達は世界で初めて MuSK (muscle-specific kinase) に対する自己抗体でも発症することを、昨年明らかにすることができました（詳細は昨年の教員の研究実績の紹介欄を参照してください）。MuSK 抗体陽性の重症筋無力症患者は重症例が多く、加えて AChR 抗体陽性の重症筋無力症とはかなり異なる病態であることに加え、最近明らかにされた先天性筋無力症 (Dok7 遺伝子変異) との共通点があることがわかってきました。従ってその発症メカニズムは現在世界中の研究者および臨床家が注目する点です。しかし動物モデルを使った研究に成功しているのは、これまで我々のグループと米国の研究者 (Dr. W. Hoch: 大変残念なことに急逝されました) だけです。

そのような背景の中で今年 5 月、New York Academy Science と米国重症筋無力症協会が 5 年に 1 回に開催されている国際会議 (今回はシカゴ)、第 11 回 International Conference on Myasthenia Gravis and Related Disorders に招待されました。私が招待されたのは、「なぜ私達だけが MuSK 抗体による動物発症モデルを作ることができるのか、また本当に成功しているのならその発症のメカニズムを、会議に参加してデータで納得いく説明をしなさい」ということだと直感的に理解しました。参加してみるとやはり私達の成果に対する疑念と期待 (?) があることを、私の直前の演者である重症筋無力症研究で世界的権威の Vincent 教授 (Oxford 大学) が表明しました。私はそれを受けて、未発表の結果を交えて最先端の成果を報告しました。会議での発表内容は Annals New York Academy Symposium の誌上および New York Academy Science の Web サイトで公表されますが、発表後には私達のライバルでもある Vincent 教授、Lindstrom 教授 (Pennsylvania 大学)、主催者の Kaminski 教授 (Case Medical Center) をはじめその他著名な研究者から祝福の言葉を頂くことができ、一生の思い出となりました。加えて 6 月には、国立精

神経センターとフランスの Institute of Myology が 2 年に 1 回共催するワークショップに日本側代表の一人として発表する機会に恵まれました。MuSK の突然変異による先天性筋無力症を発見したフランス人研究者 Dr. Hantai とも会うことができ、筋萎縮（筋維持）に果たす神経筋シナプスのメカニズムについて情報交換をすることができました。このように二つの会議を通して世界の著名な研究者との交流を深めることができました。

これらの会議に参加し世界中の研究者と話をしあためて確認したことは、筋萎縮に至る共通のメカニズムがあるはずだが、それらはまだほとんど未解明であるということです。先に紹介した先天性筋無力症(Dok7 遺伝子変異)の発見者である Beason 教授(Oxford)と会って、MuSK 抗体陽性重症筋無力症と症状および発症メカニズムの重要な共通点があることを確認しました。彼と私が確認した事項は最先端の知見と言ってよいでしょう。高齢者の筋萎縮、筋力低下（サルコペニアと言います）の研究も、本格的な高齢社会を迎え、介護予防の点から重要な課題となっています。私達の行っている神経筋シナプスの研究は、これまで日本では全く注目されていませんでしたが、今後ますます重要なテーマとなるであろうと確信しています。

## 閉経周辺期の気分障害の動物モデルを作成、新たな治療法の開発に手掛かり

大学院医学系研究科 吉村裕之

更年期女性に朗報、閉経前後の気分障害を対象とした動物モデルを作成することに成功、発現頻度の高い抑うつ状態に類似した行動変容が雌性マウスでも発現し、エストロゲンや抗うつ薬の慢性投与で改善することを初めて報告した。雌性マウスの抑うつ状態は、セロトニン 2A 受容体アゴニストを急性あるいは慢性投与すると、用量依存的に改善されたことから、エストロゲンの枯渇は脳内のセロトニン受容体のシグナル伝達を減弱させ、抑うつ状態を発現する可能性を示した。有害作用の危険性が警告されているホルモン補充療法に代わる新たな治療法の開発に有用なことから、国際的な反響も大きく、国際学会での講演依頼 2 件を受け講演の予定。共同研究者であった院生が、これらの成果をまとめた博士論文は医学系研究科の最優秀論文に採択され、小林賞を受賞した。

---

近年、精神医学の分野にも動物モデルの概念が導入され、ヒトの精神疾患を対象に実験動物に類似した行動変容を発現させ、向精神薬の前臨床評価や発現機序の解明に適用されています。ところが、それらの実験系には雄性動物が用いられ、雌性動物は性周期などの内分泌的変動の影響がバイアスとなる可能性から、ほとんど用いられていません。多くの精神的な障害には行動面と薬物の効き方に性差が認められ、雄性動物で評価された実験成績が必ずしも女性の有効性を反映していないという隘路がありました。私達は、女性に発現率が高い気分障害（抑うつ症状）が閉経周辺期に多いことに着目し、動物モデルとして確立することを試みてきました。いわゆる更年期障害と総称される疾患（日本神経精神薬理学雑誌, 26:41-49, 2006）は、加齢による卵巣機能の喪失を主因とする女性に固有の症状であり、ホルモン補充療法が適用されていますが、2002

年に米国で実施された大規模臨床試験で有効性より子宮や心臓に対する有害作用が高いとして警告がなされ、その新たな治療法の探索に社会的関心が高まっています。抑うつ状態の測定方法にはいくつかの実験系がありますが、臨床効果を反映することが実証されている遊泳テストによる不動時間を採用しました。これは、水を満たしたシリンダー内にマウスを入れると、最初、泳いだり、逃げようとしますが、やがて逃避不可能を学習、浮遊し不動状態をとるもので、セリグマンが明らかにした抑うつ状態に対する学習性絶望感を反映するものと捉えられています。実際に、成熟マウスの卵巣を外科的に切除しますと、術後2週間目には遊泳テストにおける不動時間が著明に延長される現象を見出し、この延長現象がエストロゲンや抗うつ薬の連続投与により抑制されること、エストロゲンはヒトの場合と同様に著明な子宮重量の増加を随伴することが判明しました (Psychopharmacology, 183:300-307, 2005)。行動を指標とする研究者は脳神経系のみに関心があるのか、末梢臓器の変化を観察していない場合が多いのですが、最初からヒトのホルモン補充療法の有害作用である子宮増殖にも注目していましたので、実験動物でも不動時間の延長を抑制するエストロゲンの用量範囲では有害作用を随伴することまで証明できました。この実験系を用いれば、閉経周辺期の気分障害に有用で、しかも女性ホルモンのように有害作用を持たない安全な候補物質の前臨床評価が可能になります。この実験系を確立するための方法論についてさらに詳細に検討すると、ヒトの場合と同様に適応現象が起こり閉経後の時間的経緯とともに不動時間の延長が消失すること、この現象には系統差がみられ DBA 系マウスでは発現しないこと、発現機序にはセロトニン受容体が関与することを示しました (Psychopharmacology, 187:170-180, 2006)。投稿論文審査の過程で審査員から、性周期により不動時間は変化するのか、つまり対照群の性周期変動はどうかという盲点をつかれましたが、幸いにも追試験の結果、性周期による不動時間の変動は認められず、むしろ強固な証拠を得ることが出来ました。最初の報告ということで、審査員の疑問に正確に答えようと努力した結果、2編とも原著制限枚数を大幅に超えたのですが、編集委員長と審査員3名の好意的判断で受理されました。閉経周辺期の気分障害に対しては、各国で伝承的に多様な天然物が有用とされており、この実験系を用いて前臨床評価を進展させれば、抽出物から候補物質の同定ができ、新たな代替医療が開発できるものと、現在、研究を進めています。共同研究者の一人である別宮直子氏は、これらの成果の一部を博士論文として提出、医学系研究科の最優秀論文に選ばれ、小林賞の受賞となりました。国際的な反響も予想外に大きく（特に、女性研究者から）、本年10月にタイで開催される the 33rd Congress on Science & Technology のシンポジウムに招請され、来年にドイツで開催される the 50<sup>th</sup> Anniversary Congress of the Collegium Internationale Neuro-Psychopharmacologicum のシンポジウムでも講演が予定されています。国内的には、日本神経精神薬理学会から本研究の成果をまとめた総説の依頼がなされています。

## 独自の癌壊死療法を中心に癌治療に関して多くの成果を得る

医学部附属病院 渡部祐司

新しい分野の研究の推進：従来の発想とは全く異なる、ピンポイントで治療可能な熱を用いた癌壊死療法を開発した。医理工連携プロジェクトである癌治療に対する誘導加熱療法の臨床応用を開始したが、子宮頸部癌に対する誘導加熱壊死療法の臨床応用から開始した。結果として、腫瘍部以外への副作用はなく、有効性安全性が確かめられた。また、既に NEDO にも採択されたが、我々が発見した新しい発熱磁性体およびリポソーム包埋磁性微粒子の癌治療への応用が認められたと評価している。従来の抗癌剤や放射線治療では得られなかった患者の負担が少ないと同時に、ピンポイント攻撃で 100%の癌壊死を得られる治療法と考えている。

集大成：誘導加熱装置に関する特許数件、発熱磁性体に関する特許数件が既に採択されている。我々のオリジナルである装置や材料を用いて研究してきた内容が特許として認められている。また、これらに関する研究成果が英文で 10 編以上発表されており、多くの施設から我々の研究成果が注目されている。

共同研究の推進：滋賀医大、大阪府立大学と共同研究を行っており、誘導加熱治療やリポソーム包埋 DDS 治療の研究中である。学内では、歯科口腔外科、外科教室に対して既にリポソーム包埋抗癌剤を納入しており、研究のためのオーダーメイド材料を提供することが可能となった。

## 産業副産物“製紙スラッジ”のナノ物質化学的な基礎研究から循環型社会技術及び資源確保技術としての新規有効利用方法の創出

農学部 逸見彰男

愛媛県の代表的産業である製パルプ産業の副産物として製紙スラッジがあります。製紙スラッジは全国で年間約 470 万トン、愛媛県で年間約 100 万トン排出されています。わが国の紙パルプ業界は、製紙スラッジの多くを 1 トン当たり 6,000~7,000 円かけて焼却・埋立処分しており埋立場所のスペース不足等様々な問題を抱えています。こうした状況から製紙スラッジも大量廃棄する時代ではなく、新たなごみを生まないゼロエミッション再資源化方法の確立が急務となっています。こうしたなか、環境省より、廃棄物処理等科学研究費補助金（研究課題「製紙スラッジ産業廃棄物からハイドロキシアパタイト複合体の創製に関する研究」研究費補助金総額：39,780,000 円）を受けて行った本研究によって、製紙スラッジ中からハイドロキシアパタイトとゼオライトを結晶化させると同時に酸化チタンを光触媒活性化し、ハイドロキシアパタイト-酸化チタン-ゼオライトナノ複合体を創製でき、これらナノ複合体のメカニズム解明及び酸化チタンの光触媒活性化メカニズムが解明できました。本研究で創製された機能性ナノ複合体は、ゼオライトのもつ有害物質の吸着性・陽イオン交換性に加えてハイドロキシアパタイトのもつ高分子吸着性・陽陰イオン交換性と酸化チタンの有する光触媒作用を組み合わせることで、高・多種機能を半永久的に持続させる環境浄化材料として利用できる新技術の基礎を確立しました。つまり、製紙スラッジを、新素材として、シックハウス防止用、抗菌用など用途に応じた各種の材料

として用いることを可能にしました。この成果によって、製紙スラッジについて、その新しい有効利用技術を創出することができました。