

SHINLA TURBINEシステムの研究開発

教授
齋藤 武雄



講師
山田 昇



助手
若嶋 振一郎



図5

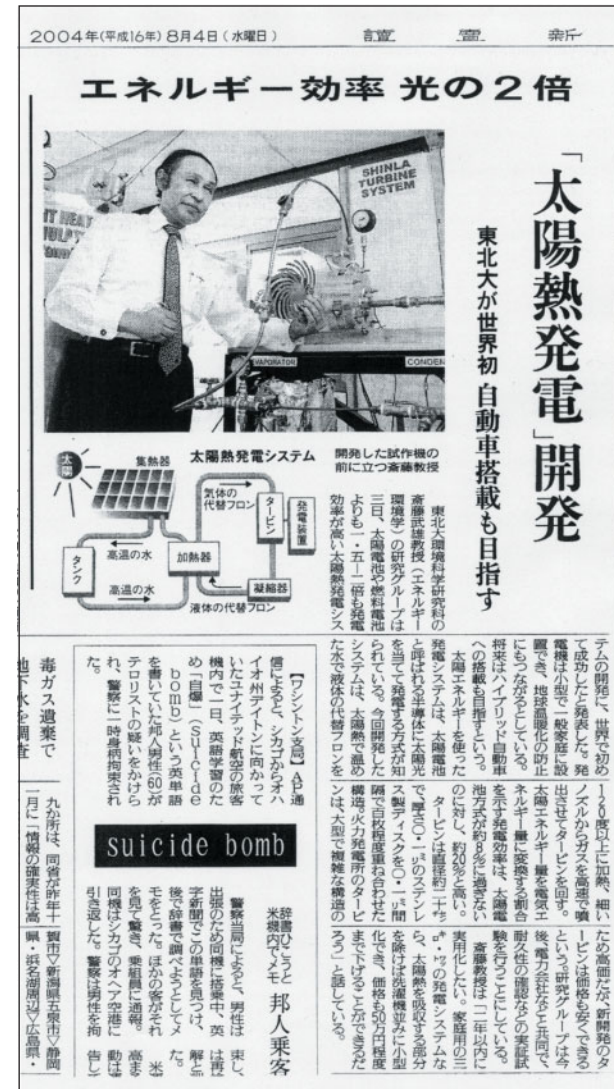


図1 読売新聞記事（2004年8月4日付け）

◇SHINLA* TURBINEシステムの研究開発

本研究室では、(1) 小型・小出力でも高性能を達成できること（最低でも、現行の太陽電池（PV）の年間平均発電効率（全国平均値）の2倍の効率であること）、(2) 安価であること（kWあたり10-20万円程度であること）を目標としたSHINLA TURBINEシステムの開発を行い8月初旬に記者発表を行った。また、60社以上に上るマスコミ・企業・自治体から問い合わせを受けることになった。

本システムは、最適設計を行うことによりカルノー効率比CER=90%の達成が可能であり、SHINLA TURBINE SYSTEMは、総合発電効率が20%を超えることが予想され、PVの2倍、燃料電池の1.5～2倍を達成できる。

本システムの主な構成はソーラーコレクタ、アキュムレー



図2 SHINLA Turbine System

タ（系統連係では不要）およびエキスパンダの3大要素により構成され、ソーラーコレクタには、本研究室で別に研究・開発が続けられている中温度領域（100～200℃）において高効率なCPC（Compound Parabolic Concentrator）型を用いている。また、アキュムレータの設置によって出力の平準化が可能となっている。エキスパンダには、重ね合わせの概念（Concept of Superposition : COS）に基づいた新しいディスクタービンを採用している。熱媒体としては2つの冷媒を採用している。この冷媒は水と比べて蒸発潜熱が小さく、かつ沸点が低いため、熱効率を高くとることができる。Working fluidは、ソーラーコレクタで得られた高温水と蒸発器において熱交換することにより、高温・高圧の蒸気となり、タービンを駆動し、その後、コンデンサ内で凝縮し、再び蒸発器に戻るサイクルを形成している。

本タービンシステムは、単に発電のみではなく、暖房・給湯・蒸気提供、殺菌や燃料製造など幅広い用途に応用が可能である。また、他の低温度排熱源の利用、特に自動車などへの応用が非常に有望視されている。

※ SHINLAとは森羅万象の“森羅”から命名した。
広辞苑によると“限りなく並び連なる”という意。



図3 記者発表風景写真



図4 東京渋谷近辺での観測風景

◇ヒートアイランド（都市温暖化）の観測

地球の温暖化と並び、21世紀に顕在化する環境問題の1つに、都市温暖化（ヒートアイランド）がある。今年は、猛暑により都内での熱中症救急患者は700人を突破している。この原因としては、気象学的な変動によるものもあるが、都市空間の環境の変化による影響が大きい。高層ビルが林立する都市空間（たとえば、新宿高層ビル街）では、そこに存在する人間に対して、日射、建物や道路などからのふく射、高温大気からの対流熱伝達などのエネルギー流束が到達し、この他に気温、気流速、湿度、代謝、着衣、UVなど快適性の諸要素が重畳する。

このような都市屋外空間の快適性指数は、これまでの屋内空間のものとは全く異なる特徴を持ち、温度に対して、非線形性を示すようになる。このことは将来の都市環境を評価するときに重要であって、気温や湿度などばかりでなく、あらゆる環境要素を加味した指標を用いる必要がある。本研究室では、新たに不均一放射場を計測するために、

CPC型放射熱流束計を作成した。今年度は、この放射熱流束計を用いて、夏期の都市街路空間において計測を行った（図4）。測定地点は、東京都渋谷駅前付近で、日時は2004年8月4日の昼間（12:00-13:00）と夜間（19:00-20:00）である。昼間の結果においては、日射の影響を強く受け放射強度が他と比較大きく、不均一な放射場となっている。このとき、昼間全天日射量の平均値は950W/m²であった。一方、夜間の計測結果においては、センサー12方向の放射強度は約155W/m²・srでほぼ均一となっており、不均一性は認められない結果となった。また、写真に示すように、観測実施にあたってはマスコミからの取材を受け、その結果等は非常に注目を受けている。

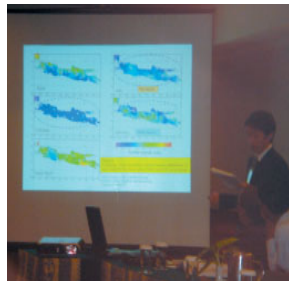
◇2004年度の受賞

齋藤武雄、環境省大気環境保全活動功労者表彰
齋藤武雄、日本冷凍空調学会功績賞

研究室HP : <http://www.sol.mech.tohoku.ac.jp/index-j.html>

自然環境地理学分野
人間環境地理学分野多様な地域の場における
人間-環境関係の解明教授
境田 清隆助教授
上田 元助手
関根 良平

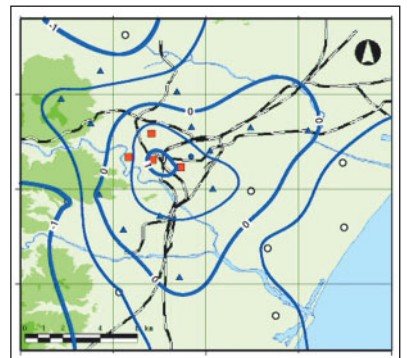
(写真 1) 仙台市内ヒートアイランド観測（定禅寺通）



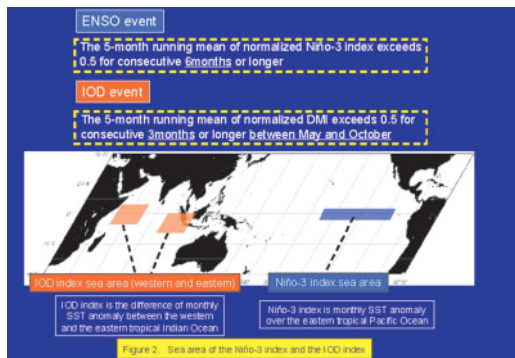
(写真 2) ジャワの国際シンポジウムにて



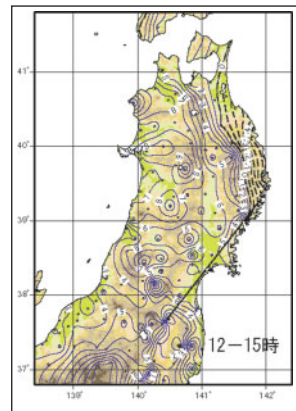
(写真 3) 内蒙古の郷役場に設置した気象観測機器



(図 1) 仙台のヒートアイランド（春季深夜）



(図 3) ジャワ降水量に影響する ENSO と IOD



(図 2) GPS 可降水量データが捉えたヤマセ

1. 境田は昨年同様に 4 つの課題で研究を行った。

1) 仙台のヒートアイランドの実態把握

仙台市の依頼によって、東北大学工学研究科の持田助教授、東北工業大学の渡辺助教授と協同し、8月3～5日に仙台の都心でヒートアイランドの観測を実施した。各研究室から観測器具を持ち寄り、宮城県保健環境センターの濃度計を借用し、環境科学研究科や理学部の学生の応援を得て、2昼夜連続の有意義な観測であった（写真 1）。また仙台市内 24 箇所の小学校の百葉箱を利用した気温と湿度の観測を継続中であり、このデータを利用し「ヒートアイランドと海風」のテーマで、2005 年日本地理学会春季大会のシンポジウムの発表を予定している（図 1）。

2) ヤマセと冷夏に関する研究

江戸時代後期以降の冷夏の出現傾向について「仙台市史」に執筆した。そのエッセンスを「仙台市政だより」に執筆したところ、「定年時代」から取材があり、紹介記事が掲載された。また GPS 可降水量データを用いたヤマセの解析結果は、2004 年東北地理学会春季大会で発表した（図 2）。

3) ジャワ島の降水量変動と農業

1971 年以降のジャワ島の降水量変動を太平洋の ENSO とインド洋の IOD の双方から解析する研究を実施し、

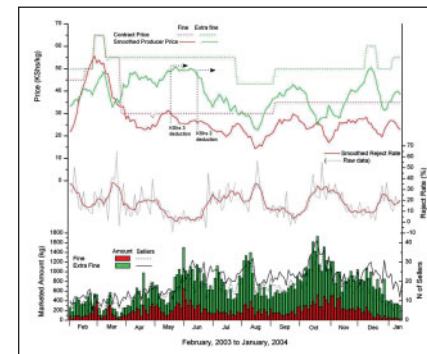
2004 年東北地理学会春季大会で発表した。その後の解析結果を加え、環境科学研究科の M1 小野済が 12 月 3～5 日にジャワ島セランで開催された国際シンポジウムで発表した（図 3）（写真 2）。

4) 内蒙古の砂漠化と気候変動

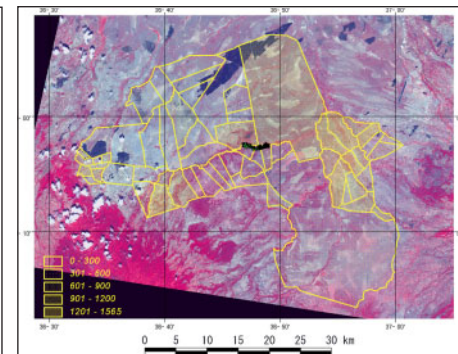
宮城教育大学小金沢孝昭教授を代表者とする科研費は 2 年目を迎え、6 月 2～9 日に内蒙古の調査を実施した。武川県の郷役場に気象観測装置を設置し、毎時データを観測・記録を開始した（写真 3）。また昨年入手した 30 年間にわたる気温と降水量データを利用して、衛星データから明らかになった植生量変動との関係を求める研究を開始した。

2. 人間環境地理学分野の上田は、数次のフィールドワークによって東アフリカ農村社会研究を進めた。

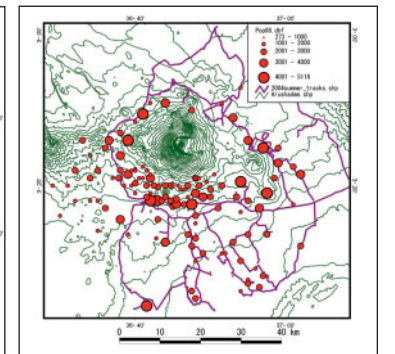
ケニアにおいては、中央部・半乾燥地域の新開小農社会における輸出用換金作物の契約栽培と灌漑水の共同管理（灌漑運用規則の生成過程）について調査を継続した（科学研究費・基盤研究（B）（2）：ケニアの半乾燥地域における農村社会のモラル・エコノミーに関する環境地理学的研究、研究代表者）。用水困難な灌漑水路下流農民は、自らをサヤインゲン出荷協同組合へと組織



(図 4) サヤインゲン生産の変動（ケニア）



(図 5) 半乾燥地域の植生被覆（赤）と人口分布（ケニア）



(図 6) メル山麓の人口分布と交通システム（タンザニア）



(写真 4) サヤインゲン出荷（ケニア）



(写真 5) 内蒙古自治区で近年出現している農家観光パオ

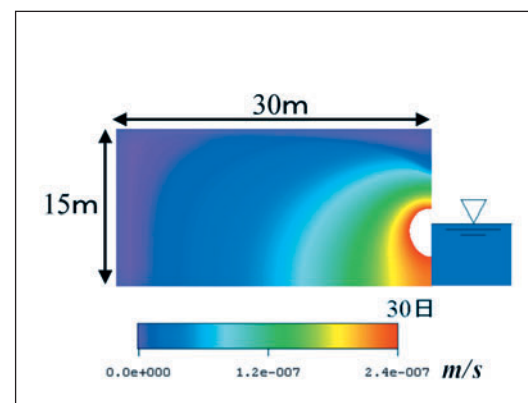
しつつ買取輸出企業と契約を結ぶことを通して上流農民との交渉を以前より有利に進め、その結果として灌漑運用規則を改正して水へのアクセスを改善し、高頻度の灌漑を要する輸出用商品生産を自給補助的に実現してきた（図 4）（写真 4）。他方、上下流間での用水上の費用便益配分の適正化や乱用水抑制のための合意は未形成の段階であり、灌漑運用の持続可能性をめぐる問題を抱えていることが明らかになってきた。並行して、徒弟制による都市零細企業群の再生産プロセスについて収集してきた時系列データをもとにして、人口稠密な在来農村地域の中小都市における小農の農外活動が、以上のような半乾燥地域に土地を購入して移住する資金を蓄積し、また生計多様化を支える程度について検討した（図 5）。

タンザニアでは、北部のメル山周辺地域に展開するメル人小農社会における農業集約化・生計多様化の過程を集落群システム・地域経済圏の観点から把握するための基礎作業の一環として、定期市・交通システムの調査に着手した（図 6）（科学研究費・基盤研究（A）（1）：東アフリカのコーヒー産地をめぐる地域経済圏に関する実証的研究、研究分担者）。

3. 関根は 2002 年度より進めている中国内蒙古自治区における農村・牧畜業の変容に関する研究を継続して行った。

今年度は、昨年度まで焦点をあててフィールドワークを行ったジャガイモ生産と近年導入された大型家畜に特化しつつある地域の農村に加え、旧来の羊・カシヤ山羊を中心とする牧畜から乳牛の舎飼いによる牛乳生産へ転換が（政策的強制を一部伴いつつ）はかれ、かつ農家民営的な観光用パオの経営が展開しつつある地域も新たに調査地域としてフィールドワークを行った。両地域とも草地・農耕地の劣化が進み、耕地を草地や林地に戻す「退耕還林」「退耕還草」政策、草地における家畜放牧の禁止政策が実施されている地域であるが、特に牧畜を生業としてきた後者の地域では、彼らの生活維持戦略の転換を大きく迫られている。そのなかで、既にかなりの生活向上を達成している沿岸部都市住民を対象とした観光パオは、彼らにとって大きな収入源となりうる可能性を持っている。その際重要なのは、観光パオを建設・運営するための資金や観光客を呼び込むノウハウなどであるが、それを大きく規定するのがいわゆる「親戚」などの都市住民とのネットワークである。対象地域では、そうした手段を持つものと持たないものという点から格差が発生しつつあり、いわば「観光ブーム」が地域環境を大きく変容させる結果となっている（写真 5）。

水資源と環境に関する研究

助教授
風間 聡

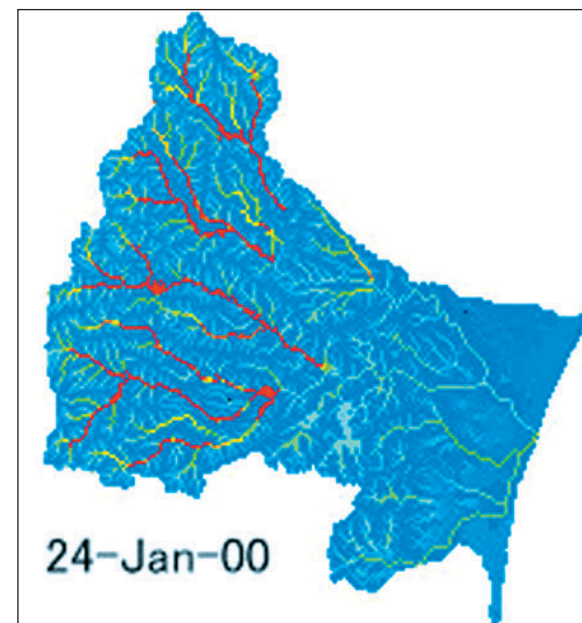
メコン河河岸土壌水流速分布

平成16年度の研究成果は大きく分けるとメコン河関連、雪に関するもの、河川環境に関するもの、基礎研究の4つに分けることができる。

積雪に関する研究は、代表者として森林総合研究所から受託研究「山岳域における積雪分布の推定精度向上に関する研究」（平成14～16年度）に参加した。これは温暖化による日本の積雪水資源がどのような影響を受けるかを評価しようとするものであり東北地方の積雪水資源量、密度、積雪深を精度よくシミュレーションすることに成功した。この結果を用いて積雪環境に関する研究を進めている。その成果として以下の論文を発表した。“戸塚岳大、風間聡、朝岡良浩、沢本正樹、積雪モデルと衛星積雪面情報を用いた東北地方の積雪分布と融雪係数の解析、水文・水資源学会誌17巻5号”、“泉宏和、風間聡、戸塚岳大、沢本正樹、全日本の積雪水量、積雪深、全層積雪密度分布推定、水工学論文集、第49巻”、“戸塚岳大、風間聡、沢本正樹、森林が積雪量に及ぼす影響に関する検討、水工学論文集、第49巻”、“朝岡良浩、風間聡、沢本正樹、積雪域における融雪期の植生活動と気候因子の解析、水工学論文集、第49巻”。これらはいずれも積雪モデルを用いた周辺環境の評価を行っている。

メコン河に関する研究については、代表者として科学研究費若手Bとして「大河川の洪水・氾濫が周辺環境に及ぼす影響評価」の継続と、土木学会重点研究課題「熱

帯モンスーン域大河の河岸侵食機構の解明」を獲得した。また、研究分担者として、科学研究費特別研究促進費「地水文観測データの不足する流域での水文予測」や科学研究費奨励研究「雨季乾季のある大陸大河川の河岸侵食・土砂移動機構の解明」、RR2002「アジア・モンスーン地域における水資源の安全性に関するリスクマネジメントシステムの構築」に参加している。その成果はAdvances in Integrated Mekong River Managementの国際会議において、以下の3篇を発表した。“Kudo, Makoto, S. Kazama, K. Suzuki and M. Sawamoto, Study on sediment movement in the middle Mekong River basin, pp.103-109”, “Kazama, S., T. Hagiwara, and M. Sawamoto, Groundwater analysis in the lower Mekong region, pp.284-289”, “Asano, Takashi, M. Kazama, R. Uzuoka, N. Sento, S. Kazama, N. Izumi, Takeshi Nakamura and Chanseng Phongpachit, Geotechnical aspects of riverbank erosion along the Mekong River in Vientiane, pp. 353-360”. この会議では、最終日の総合討論の議長を務め、公式発表の素案作成に貢献した。メコン河の研究においてメコン河の河岸浸食の問題は佳境を迎えつつあるが、新たにカンボジアの氾濫原において大腸菌の観測を開始した。メコン河の研究レビューを“風間聡、竹内邦良、解説 シリーズ「メコン河流域特集」、メコン河流域への洪水モデルの適用、水文・水



名取川の融雪水の流れシミュレーション

資源学会誌、第17巻、5号」に解説した。

河川環境に関する問題は、代表者として、国土交通省との共同研究「土地利用を考慮した氾濫水理解析と予測」を行っている。分担者としては、科学研究費基盤A(2)「河口域生態系管理のための栄養塩・循環モデルの開発」に参加している。その成果として、“Matsumoto, Satoru, So Kazama, and Masaki Sawamoto, Japanese firefly habitat assessment based on hydrological simulation, Environmental Hydraulics, Balkema, pp.919-926”に論文発表した。これは水文学と生態学の融合を目指した分野である。植生からの蒸発散を推定した“Watanabe, Hiroaki, So Kazama, and Masaki Sawamoto, Verification of a NDVI-evapotranspiration model using a single layer model, GIS and RS in hydrology, water resources and environment”がIAHS publication no. 289に掲載された。

これら以外にも地球温暖化の水資源問題として、受託研究「温暖化の危険な水準及び温室効果ガス安定化レベル検討のための、温暖化影響の総合的評価に関する予備的研究」を国立環境研究所から、分担者として科学研究費基盤A(1)「気候変動・海面上昇に対する適応策に関する総合的研究」に参加し、その基礎研究成果として“Ranjan, Priyantha, S.Kazama, and M.Sawamoto, Effect of sea level rise on the loss of fresh ground wa-

ter resources, Annual J. Hydraulic Engineering, 49”と“Ku, Hyejin, S.Kazama, and M.Sawamoto, Effect of geomorphologic resolution on hydrograph at different scale, Annual J. Hydraulic Engineering, 49”, “Kazama, So and Hyejin Ku and Masaki Sawamoto, Uncertainty of morphological data for rainfall-runoff simulation, Proc the Int. Conf. on Sustainable water resources management in the changing environment of the Monsoon region, Vol.1, pp.400-406”に掲載された。これらは気候変動が流出や地下水に与える影響を評価している。

今年新たに始めた研究はないが、昨年からの沿岸域の塩水侵入とメコン河河岸の土壌水分分布観測と、名取川流域の栄養塩流出観測は継続して行い、データの蓄積を行っている。

旧来の取り組みに関して2件のJICA集団研修「乾燥地域における水資源環境管理コース」と「地球温暖化対策コース」の講師を務め、途上国の技術者指導と水資源の意識の向上に努めた。また、小学校への出前講義や高校大学連携講義、大学1年生への基礎ゼミ等に参加し、環境科学の啓蒙を行った。



貿易と環境

教授
佐竹 正夫

ハノイ



ベトナム縫工場

本研究分野は、国際経済に関係する環境問題をテーマとしている。具体的には、国際貿易や直接投資による企業活動が地域の及び国際的な環境にどのような影響を与えるのかを基本的な課題として、それに関連する政策的・実証的な研究を行う。グローバル化の進展は環境に悪影響を与えるとししばしば主張されるが、貿易と環境の関係はそれほど単純ではない。生産や所得への効果だけでなく、産業構造や技術への効果を通して、貿易は環境に影響を与える。それ以上に重要なのは各国並びに国際的な環境政策である。

佐竹研究室は、教員1名、前期課程学生3名からなる（他に国際文化研究科の後期課程学生3名を指導）。本年度の研究活動は次の通りである。

1. 論文・学会発表

(1) GATT/WTOにおける環境をめぐる貿易紛争の経済分析—初期の二つの紛争について

これは貿易の国際ルールである「関税と貿易に関する一般協定（GATT）」20条の一般的例外の中で環境保護の事由として設けられている（b）及び（g）号に関して、紛争処理委員会（パネル）が設置された二つの事件を取り上げて、伝統的な貿易政策の理論の観点から、パネルの判断を経済学的に評価することを目的としている。2004年7月30日～8月1日に一橋大学で開催された国際経済セミナー（21世紀COEプロジェクト「現代経済社会の規範的評価と社会的選択」）で報告。（COE/RES Discussion Paper Series, No86, http://www.econ.hit-u.ac.jp/~coe-res/DP_Doc/No.86_GATT_WTO.pdf）また、2004年10月10日慶応大学で開催された日本国際経済学会全国大会でも報告した。

(2) アンチ・ダンピングとWTO紛争解決手続き

これは近年急増しているアンチ・ダンピング措置に対してWTOの紛争解決手続きがどれほどの役割を果たしているかを分析した論文。アンチ・ダンピング措置の問題点を明らかにして、それを解決する手段としてWTOの紛争解決手続きがどれほど有効かを論じている。本年5月発行の浦田秀次郎・木村福成・馬田啓一編『日本の新通商政策—WTOとFTAへの対応』（文眞堂）に掲載予定。

2. 学生の研究課題

90年代の経済成長と大気汚染の関係のクロスセクション・データによる計測

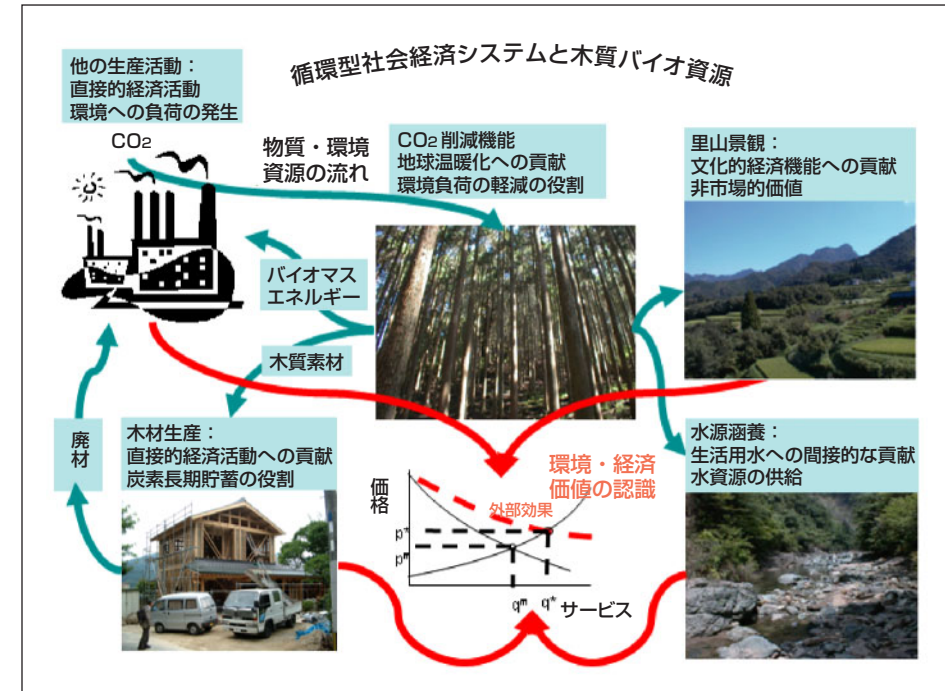
中国の地域格差と環境汚染の実証的な分析

中国内モンゴルにおけるカシミヤ生産・貿易の砂漠化への影響

3. その他（海外調査・社会活動）

ベトナムのハノイとハイフォンを訪問、政府（産業省、貿易省、環境天然資源省）日本大使館、JICA、タンロン工業団地、ノイバイ工業団地、野村工業団地などでベトナム経済、貿易・投資及び環境政策などについて聴き取り調査（2004年3月26日～4月4日）。東北大学リカレント公開講座「環境問題を科学する」で講義（5. 環境経済学入門：循環型社会の経済学、2004年9月3日）。

環境資源経済分析と統計数理モデリング

助教授
吉本 敦

1. 学会活動：

- ・資源・素材学会東北支部平成16年度春季大会特別講演会（6月25日）にて講演：「循環型社会における森林資源管理にむけて」
- ・International Conference on Sustainable Harvest Scenario in Forest Management (Táale, the Low Taras, Slovakia, August 25 - 27, 2004)を開催
- ・International Symposium on The Role of Forests for Coming Generations -Philosophy and Technology for Forest Resource Management -(October 17-22, 2004, Utsunomiya University Utsunomiya, Japan)にて基調講演「Mathematical Modeling for Forest Resource Management - Deterministic vs Stochastic -」
- ・4th Annual Hawaii International Conference on Statistics, Mathematics and Related Fieldにて研究発表「Stochastic Control Models for Sustainable Forest Stand Management - Geometric Brownian Motion and the Mean-Reverting Model for Log Price Dynamics」

2. 公開講座等の活動：

- ・みやぎ県民大学にて「環境・森林経済」について講義（9月17日）
- ・第一回環境科学研究科セミナー「環境統計と数理モデル」

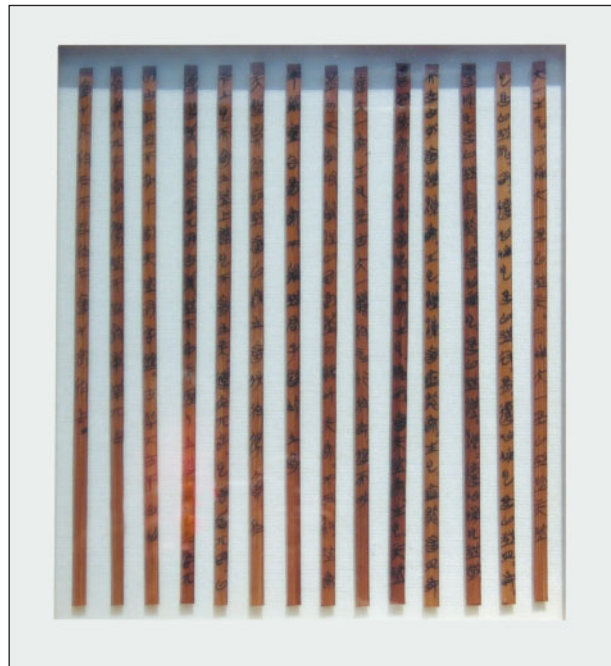
の開催（9月24日）：内容「記述統計（佐藤健一講師：広島大学原爆放射線医学研究所）」、「回帰分析（柳原宏和講師：筑波大学大学院システム情報工学研究科）」、「生存時間解析（大瀧慈教授：広島大学原爆放射線医学研究所）」、「リスク分析（秋葉澄伯教授：鹿児島大学大学院医学研究科）」、「モデリングの応用（吉本 敦：東北大学大学院環境科学研究科）」

3. 研究活動：

- ・平成15年度～平成18年度 基盤研究B（2）・不確実環境における森林資源最適確率制御モデルによる炭素固定の経済分析：本研究では、不確実性を考慮できる森林資源管理に対する最適確率制御モデルを構築し、構築されるモデルを用いて森林所有者の管理行動を予測・制御しつつ、温暖化防止に対する森林資源管理を通じた炭素固定機能の経済評価を行うことを目的としている。
- ・平成16年度 統計数理研究所共同研究・炭素収支を考慮した状態依存型最適森林経営モデルの構築：本研究では、炭素収支を考慮した最適個別森林経営モデルの構築及び炭素ビジネスの森林資源管理に及ぼす影響について分析することを目的としている

古代中国における文明と自然

教授
浅野 裕一



現代の環境問題は、人類が築き上げた現代文明の急速な拡大が、自然の生態系を破壊し、文明の存続を危機に陥れているとの問題意識から語られている。これに類する危機感は、今から二千数百年前、紀元前の古代中国においてもしきりに表明されていた。

古代中国が築き上げた黄河文明は、乾燥地帯に成立した巨大な都市文明であったが、それだけに人口の増加や富の生産量の拡大は、ただちに大規模な自然破壊をもたらし、文明と自然の間の矛盾を顕在化させた。そのため諸子百家と呼ばれる思想家たちは、文明と自然の問題を様々な角度から思索した。

これら諸子百家の思想には、現代の環境問題を考える上でも、多くの示唆が含まれている。だが彼らが書き記した文献の大半は、秦の始皇帝による焚書や書籍の散逸によって滅んでしまった。したがって辛うじて残された伝世文献にのみ頼って古代の思想を復元する作業には、大きな制約が付きまどってきた。

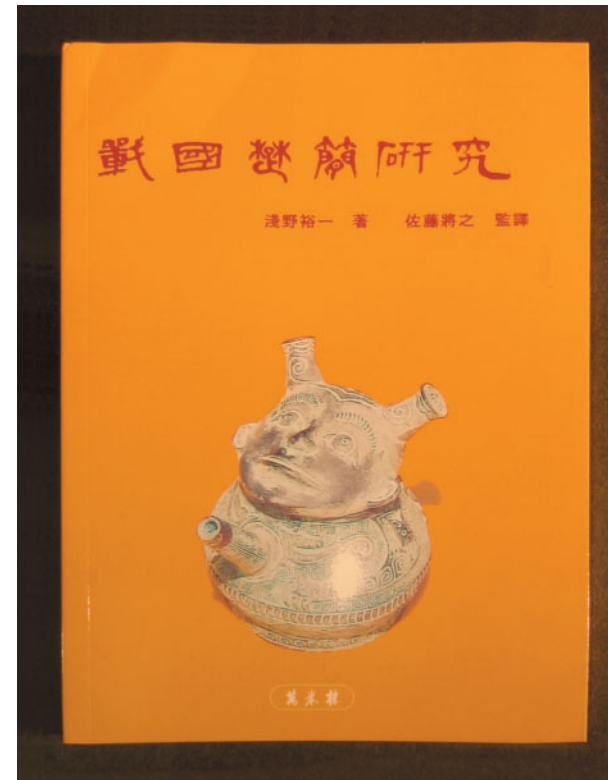
ところが十年ほど前から、中国では戦国時代の竹簡資料の発見が相次いでいる。湖北省の郭店一号楚墓から出土した郭店楚簡や、上海博物館が骨董市場から購入した

上博楚簡などがその主なもので、これらの新出土資料を用いる方法によって、従来の制約を脱して古代思想の復元に取り組める時代を迎えている。本分野では、湖北省江陵一帯から出土した戦国楚簡を積極的に活用して、古代中国における自然と文明の関係を研究している。

2004年4月には、台湾から学術交流の招待を受け、台湾大学東亜文明研究中心が開催した「上博簡與出土文獻研究方法學術研討会」において、「上博楚簡『魯邦大旱』的「名」」と題する研究発表を行った。また8月にはやはり学術交流の招待を受け、北京・清華大学で行われた「多元視野中的中国歴史、第二届中国史学国際会議」において、「上博楚簡『恆先』的道家特色」と題する研究発表を行った。

前者の『魯邦大旱』は、魯が大旱魃に襲われた事件にどう対処すべきかを論ずる内容であり、後者の『恆先』は、独自の宇宙生成論と文明批判を備えた道家の著作である。こうした新出の文献を研究することにより、古代中国の思想家たちが、自然と文明の関係をどのように考えていたのかが、より鮮明に浮かび上がってくる。

2004年12月には、台湾の中央行政院の後援による「國



際中国哲學研究研習營」に国外から招待された五人の学者の一人として参加し、「孔子哲學在中國歷代王朝的地位」と題する講演と、「漢字の特質與古代中國哲學的發展」と題する講演を行った。

著書

『諸子百家〈再発見〉』岩波書店、2004. 8. 全244P. (湯浅邦弘氏と共編)

『諸子百家』講談社学術文庫、2004. 11. 全262P.

『戦国楚簡研究』台湾・萬卷樓、2004. 12. 全211P.

論文

「上博楚簡『魯邦大旱』における刑徳論」(『中国研究集刊』36号) pp 41～54. 2004. 12.

「上博楚簡『容成氏』における禪譲と放伐」(『中国研究集刊』36号) pp 41～54. 2004. 12.

「上博楚簡『魯邦大旱』における「名」」(『国語教育論叢』14号) 木村東吉先生退官記念号、2005. 3.

「上博楚簡《容成氏》中的禪譲與放伐」(『清華學報』第33卷第2期) pp 377～397. 台湾・国立清華大學出版、2004. 11.

「上博楚簡《恆先》的道家特色」(「多元視野中的中国



歴史、第二届中国史学国際会議」提出論文、『清華大学学報』北京・清華大学、掲載予定)

「上博楚簡《魯邦大旱》的刑徳」(『清華大学学報』北京・清華大学、掲載予定)

「上博楚簡『恆先』の道家的特色」(『早稲田大学長江流域文化研究所年報』第三号、掲載予定)。

朝鮮民族文化研究分野

朝鮮における中世期文芸の時空環境から新たな文学史体系を探る

教授
成澤 勝

発表後の討論（新たな方法論への評価）



会議の合間に（洪瑛欽東亜人文学会長と）



朝鮮社会科学院での研究報告

新羅時代から李氏の朝鮮時代にいたる文学活動の一角を取り巻いた歴史的環境・宇宙的環境を新たな視点から洗い直し、定説化している文学史的位置づけを再点検した。特に「宇宙的環境」と言ったのは、新羅の郷歌「融天師彗星歌」を取り上げ、作品の主題と密接に関わってくる彗星現象を天文学のレベルから検証すべく、まず類似時代の高句麗の天文現象を精査し、方法論としての「天文学活用の有効性」を確認させ、もって作品の制作年代考証に大きくアプローチすることができた。これは12月17日から19日にかけて東北大学を会場に開催された国際会議（第5回東亜人文学会＝本部韓国大邱）において発表し、その未曾有の方法論と検証結果への期待から大いに評価された。

また、李氏による朝鮮王朝期の文学を支えた時代エトス（精神風土）を、もっぱら儒教思想のもとで扱われてきた「孝」に注目しつつ精密に調査し、分析を加えた。とりわけ、時代文化における士大夫庶民の重層構造に着目し、民族文

化の中にオリジナルな現象として確認できる「孝意識」の検出に成功した。さらに、オリジナルなものであるとしてもその孝意識の形成はおおいに仏教における恩思想と融合し、詩歌や叙事といった文芸のテーマとして扱われてきた。そして史的発展がなされる。すなわち、倫理教化の目的化されていた時期を脱し、一定の嗜好を求める芸術へと進化していく過程を検証した。この研究は、8月4日から6日まで平壤で開催された第2回世界朝鮮学国際会議哲学部会で報告した。この報告は、この場で同様のテーマのもとに行ったサンクトペテルブルグ大学のクルパノフ準教授の発表と対比されつつ、「民族独自の精神文化の検出」という面から大きく評価された。主体思想の新段階を構築しようとしている朝鮮民主主義人民共和国の学者たちの「民族の文化的独自性追究志向」と重なるところがあるといった評価であった。また、この部会の2日目には司会も委ねられた。

平成16年度は新たな研究の方向を開拓した。ひとつは「中朝をめぐる歴史認識とその今日的動態についての考察」で

研究員（客員）
朴 灿奎

高句麗初代王東明王陵といわれる（平壤近郊）



豆満江河口中朝口三国国境接点「土字牌」にて

ある。特に03年から04年にかけて世界遺産登録問題が案上に載せられてきたことに伴い、高句麗史に対する歴史評価が中国および南北朝鮮間で激しく議論されてきている。しかも純粋に科学的立場から解明しようという姿勢よりも、国益主義、民族主義的な方面からの議論が先に立ってきつつある。本プロジェクトの最大の意義は、この歴史認識問題の背景をこの地域の現代的事象（政治・言語・文化・教育等）の視点からも分析する点にある。歴史評価は往々にして現代社会の様々な思惑から、学術的客観性を逸脱して様々な問題へと波及する可能性をはらんでいる。そうした傾向を排除しつつ、この地域に共生をもたらす歴史認識の形成は如何にして可能となるのか。こうした課題への一定の解答を得るための具体的且つ詳細な資料・データをまとめ上げようとするものである。科学研究費の補助による、また、上記プロジェクトを補強すべく日本学術振興会から支援を得て、高句麗史研究では中国で唯一博士号を有する朴灿奎研究員が客員として研究室に加わった。そして、「高句麗史及びその認識環境の研究」というテーマであらたに科学研究費補助が追加された。

後半には民族文化の新たな可能性をも問う意味で、新時代建設、地域創成を試みるプロジェクト「日本海北西地域における環境保全誘導型産業圏構築のシミュレーションに向けて」を立ち上げ、メンバーだけの研究会以外に、

研究科全体研究会でも一角をなす分科会を構成して、1月にはシンポジウムを開催した。日本海北西地域とは日本海に臨むロシアと北朝鮮の国境地域で、国連のUNDPが早くから注目してきた北東アジア地域における開発予定の一拠点である。この地域は、早晚産業化という意味で開発が進められる地域である。本プロジェクトでは、とくに羅津・クラスキノ圏を中核とするエリアを対象とし、この地域に一定の産業複合圏を形成していく過程でもたらされる環境への負荷を継続的かつ微視的に点検し、これを修復しさらには新環境体系創成をシミュレートしていく上での基礎的な研究を行うことを目的としている。本件課題は各研究者が本来の専門をさらに追究していくような研究方向ではない。むしろ各デシプリンを一旦離れ、蓄積済みの基盤たるべき研究を合目的的に再体系化し、活用・応用へと進めていくもので、研究資源（調査の成果や人的資源）を、新時代創出そして新地域構築に活かしていく「建設作業」としての研究である。現在のみならず次世代の社会建設をグローバルな視点から自然調和的に導いていこうとするもので、そこに必要なあらゆる学術領域が有機的に関わっていく研究態勢を築き上げることが求められる。

中東・中央アジア地域研究分野の活動報告

教授
木村 喜博



タシケント国立経済大学との学術交流に関する打合せ

中東・中央アジア地域研究分野の研究領域は、これまで、当該地域の人間社会が、これら人間社会を構成する諸要因（内的・外的な政治的、経済的、社会的、思想・文化的諸要因や人間社会が依って立つ自然環境）によって、どのように変化してきたか、言い換えれば人間社会の生業システム、社会・生活システム、思想・文化システムを総体的に理解する研究を経験・実証的に行っている。その際、これを他の社会と比較しながらこの地域の特徴と将来の方向性を論ずることを念頭においている。

例えば、自然環境（気候・風土、資源の存在と利用、災害など）、政治紛争・衝突、社会・文化的差異（民族・部族、宗教、言語、慣習）、技術とくに情報技術の発展が人間社会の構成（政治環境、経済環境、社会・文化環境）とどのように関わっているのか、または関わっていくのかについて研究を展開している。

今年度の当研究分野の構成員は、教官教授 1 名の他に、JSPS 外国人特別研究員（キルギス共和国）1 名、後期 3 年の課程の院生 5 名である。

【今年度の中東・中央アジア研究分野における活動】

当該研究分野では今年度は次のような研究・教育活動を行った。

I 中央アジアの環境問題に関する共同研究の準備作業

中央アジアが抱える環境問題とこれが人間の安全保障に与える影響について来年度から共同研究を実施するための準備作業を行った。ウズベキスタンのタシケント国立経

済大学とキルギス共和国のキルギスタン国際大学を訪問し、協力関係の構築、研究計画の内容について打合せを行った。また、ウズベキスタンのチェルチク地域における窒素肥料工場が地域経済と首都タシケントの飲料水にまで及ぼす環境破壊の実態やキルギスタンの首都ビシュケクのセントラル・ヒーティング工場の排出ガスによる大気汚染の実態等、両国の大気汚染、土壌汚染、水環境の被害などの一部を視察した。

II JSPS 外国人特別研究員の受入れ

Dr.Chotaeva Cholpon（キルギスタン国際大学、2002 年 11 月 15 日～2004 年 11 月 14 日滞在）

研究テーマ：「キルギスタン国家建設の諸側面：言語、宗教、エスニシティ」

「1991 年に独立した中央アジア諸国が、70 年にも及んだ共産主義の支配から解放され、独自の文化（宗教、歴史、エスニシティ）に立脚した国家を建設するプロセスを、とくにキルギス共和国を中心に検証し、これらの研究をまとめ最終報告書を作成した。」

III 学生のインターンシップ派遣

後期 3 年の課程で研究する院生 4 名を 2 月～ 3 月にかけて、1 名を 8 月～ 10 月にかけて、流体科学研究所、環境科学研究所、工学研究科で組織している、21 世紀 COE プログラム「流動ダイナミクス国際研究教育拠点」の国際インターンシップ派遣としてそれぞれが研究を行っている対象国に派遣した。



チェルチク窒素肥料工場（ウズベク）による大気汚染



チェルチク窒素肥料工場の廃液による河川汚染

1) 荒井康一（トルコ、アンカラ：2004/2/8-2004/3/22）
Faculty of Architecture, Middle East Technical University, 受入教官：Prof. Dr. Ayse Gedik

「現代トルコにおける社会流動のダイナミクス—工業化と農村社会の構造変化を中心に—」の研究

2) 伊藤雄高（スーダン、ハルツーム：2004/2/21-2004/3/24）
Centre d'Etudes et de Documentation Economiques, Juridiques et Sociales-CNRS, Liaison office Khartoum

受入教官：Dr. Francios Ireton

「現代スーダン社会における人的流動のダイナミクス—政治統合と文化乖離の葛藤をめぐって—」の研究

3) 東久美子（イギリス、ロンドン：2004/2/2—2004/3/23）
Department Political Studies, London University SOAS、受入教官：Prof. Dr. Charles Tripp

「現代イラク社会の流動ダイナミクス—クルド社会の生業・生活システムを中心に—」の研究

4) 柳瀬由子（クウェート、クウェート市：2004/2/11-2004/3/24）

Faculty of Social Sciences, Kuwait University, 受入教官：Prof. Dr. Ali al-Tarrah

「技術・文化の移入と社会流動のダイナミクス—クウェートにおける近代医療の移植をめぐって—」の研究

5) 油井美春（インド、ムンバイ市へ：2004/8/22-2004/10/31）
Department of Humanities & Social Sciences, Indian

Institute of Technology- Bombay

受入教官：Prof. Dr. Pushpa Trivedi

「現代インドにおける社会流動のダイナミクス—マハーラーシュトラ州の宗派対立と国民統合を中心に—」についての研究
IV 他研究科への教育協力

大学院国際文化研究科のイスラム圏研究講座に教育協力を行っている。そこで、後期 3 年の課程の院生 5 名（1 名は外務省に就職し現在休学中、1 名はトルコのボアジチ大学に留学後復学、1 名は昨年から引き続きウズベキスタン科学アカデミーに留学中）と前期 2 年の課程の院生 2 名の指導教官を勤めて、うち 1 名は 10 月に終了。

V 今年の執筆論文

1) 木村喜博、「水資源をめぐる地域政治環境の変化—レバノン南部の国境問題を中心に—」, *MECAS series*, No.26, March 2004, pp1-52.

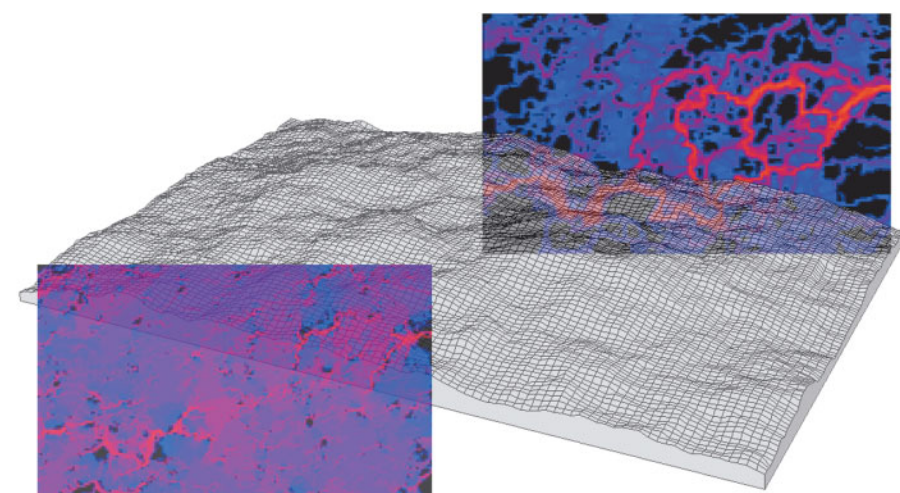
2) Chotaeva Cholpon, 'Language, ethnicity and Religion in Kyrgyzstan - the result of the 2003 survey-', *MECAS series*, No.25, March 2004, pp1-48.

3) Chotaeva Cholpon, *Ethnicity, Language and Religion in Kyrgyzstan*, 172p, November 2004. (in English);

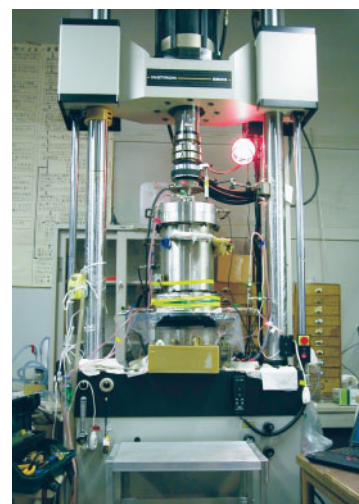
4) 東久美子, 「現代イラクのアキレス腱—モースル州をめぐるイギリス外交戦略—」, *MECAS series*, No.27, November 2004, pp1-43.

地圏物質とエネルギーの 総理解と環境適合

教授
土屋 範芳



左：き裂表面データと流体流動シミュレーション



せん断すべり測定装置

主な研究テーマ

岩石－水相互作用（化学的作用、力学的作用）

地圏環境の流体移動場と流体流動

超臨界地殻流体環境のキャラクタリゼーション

環境放射能計測と地圏構成物質と放射線の相互作用

ジオリアクターのための反応プロセス設計

本年度は、地圏環境における流体移動場と流体移動のキャラクタリゼーションのために、昨年度設計製作した封圧下透水試験装置の本格運用を開始した。その結果、従来ではほとんど例のない大面積（100mm×150mm）き裂の高封圧（100MPa 超）条件下における透水率の室内実験データを得る事が可能となった。

また、実測したき裂表面形状から推定したき裂間隙構造に基づいて、き裂間隙内部の流体流動状態をシミュレートするプログラムコードも、より詳細な流路構造を推定するためにアップデートをおこなった。これにより、前述の透水試験データと併せて地殻内部における流体流動状態を推定、ならびに予測するモデルの構築に関して進展をみた。さらに、これまでは地殻内部流体に関して岩石と流体の化学的相互作用に重点をおいていたが、本年度は新たなスタッフとして根本克己研究員を迎え、我々の研究室でこれまで本格的におこなわれてこなかった、き裂の力学的挙動に対する流体の影響に関して検討を開始した。現在き裂内に流体を流動させると同時に、微小弾性波ならびにき裂面のせん断変位を計測可能な室内実験装置の開発を進めている。

また、オレゴン大学より Brian RUSK 博士を地球科学

COE招聘研究者（6月から11月には工学部国際交流室助手）として迎え地殻流体と岩石相互作用、特に石英脈形成の鉱物学的小および地球化学的挙動について研究をおこなった。

地球内部流体の超臨界現象については、地熱流体を模擬した H₂O-CO₂- 電解質水溶液と海水に関して実験的に臨界点を求め、従来の状態方程式による臨界点との差異について検討をおこなった。さらに、岩石近傍に存在する水の分子状態が岩石に与える影響を観察するため、赤外およびラマン分光による岩石・鉱物界面における水の挙動観察が可能な小型可視セルを製作し、実験データの収集をおこなっている。

岩石と放射線の相互作用に関する研究として、昨年度から引き続き、岩石の熱発光現象と応力の関係について実験的な検討をおこなった。その結果、岩石が過去に受けた応力と熱発光現象の間に不完全ながらも相関性が見られることが明らかとなり、熱発光現象が地殻応力を反映する現象である可能性が示された。

本年度のフィールド調査は昨年度に引き続き、日高山脈における化石地震発生帯の岩石および構造調査をおこなった。

これらは、本研究室がおこなっている地下／地熱資源の開発やそれらの環境の総合的把握はもちろんのこと、地震発生メカニズム解明や活断層の評価等の発展にも寄与できることが期待される。それに伴い、他分野・他研究機関との交流も積極的におこなっており、高知大学海洋コア総合研究センターにおいてはイメージングプレート



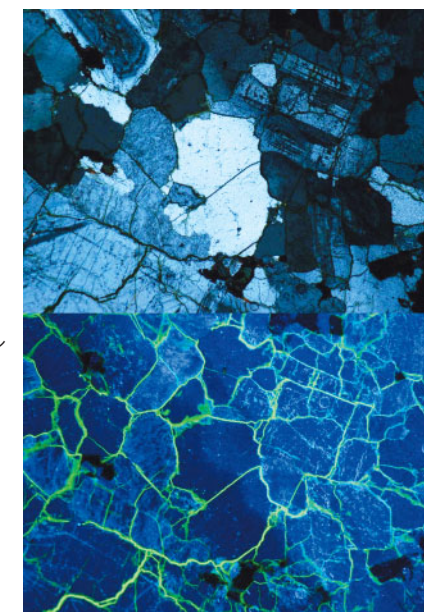
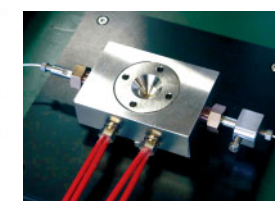
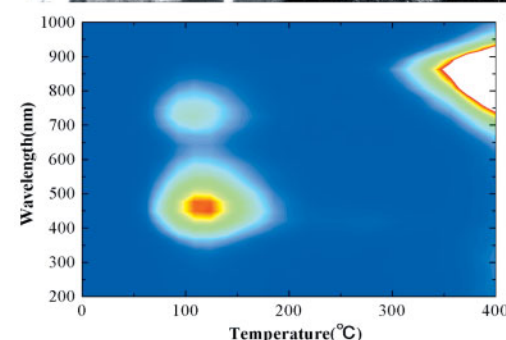
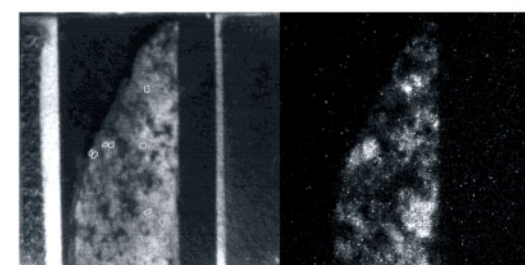
助手
平野 伸夫



COE研究員
根本克己



助手
Brian RUSK



左上：岩石熱発光 (TL) の様子
左下：発光波長と発光量
中上：ラマン・IR 測定用超臨界セル
右：岩石き裂の可視化の様子

による海洋堆積物中の放射線測定を実施した。また、東京大学地震研究所、海洋技術開発機構 (JAMSTEC) 固体地球統合フロンティア (IFREE) とは地震発生帯および ODP21 に関する共同研究を推進している。

【会議開催】

・1st International Workshop on WaterDynamics, 青葉記念会館 (3/21-22)

・2nd International Workshop on WaterDynamics, 仙台国際センター (11/11-12)

【参加した国際会議等】

・Water-Rock Interaction 11, Saratoga, NY, USA(6/26-7/2)

・Solid State Dosimetry 14, New Haven, CT, USA(6/27-7/2)

・Annual Meeting of Geothermal Resources Council, Indian Wells, CA, USA (8/29-9/1)

・Penrose Meeting Geological Society of America, Yellowstone and Butte, USA(9/6-9/11)

・The 26th New Zealand Geothermal Workshop, Taupo, New Zealand (12/6-12/9)

【教育】

博士論文

・高性能人工軽量骨材の開発研究（和知秀樹）

修士論文

・電解質水溶液－CO₂ 多成分流体の臨界現象と臨界点（太田陽介）

・超臨界領域における岩石－熱水間相互作用による岩石き裂の開口と閉塞（高木圭介）

・花崗岩き裂の封圧下における間隙構造および流体流動特性（渡邊則昭）

・Application of thermoluminescence technique to evaluate geothermal activity of the Waiotapu geothermal field（山本信）

COE 海外インターンシップとして、ニュージーランド国立地質・核科学研究所・ワイラケイ研究所に博士1年山本信君は11/26から12/11まで、博士1年渡邊則昭君は12/5から12/22までそれぞれ滞在した。

D3 1名（国費留学生：モンゴル）、D1 3名（1名は国費留学生：モンゴル）、M2 3名、M1 3名、4年生2名、3年生3名在籍。

研究室ホームページ：<http://geo.kankyo.tohoku.ac.jp/>

太陽地球計測学分野

クリーンエネルギーの利用拡大を目指して

教授
新妻 弘明

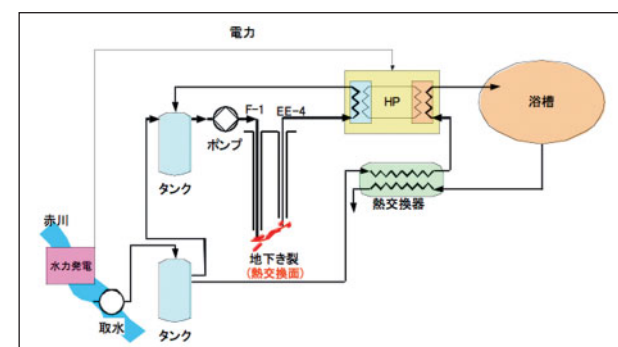


図1：東北大学東八幡平実験フィールドでの再生可能エネルギーシステム。人工き裂を熱交換面として利用し、マイクロ水力発電により駆動されるヒートポンプ装置で温水を生産する。

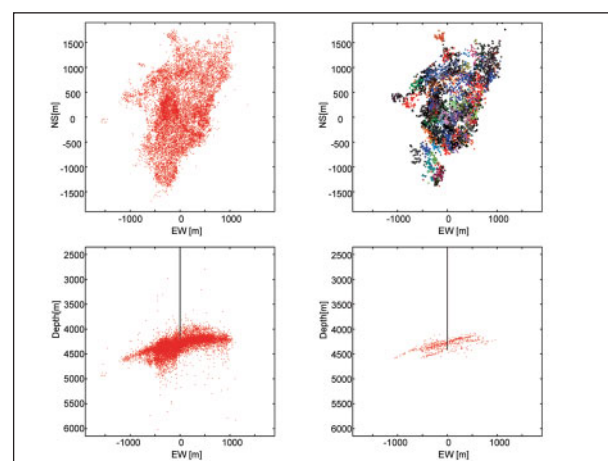


図2：オーストラリアのHDRフィールドで記録した誘発微小地震のマルチプレートクラスタリング解析結果。本解析により従来法（左）に比べより高分解能の震源位置標定が実現するとともに、貯留層の構造が明らかになった。

1. 平成16年度の主な研究活動

A. 総合再生可能エネルギーシステム：EIMY (Energy In My Yard) に関する研究

地域の再生可能エネルギーを各々の特長を生かした形で組み合わせ、技術的、経済的に許す限り最大限利用するエネルギーシステム・社会システムの概念を新妻らはEIMYと名づけ、そのための科学技術、経済システム、社会システムの構築に向け研究を実施してきた。EIMYを実現することにより環境効果に加え、地域経済効果、地域の活性化、エネルギーセキュリティの確保等、地域への寄与が期待できる。

再生可能エネルギーは一般的にはエネルギー密度が小さく、出力の変動が大きい。出力特性の解明、複数のエネルギー源の組み合わせ方法、運用方法の導出が技術的ブレークスルーとなる。これに関して本年度は科研費基盤研究A（代表：新妻、FY2003-2005）の助成のもと、(a)さまざまな規模・構成の再生可能エネルギー複合利用システムの過渡応答、負荷追従性等を明らかにするための「EIMYシミュレータ」の開発研究、(b)自然エネルギーによる非定常な電力を利用可能なヒートポンプ装置の開発研究、(c)マイクロ水力発電による電力と人工き裂を熱交換面として利用する自立型ヒートポンプシステム実現のためのフィールド試験とシステム設計、(d)地中熱ヒートポンプシステムの過渡応答の解明等に関する研究を実施した。これに加え、東北大学青葉山新キャンパスにおける再生可能／未利用エネルギーの利用について調査研究を行ない、具体的なシステム設計を開始した。

本研究に関連して、新妻は長野県小谷村地域新エネルギービジョン策定委員会委員長、福島県天栄村地熱発電事業計画検討委員会委員長をつとめている。浅沼はクロスフロー風車研究会委員として民間企業の風力・太陽光ハイブリッド照明設備の開発に関して評価を行なっている。また、岩手県、産業技術総合研究所と連携し、地層内熱交換型ヒートポンプシステムの導入調査事業を実施している。（図1）

B. 誘発微小地震／AE（アコースティック・エミッション）による超解像地下計測

き裂の進展時に発生する微小地震／AEは地熱や石油・天然ガス貯留層を広範囲に計測可能な数少ない手法のひとつである。本年度はフランス、ソルツHDRフィールド、国内ガス田でのリアルタイムデータ解析（国際共同研究および民間企業からの受託研究）を行なうとともに、科研費基盤研究C（代表：森谷、FY2004-2005）の助成のもと前年度にオーストラリアで記録した信号の解析を進め、マルチプレートクラスタリング解析により貯留層の微細構造と水圧破碎時における挙動を明らかにした。また、本学理学研究科、東京大学地震研究所と連携し、当研究室で開発してきたコヒーレンスコーピング法と呼ばれる超解像震源位置標定法を岩手山火山性地震、兵庫県南部地震データに適用し、本技術の防災、地震学の分野への展開を試みている。

本研究に関連して、今年度は超解像マッピング技術に関する国際共同研究MTCプロジェクト会議を2回開催した。また、Geothermal Resources Council から Best Paper



助教授
浅沼 宏



講師
森谷 祐一

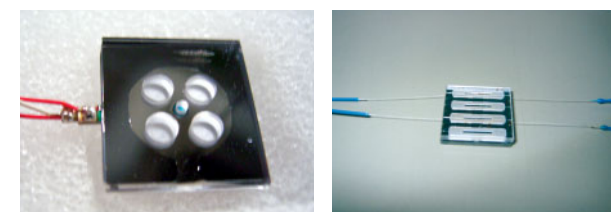


図3：MEMS技術により作製した、超高層デジタル気圧センサ（左）およびハイドロフォン（右）



図4：MTCプロジェクト会議の参加者

Awardを受賞した。（図2）

C. 地下計測・環境情報計測用マイクロセンサの開発

当分野ではMEMS技術により、地下計測・環境情報計測用のマイクロセンサを開発してきた。本年度は、科研費基盤研究B（代表：浅沼、FY2004-2005）、受託研究（石油天然ガス・金属鉱物資源機構）、民間等との共同研究として、高層大気計測用デジタル気圧センサ、土壌／地下水内汚染物質現位置検出のための光ファイバセンサ、ファイバセンサによる坑井掘削時リアルタイム音波検層システム、実用型光干渉型ハイドロフォンの開発等を実施している。（図3）

2. その他の活動

A. 招待講演等

2004年2月：招待講演「地熱エネルギー利用の概念」（新エネルギー財団地熱開発利用マネジメント研修会、新妻）

2004年2月：招待講演「自然エネルギーの利用拡大にむけて」（ハル工業大学エネルギー・環境シンポジウム、新妻）

2004年5月：招待講演「Geothermal Energy in Japan: History and Present Status」（Energy of the earth: 100 years of geothermics in the world（イタリア）、新妻）

2004年8月：招へい「Circulation Test Workshop」（オーストラリア、浅沼）

2004年9月：招待講演「地域のための地域のエネルギーEIMY」（長野県小谷村、新妻）

2005年1月：招待講演「地域と環境科学」（宮城県、新妻）

B. 受賞

GRC Best Paper Award（浅沼、熊野（修士2年）、

泉（修士2年）、新妻ら）

日本地熱学会研究奨励賞（森谷）

C. 学会等活動

新妻がIGA（世界地熱協会）理事に選出。

新妻が日本地熱学会第14期会長に選出。

D. 国際会議

2004年10月16日：デンバーで国際共同研究「MTCプロジェクト」会議を開催。外国人5名、日本人2名が参加。講演件数6件。

2004年11月19、20日：21世紀COEプログラム「流動ダイナミクス国際研究教育拠点」拠点形成のための国際シンポジウムとして、「MTCプロジェクト」会議を学内で開催。外国人9名、日本人20名が参加。講演件数36件。

2004年11月22日：21世紀COEプログラム「先端地球科学技術による地球の未来像創出」拠点形成のための国際ワークショップとして、理学研究科、佐藤春夫教授、産業技術総合研究所、西澤修研究員と共同で、地下を伝搬する弾性波の散乱に関する国際ワークショップを学内で開催。外国人12名、日本人41名が参加。講演件数15件、ポスター発表18件。（図4）

E. 対外教育活動等

創造工学研修（浅沼、森谷、受け入れ人数9名）

東北大学公開講座（新妻）

宮城県民大学（新妻）

エネルギー環境教育研究会（エネルギー教育普及調査事業）顧問（新妻）、委員（浅沼）

F. 国際インターンシップ

修士2年次の学生、熊野、泉がフランス、ソルツHDRフィールドでAEの解析に関する国際インターンシップを3週間実施。

大気中のオゾン等微量成分の変動の研究

助教授
村田 功



写真1. 観測コンテナ。屋根の白いものは太陽追尾装置

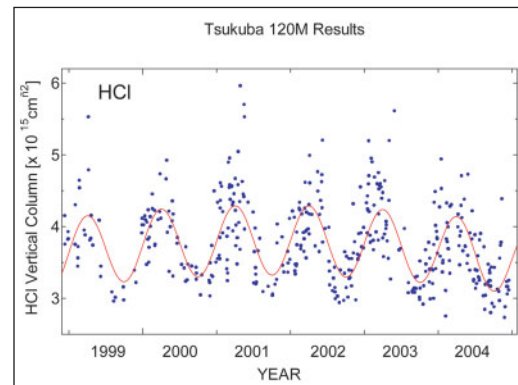


図1. つくばで観測された過去6年間のHClコラム量の変動



写真2. コンテナ内に設置されたフーリエ変換型分光計

当研究室では、「グローバルな環境変動」をキーワードに、オゾン減少問題や地球温暖化など、地球規模の環境変動に関わる大気中の微量成分の観測的研究を行っている。2004年度は、フーリエ変換型分光計を用いた大気微量成分の地上赤外分光観測、光学オゾンゾンデを用いた上部成層圏オゾン高度分布観測などを行った。

フーリエ変換型分光計を用いた大気微量成分の地上赤外分光観測は、国立環境研究所との共同研究で、北極域のオゾン減少解明やシベリアでの森林火災に伴う温室効果ガス等の発生の調査を目的としたシベリアでの観測を計画しているが、現在は装置の改良・調整や解析手法の開発も兼ねて、つくばの国立環境研究所内で観測を行っている（写真1、2）。この分光計は、大気中に存在する多くの微量成分を同時に観測できること、および非常に高分解能なため地上観測から高度分布が導出可能なことに特徴がある。昨年度は、この高度分布導出時に重要な分光器の装置関数の測定と、それを用いた補正の効果を検証した。補正により高度分布解析の精度がかなり向上することはわかったが、装置関数そのものは理想的な状態からはほど遠く、まずは光軸調整により光学系を改善する必

要があることがわかった。そこで、今年度は光学系の改善を行い、その都度装置関数を測定して効果を調べた。具体的にはメーカー技術者による調整、経年劣化した波長較正用レーザーおよびビームスプリッターの交換などを行ったが、最終的に目立った改善は見られなかった。そこで、11月に各国の赤外分光研究者の集まるワークショップが行われた際に、ホストであったニュージーランドの大気水圏研究所を訪問し、レーザープリングを利用して光軸を調整する方法を学んできた。帰国後この方法で再調整したところ、装置関数にかなりの改善が見られた。現在は、まだ一部調整不足の部分があるため、さらに再調整を行っている。

また、つくばでの観測も既に6年を経過したため、HClやHFの経年変動を調べるためコラム量の解析も行った。図1にHClのコラム量の変動を示す。赤い線はサインカーブ+2次曲線によってフィッティングしたものである。HClは平均値が約 $3.7 \times 10^{15} [\text{cm}^{-2}]$ で季節変動の振幅がその15%程度ある。1999年から2001年にかけてはやや増加しているように見えるが、2003年から2004年にかけては減少しているようにみえる。ユングフラウなどの観測でもHClは近年減少しはじめており、フロン撤廃による塩素量



写真3. オゾンシンポジウム参加者集合写真

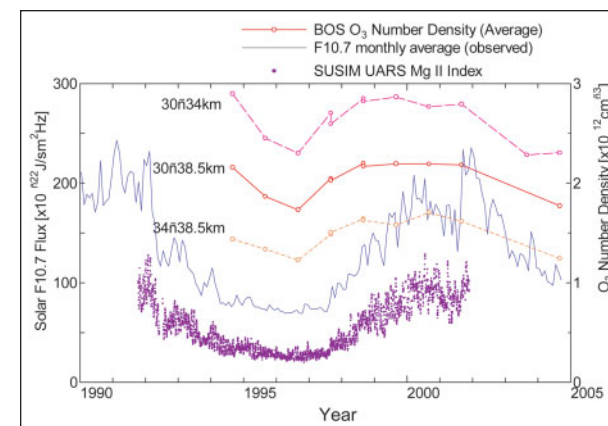


図2. 三陸上空高度30 km以上のオゾンの経年変化

の減少の現れと考えられる。

光学オゾンゾンデを用いた上部成層圏オゾン高度分布観測は、宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究本部、国立極地研究所との共同研究で、岩手県三陸町にある三陸大気球観測所で1994年から毎年夏に観測を行っている。光学オゾンゾンデは通常の電気化学式（ECC）オゾンゾンデでは観測精度の落ちる高度30 km以上のオゾンに精度良く観測するために東北大学で開発したもので、これを宇宙科学研究本部の開発した高高度気球に搭載し、高度42 km程度までのオゾン高度分布を観測してきた。今年度は、宇宙科学研究本部が新たに開発した超薄型気球を用いて、高度50 kmまでの観測に挑戦した。残念ながら50 kmには到達しなかったものの、9/4の観測では49.8 kmまで到達し、この観測としては初めて成層圏界面を越え中間圏のオゾンの直接観測に成功した。また、三陸での観測は11年となったが、図2に示す三陸上空高度30 km以上のオゾンの経年変化を見ると、オゾンの変動は太



写真4. シンポジウムでの議論風景

陽活動の指標となるF10.7フラックスなどよい相関を示し、太陽活動11年周期に伴うオゾン濃度の変動がみられている。この観測の当初からの目的のひとつはフロン増加に伴う上部成層圏オゾン破壊の観測であるが、現段階では太陽活動による影響が大きく、より長期の観測を行う必要があると考えられる。

また、今年度は4年に一度の国際オゾンシンポジウムが6月にギリシャのコス島で行われた。この会議に出席し、上記のフーリエ変換型分光計および光学オゾンゾンデの研究成果を2件発表した。この会議には世界中のオゾン関連の研究者が集まり、発表件数は約600件であった。10日間にわたりさまざまなテーマの発表があったが、中でもフロン規制によってオゾン減少に歯止めがなかったか、という議論が多くあり、'Ozone recovery' がひとつのキーワードになっていたようであった。

地殻環境技術の新展開

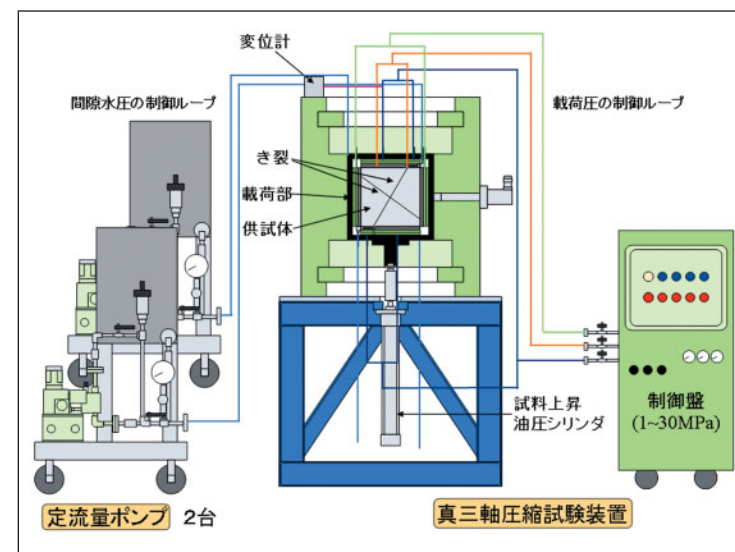
教授
松木 浩二



講師
坂口 清敏



助手
木崎 彰久



き裂システム透水試験装置：「真三軸圧縮応力下におけるき裂システムの透水試験装置」（研究成果等1）に対応

装置降下「アプレシブウォーター
ジェット穿孔システムの原位置
性能評価試験」（研究成果等3）
に対応



円錐現場試験：「下向き円錐孔底ひずみ法による原位置測定」（研究成果等2）に対応



【研究の概要】

地熱やメタンハイドレートなどのクリーンなエネルギー資源の確保、高レベル放射性廃棄物や二酸化炭素の地層処分など、地殻を利用した環境技術の更なる展開が求められている。地殻環境技術をさらに展開するためには、地殻と不連続面の力学ならびに地殻環境における岩石の力学的・物理的性質の科学的理解が不可欠である。例えば、高温岩体発電のための水圧破碎や環境保全やエネルギー貯蔵のための地下構造物の設計に際しては、地下深部における応力を正しく評価することが重要であり、また、それらの制御や透水特性の評価および予測のためには、地殻環境下における岩石の力学的・熱的特性や透水性、特に、それらを支配している節理や断層などの不連続面の力学的挙動と透水特性に関する研究が重要になる。当分野では、地殻とそれを構成する岩石の力学的研究に基づいたエネルギー資源確保とその利用ならびに地殻環境技術の更なる展開をめざした研究を行った。

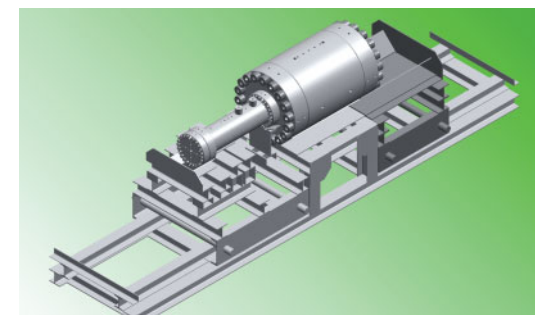
【研究成果等】

1) 地下に存在するき裂システムのせん断変形に伴う透水性を評価するための試験装置を開発し、地下き裂を模擬した人工き裂（カッターで切断したき裂）による性能評価試

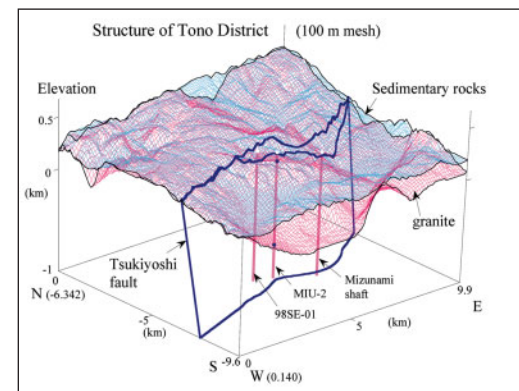
験を実施した。開発した試験装置は、複数のき裂を有する岩石ブロックに独立三方向に圧縮応力を作用させながら透水試験を実施できるもので、人工き裂を有する試験片を用いた性能評価試験から、開発した試験装置が要求する条件下における試験を実施できることを確認した。現在、水圧破碎き裂を模擬したき裂を有する試験片を用いたせん断一透水試験を実施している。本研究は科学研究補助金基盤研究 (A) (「真三軸圧縮応力下におけるき裂システムの透水性評価」代表：松木浩二) によって実施したものである。

2) 1000 m 以深の高精度地圧計測を可能にする下向き円錐孔底ひずみ法を開発し、揚水式地下発電所坑道からの原位置試験によりその有用性を確認した（特許出願済）。本研究は、科学研究費補助金若手研究 (A) (「1000 m 以深に適用可能な高精度地圧計測法の開発」代表：坂口清敏) と東電設計（株）との共同研究「大深度地下の地圧測定手法の開発」（代表：坂口清敏）に基づいて実施したものである。

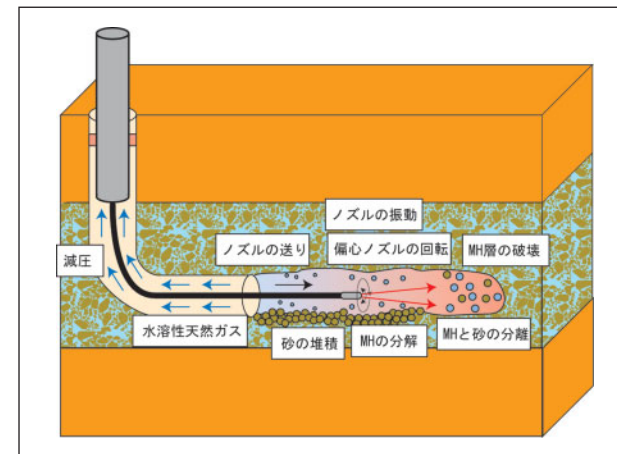
3) 石油・天然ガス用生産井の再生や廃坑井からの上ガス対策として坑井上部をセメンチングするため、鋼製ケーシングに対する原位置パーフォレーション技術が求められてい



メタハイ実験装置：「温水ウォータージェットによるメタンハイドレート掘削実験装置」（研究成果等5）に対応



広域応力場評価：「断層を含む不均一岩体の広域応力場シミュレーションモデル」（研究成果等6）に対応



温水 WJ 掘削：「温水ウォータージェット水平掘削の概念図」（研究成果等5）に対応



る。そこで、民間企業（関東天然瓦斯開発（株））との共同研究により、深度 200 m までの水圧を模擬した水中アプレシブウォータージェットに関する実験的研究を行い、高環境圧力下におけるアプレシブウォータージェット穿孔システムを（特許出願済）を開発した。開発した穿孔システムの原位置における性能評価試験を実施し、その実用性を検証した。

4) 上記の技術の新たな展開を目指して、1000m 以深が対象となる石油井や深海メタンハイドレート井への適用を可能とするジェット噴射システム開発のために、本年度はジェット噴射システムの設計を行った。本研究は科学研究費補助金若手研究 (B) (「1000m 以深において鋼管に穿孔可能な気膜アプレシブジェットノズルヘッドの開発」代表：木崎彰久) によって実施したものである。

5) 現在有力視されているメタンハイドレート回収法の一つである減圧法の短所を補うために、温水ウォータージェットを用いた水平掘削技術と減圧法を併用する新たなメタンハイドレート回収技術の開発を目的とした研究を実施した。本年度は、室内における模型実験を可能とする、大型の実験システムの設計開発を行った。本研究は、平成 16 年度メタンハイドレート研究提案公募事業（（独）石油天然

ガス・金属鉱物資源機構）「温水ウォータージェット噴射技術のメタンハイドレート層の掘削並びにメタンハイドレート層からのメタンガス生産手法への適用可能性に関する基礎的研究」（研究テーマ提案者：松木浩二）によるものである。

6) 高レベル放射性廃棄物地層処分問題に関連し、断層を含む不均一岩体の局所的な応力測定データから広域的な応力場を推定するシミュレーションコードを開発した。本研究は、（社）資源・素材学会による委託研究によって実施したものである。

【国際会議の開催等】

平成 16 年 11 月 30 日～ 12 月 2 日の日程で開催された The 3rd Asian Rock Mechanics Symposium (3rd ARMS 2004) で坂口清敏講師が Paper reviewer および Session chair として活動した。

【受賞】

平成 16 年 11 月 30 日～ 12 月 2 日の日程で開催された The 3rd Asian Rock Mechanics Symposium (3rd ARMS 2004) で松木浩二教授が、不均一岩体の広域応力場評価法に関する研究で Excellent Paper Award を受賞した。

地球開発環境学分野

環境調和型開発システムに関する研究

教授
高橋 弘



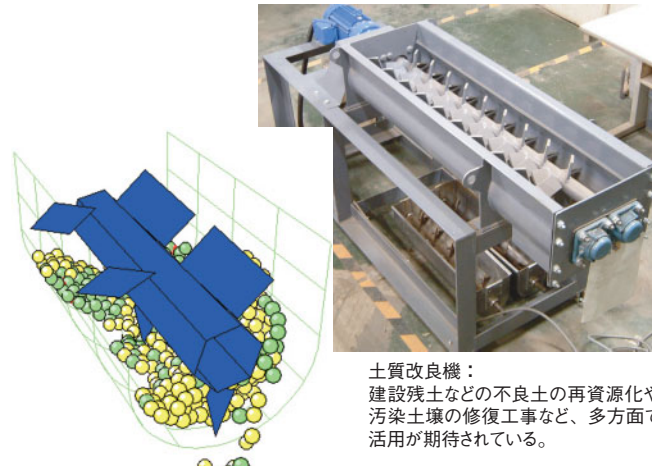
助手
須藤 祐子



ゼミ風景



大分市役所 1 階フロアの屋根部分に完成した屋上緑化：この一角に浄水汚泥を再資源化して生成した人工軽量植生基盤材が使用されている。右上に僅かに写っている部分が市役所の 2 階フロアであり、この屋上緑化は市役所を訪れた市民の憩いの場所になっている



土質改良機：建設残土などの不良土の再資源化や汚染土壌の修復工事など、多方面で活用が期待されている。

汚染土壌と液体薬剤との混合シミュレーション結果：黄色粒子が汚染土壌、黄緑粒子が修復された土砂を示す。粒子間に結合力を持たせ、粘性土塊を表現している。

本年度、地球開発環境学分野では①繊維質固化処理土に関する研究、②環境対応建機に関する研究、③ジオメカトロニクスに関する研究、④新掘削技術に関する研究などを実施し、その成果を国内外の学会等で発表した。以下にその概略を述べる。

①繊維質固化処理土に関する研究：

本分野では民間企業等と共同で、故紙と高含水比泥土を混合し、さらにポリマーを加えて良質な土に蘇らせる工法（繊維質固化処理土工法）を開発し、昨年度のアクティビティーレポートで紹介した。本年度は生成土の凍結融解試験における劣化性能評価、引張り強度測定を行うとともに、経済性評価、乾湿繰り返し試験における劣化性能などを国内外の学会で発表した。また、浄水汚泥を用いた屋上緑化用植生基盤材の作成にも取り組んでいるが、平成 16 年度には大分市役所庁舎にて、本工法により生成された人工軽量植生基盤材を用いた屋上緑化（2 階部分）が完成し、市役所を訪れた市民の憩いの場所になっている。

②環境対応建機に関する研究：

ヘドロをできるだけ拡散させずに回収する「非拡散型の高含水比泥土回収機械」に関する基礎研究を実施し、その成果をテラメカニクスに関するワークショップで発表した。また汚染土壌を効率的に修復するためには、掘削された粘性土塊を如何に小割するかが重要であることから、土質改良機における小割性能を評価するシミュレータを開発し、上述のワークショップにてその成果を発表するとともに土質改良機の最適設計支援のため、土砂と添加剤の混合トル

クに関する研究を実施した。さらに汚染土壌と液体薬剤との混合シミュレータの開発を行い、その成果を資源・素材学会秋季大会にて発表した。

③ジオメカトロニクスに関する研究：

建造物直下の土壌を調査する場合、水平ボーリングを行うなど多大のコストがかかっているのが現状である。そこで、汚染箇所が比較的特定し易い場合および広範囲の土壌を調査する必要がある場合の 2 通りの状況を考え、前者に対しては遠隔操作型の小型掘進機械、後者に対しては自走式小型掘進機械の開発を目指した基礎研究を実施し、その成果を上述したテラメカニクスに関するワークショップで発表した。またホイールローダの知能化を目指し、ビジョンシステムを用いた掘削作業計画構築に関する研究や知能化パワーショベルの開発を目指し、斜面掘削時にバケットに作用する掘削抵抗力の理論解析を行った。本成果は第 7 回応用力学シンポジウムで発表し、応用力学論文集第 7 巻に論文として掲載されている。

④新掘削技術に関する研究：

昨年度のアクティビティーレポートにて「次世代型氷床内部探索システム」の概念を紹介したが、本年度は模擬ゾンデを作成し、熱融解による氷掘進に関する実験を実施し、掘進速度や温度分布などを測定するとともに、ゾンデ周りの温度分布に関する数値計算を行った。また本成果を第 27 回極域気水圏シンポジウムにて発表した。

さらに、高温度地層掘削の最適化を目指して、掘削作業中のビット被温度と寿命の関係や、ビット内発熱の温度

上昇への寄与に関する研究を実施した。前者の成果は石油技術協会誌第 69 巻に論文として掲載されている。後者の成果については地熱学会学術講演会にて発表した。

受賞：

- ①平成 16 年度日本素材物性学会山崎賞（論文賞）を高橋教授が受賞した（対象論文：高含水比泥土の再資源化を目指した軽量繊維質固化処理土の生成に関する研究）。
- ②中国長春市で開催された第 7 回国際地盤一車両系学会アジア・太平洋地区会議にて高橋教授が Best Session Paper Award を受賞した。

基調講演等：

- ①建設汚泥等のリサイクル工法に関する講演会が、青森県青森市および島根県益田市で開催され、その際に「繊維質固化処理土の地盤工学的特性」と題して基調講演を行った（高橋教授）。
- ②中国長春市で開催された第 7 回国際地盤一車両系学会アジア・太平洋地区会議にて「Automation and Intelligence in Crushed Rock and Limestone Quarries in Japan」と題して招待講演（Keynote Lecture）を行った（高橋教授）。
- ③国土交通省東北地方整備局平成 16 年度機械技術研修にて「これからの機械施工と環境問題」と題する特別講演を行った（高橋教授）。

社会貢献：

北中山小学校（11 月 26 日）および耕江小学校（12

月 2 日）で「廃泥土のリサイクルー不要な泥水を良質な土に変えるー」をテーマに出前授業を行った。これは、先に述べた繊維質固化処理土工法を実際に体験してもらうもので、小学生は廃泥土リサイクル工法の原理を体験を通して学ぶとともに生成した土を用いて草花を鉢に植える作業も行い、それを持ち帰るとあって大好評であった。



出前授業の様子

報道関係：

本分野が民間企業等との共同研究として開発した高含水泥土の再資源化処理技術である繊維質固化処理土工法が、平成 16 年 12 月 8 日に NHK 山形放送局から「報道室リポート やっかいものをリサイクル」と題して放送された。



繊維質固化処理土工法について語る 森雅人氏（博士課程 1 年） 将来展望について語る高橋教授

新しい化学分析モチーフとその 環境系・生体系物質計測への展開

教授
星野 仁

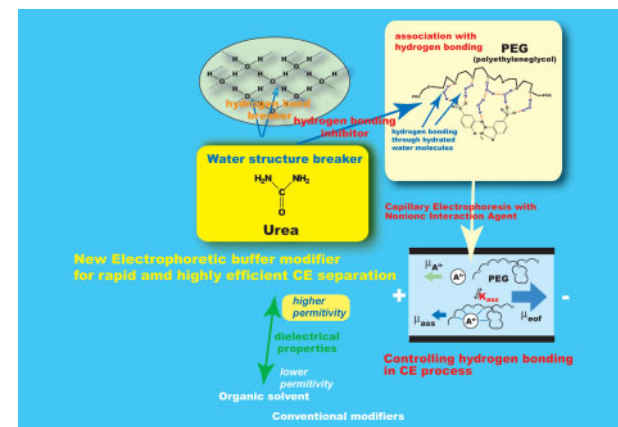
研究領域と概要

本分野では、環境認識と環境汚染制御を含む社会安全性確保のための基盤である物質分析・計測技術の開発と提案を研究領域としている。今後の分析技術のあるべき姿は、目的として、(1) 環境・安全性評価、(2) 保健・医療支援、(3) 個人・市民参画、また分析法設計の境界条件として、(a) Real-life, (b) Real-time, (c) Real-opportunity, を満足するものとなる。以上の要件は、分析機器の大型化と精密化だけによっては到底達成し得ないことは明らかである。よって、「物質が物質を見分ける」という化学をもってしか為し得ない方法を開発し、環境理解や社会環境保全に重大な意義を持つ物質（群）の「分離濃縮法」と「検出定量法」に関する方法論を確立することこそが、物質分析技術におけるブレークスルーの根源となるであろう。

研究成果

1. キャピラリー電気泳動 (CE) の高機能化

1-1 CEを流動イオン分離反応場としてみる観点に基づき、水構造破壊剤である尿素をイオン泳動制御パラメータの制御因子として利用することを着想した。ポリエチレングリコールの水素結合能を利用する CE 分離系において、泳動緩衝液への尿素の添加により分離能が向上する事を見出した（日本分析化学会第53年会、千葉工業大学、2004）。



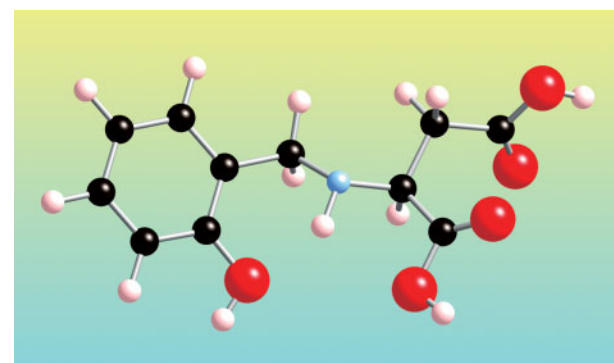
1-2 超微量金属錯体のプレキャピラリー誘導体化 CE 用試薬として、いくつかの四座ホルマザン配位子の有用性を見いだした。通常は解離反応活性で検出されない Zn(II) や Hg(II) の錯体種のピークが検出され、これら金属イオンの高感度定量法としての応用が期待される（第 24 回キャピラリー電気泳動シンポジウム、東北大学、2004）。

2. 高機能性金属錯体・配位子の設計

2-1 アスパラギン酸にフェノール部位を導入し新規非シデロフォア鉄キレーターを合成した。低分子系としては熱力学および速度論的に安定な Fe(III) 錯体を与えることが解った（日本分析化学会第 53 年会、千葉工業大学、2004）。

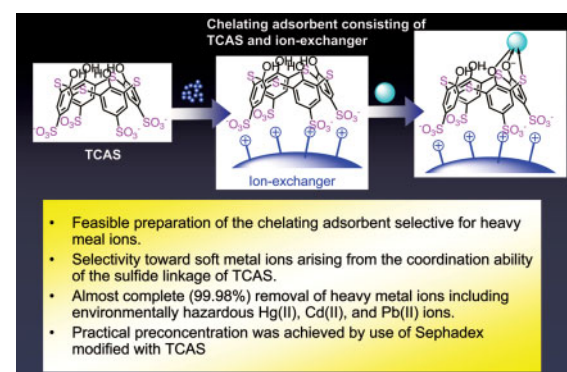
3. 自己組織化媒体としてのミセルおよびその溶液の化学と機能

3-1 ペルオキシダーゼ存在下でのインドール酢酸の酸素酸化による化学発光系において、糖鎖界面活性剤ミセルを反応媒体とすることにより、その他の非イオン性界面活性剤ミセルや荷電性ミセルには見られない発光増感効果を見いだした。本システムをペルオキシダーゼ定量へ応用した（日本分析化学会第 53 年会、千葉工業大学、2004）。

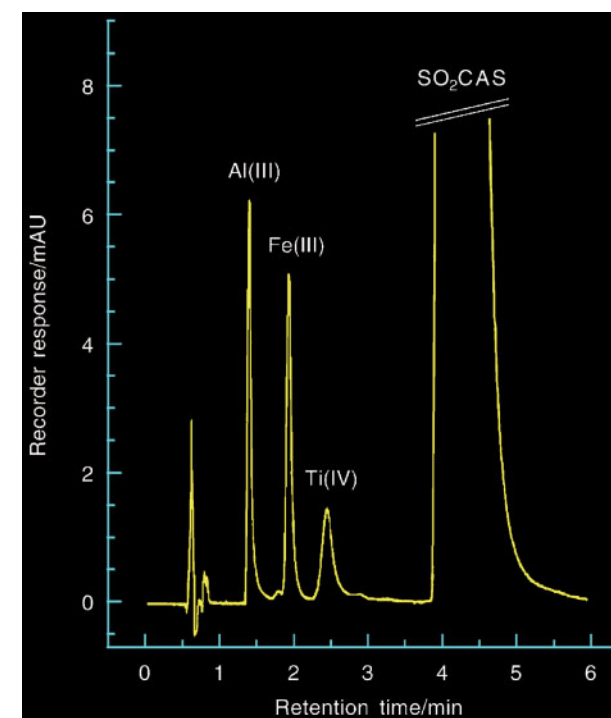


4. チアカリックスアレーンの錯形成・包接機能の化学と分離・検出試薬としての応用

4-1 チアカリックス [4] アレーン (TCAS) をイオン交換材料に静電的に固定化することにより、TCAS を錯形成部位とする金属イオンの分離濃縮材料を容易に得ることができた。海水試料の中から sub-ppb レベルの Cu(II), Cd(II), Pb(II) イオンを 200 倍濃縮し、炭素炉原子吸光光度法で定量することができた（Anal. Bioanal. Chem., 2004）。

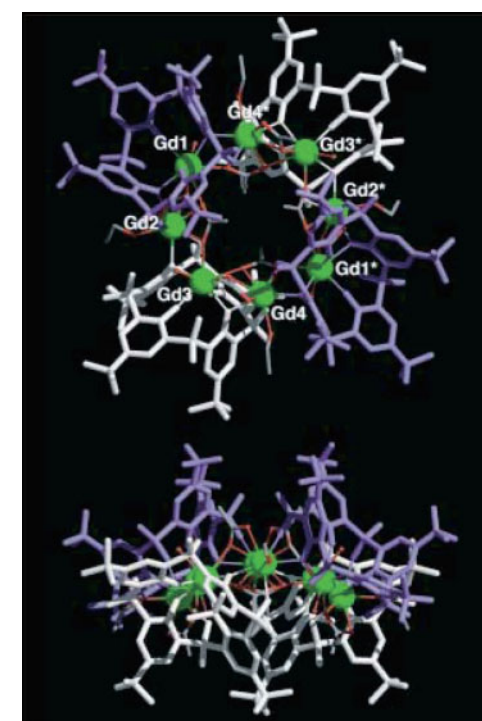
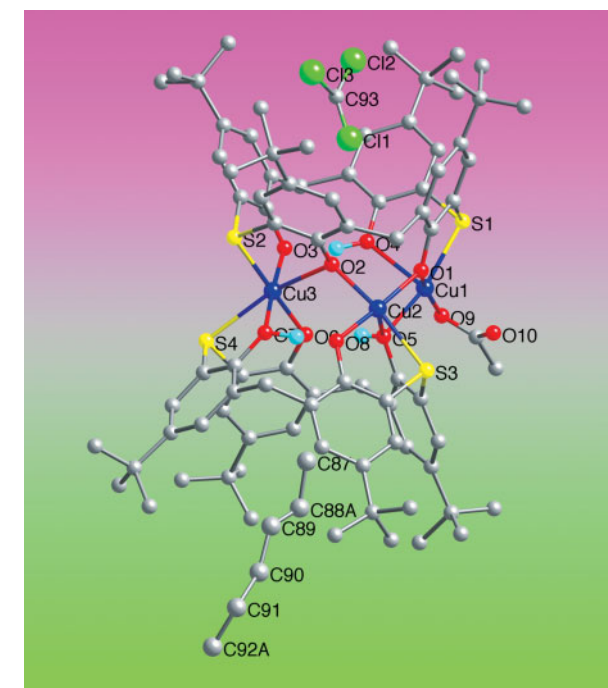
助教授
壹岐 伸彦助手
高橋 透

4-2 TCAS の架橋硫黄酸化体 SO₂CAS は複数のハードな金属イオンと錯形成するが、HPLC 分離場においてその速度論的な安定性の差により、Al(III), Fe(III), Ti(IV) イオンを選択的に検出することを見いだした（検出限界 sub-ppb）。本システムは妨害に強く、河川水や水道水試料へ適用可能であった（Anal. Chim. Acta, 2003）。



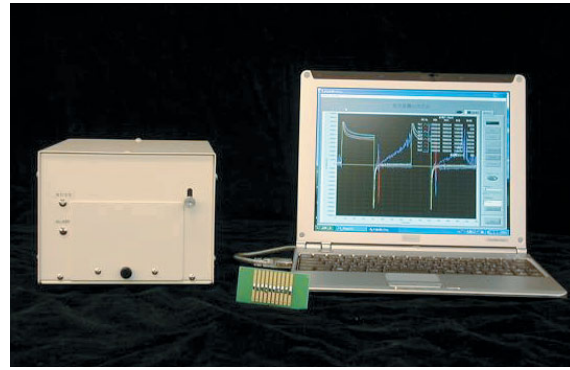
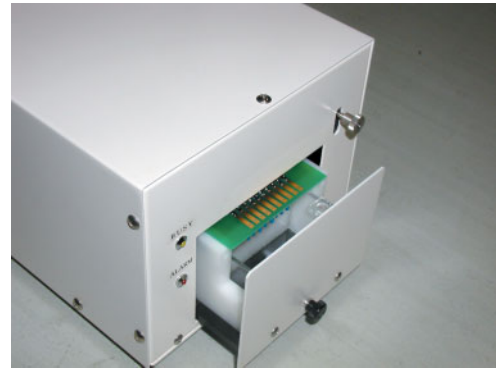
4-3 4 個のフェノールをメチレンとスルフィドで交互に架橋したジチアカリックスアレーン (H₄L) を過剰の Cu(II) イオンと反応させ、錯体 [Cu₃(HL)(H₂L)(AcO)] を得た。本錯体の二つのカリックスアレーン部位 (HL³⁻, H₂L²⁻) は異なるコンホメーションをとり、このため異なるゲスト分子を包接することがわかった (Chem. Lett., 2004)。

4-4 スルホンリカリックスアレーン (SO₂CA) をランタニド (III) イオン (Ln(III) = Gd(III), Pr(III), Nd(III), Sm(III)) と反応させ、8 個の Ln(III) イオンを 4 個の SO₂CA のフェノール酸素、スルホン酸素で架橋した珍しい環状構造の錯体 “Lanthanide Wheel [Ln₈L₄(AcO)₈]” を得ることに成功した (Angew. Chem., 2004)。

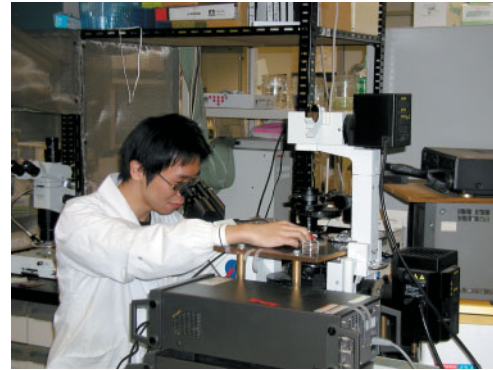
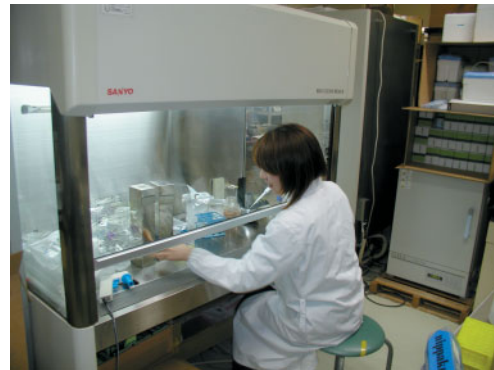


マイクロ・ナノ電極システムを利用した環境・医工学バイオセンシングデバイスの開発

教授
末永 智一



携帯型の血中の疾病関連タンパク質計測装置



研究目的

細胞や酵素、抗体などの生体関連物質は $\mu\text{m} \sim \text{nm}$ の大きさを有している。単一細胞や生体分子の機能を明らかにするためには、 $\mu\text{m} \sim \text{nm}$ スケールで起こる反応を探索・制御することが極めて重要である。我々は、微細加工技術により作製したマイクロ・ナノ電極システムを用いて、タンパク質や細胞などの微細パターンの作製、オンチップ型バイオデバイスの作製との特性評価に関する研究を展開している。このような研究を通して、次世代の環境・医工学バイオデバイスやシステムの開発に資するとともに、新しいバイオビジネスの創成に貢献したいと考えている。

抗体アレイチップの高感度・網羅的電気化学イメージング法の開発

複数の抗体を固体基板に固定した抗体アレイチップの電気化学に基づく高感度イメージングシステムの構築および自動化と簡便性を追求した計測システムを開発した。電気化学センシングの特徴は、蛍光法や化学発光法と比較して高感度化と小型化が可能な点にあり、家庭や小規模医院、あるいは野外における計測やモニタリングに適した携帯型の装置開発に直結すると考えている。

操作の簡便化と検出時間の短縮を目的とし、分離して作製した抗体チップとチップ電極を、チップホルダーに組み込み、抗体固定化部位とチップ電極基板上のマイクロ電極の高精度な配列と操作の簡素化を達成した。このシステムを用いて、胃がんのマーカータンパク質であるペプシノーゲン1および2の同時検出に成功した。この計測装置の特長は、極微量サンプル（800nl）に対応し、極微量タンパク質を一括分析可能な点にある。100pg/mlの高感度計測を5分以下で達成できる。本体は小型（150×220×100 mm）・軽量で、ラップトップコンピュータによる操作が容易に可能である。現在では、この装置の応用分野を開拓中であり、ターゲットを環境汚染物質、農薬、アレルギー物質および食品毒物への拡充を目指している。

誘電泳動を利用した微粒子、タンパク質および細胞の配列

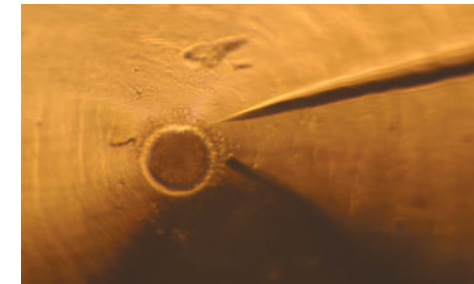
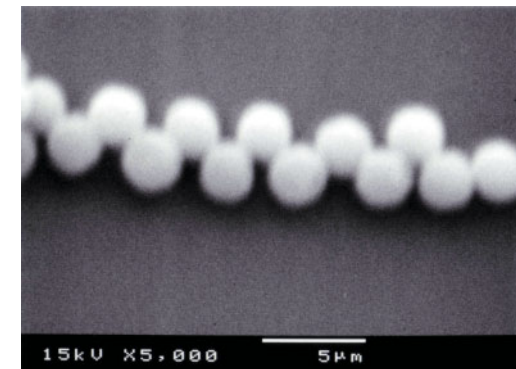
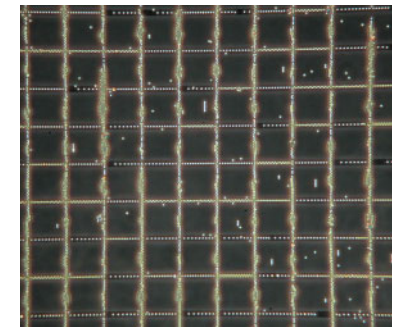
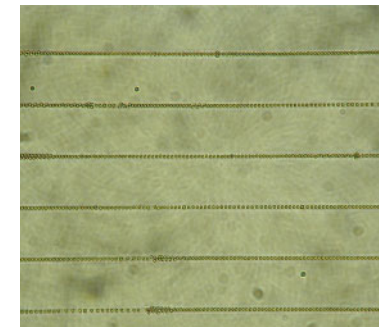
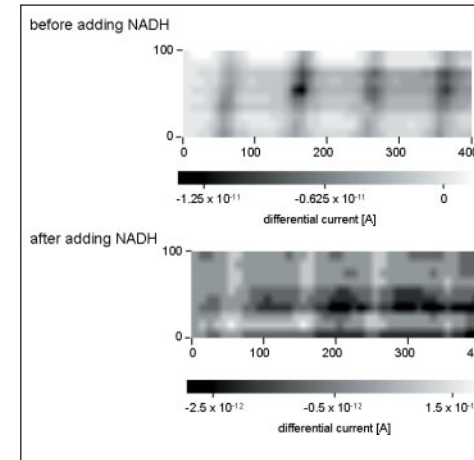
誘電泳動を利用した微粒子の規則配列・固定化技術をタンパク質アレイの作製に応用した。くし型アレイ電極を組み込んだマイクロ流路内に微粒子を導入し、交流電圧を印加することにより微粒子をライン状またはグリッド状に配列した。この配列させた微粒子に酵素（ジアフォラーゼ）を固定化し、活性を電気化学顕微鏡により評価した。こ



助教授
珠玖 仁



助 手
安川 智之



ウシ体外受精胚

の手法を用いると、瞬時に一括で大量のパターンを形成できるという長所がある。タンパク質の機能を利用した新たなセンシングの可能性を示した。

ヒト胚呼吸測定装置と品質診断システムの開発

このテーマは、東北大学先進医工学研究機構生命機能科学分野の阿部宏之先生との共同研究である。受精卵（胚）の品質は、凍結保存した胚の生存率や着床・妊娠率に影響する。現在の不妊治療では、体外受精や顕微授精技術によりつくられた胚を割球の形態的特徴を基準にした品質評価法が採用されている。しかし、判定基準が客観性に乏しく信頼性に欠けるという問題が指摘されている。不妊治療技術の向上のために、精度の高い胚品質診断技術の確立が望まれている。

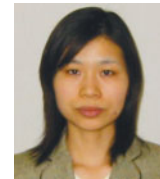
我々は、電気化学顕微鏡を用いて胚に全く損傷を与えず酸素消費量（呼吸）を測定する技術と装置の開発に成功した。電気化学顕微鏡の計測技術を応用した「ヒト胚呼吸測定装置」と胚の呼吸活性を指標にした新しいヒト胚品質診断システムを開発し、不妊治療における臨床応用を目指している。ヒト体外受精胚、また、妊娠率改善による治療回数減少や複数胚移植によって頻発する多胎妊

娠を回避することも可能になり、母体への身体的負担や経済的負担の軽減などの波及効果が期待できる。生殖生物学と電気化学技術を融合した新しい医工学分野を開拓し、生殖医療技術の向上に貢献していきたいと考えている。

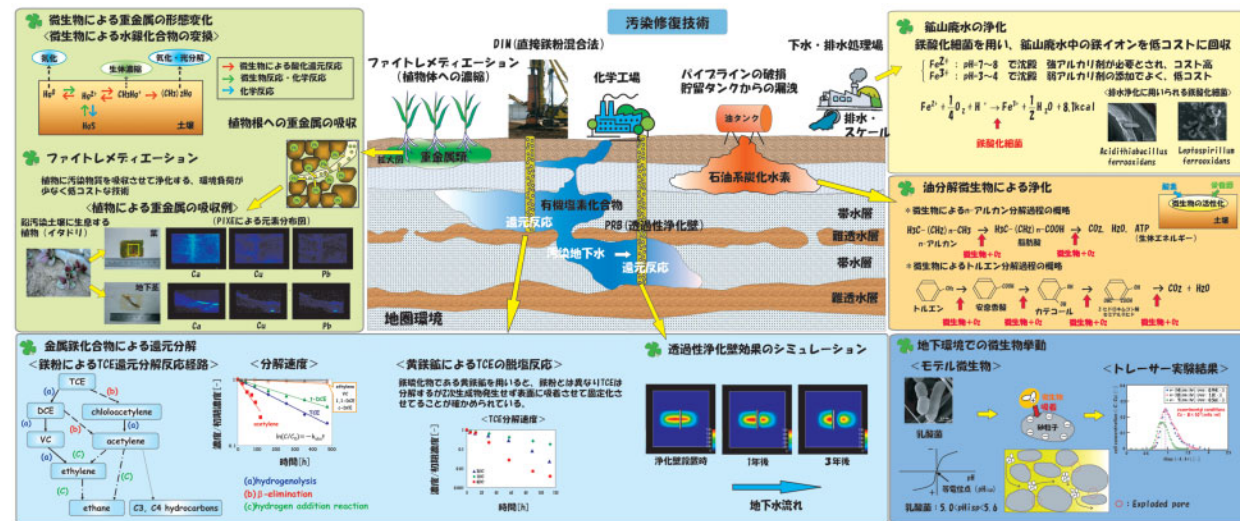
現在、研究室として大きく分けて5つのテーマを遂行している。この中で、すべてのテーマにおいて共同研究（国立研究所および企業数社）が進行しており、どのテーマも高く評価されている。また、上記の共同研究以外にも共同研究・開発が進行しており、我々の所有する技術の応用を新規開拓している。

今年度の特筆すべき点として、珠玖仁助教授の電気化学会進歩賞・佐野賞受賞が挙げられる。この賞は、電気化学および工業物理化学に関する研究または新しい技術の開発を進め、その進歩が顕著であると認められる若手研究員に贈られる賞で、研究の質の高さを証明した。受賞タイトルは、「走査型電気化学顕微鏡による生体機能表面の構築と評価に関する研究」であった。

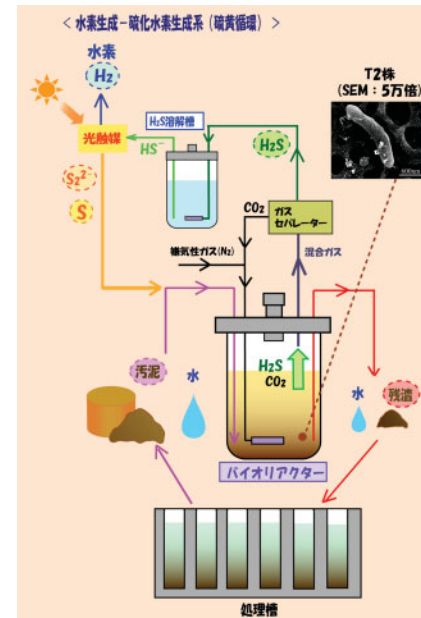
地圏環境の保全・修復を目指して

教授
千田 信助教授
井上 千弘助手
須藤 孝一リサーチアソシエイト
原 淳子

研究風景



土壌・地下水汚染とその修復技術の概要



硫酸還元細菌を利用した水素生産システム



バイオリーチングに有用な微生物の探索



環境修復生態学分野は平成 17 年2月現在、教員 4 名、大学院博士課程学生 4 名、修士課程学生 7 名、研究生 1 名、学部学生 6 名で構成されている。スタッフのうち須藤孝一助手が平成 16 年 8 月までの 10ヶ月間文部省の在外研究員としてイギリスのシェフィールド大学に長期出張した。本分野では、地球環境問題を解決するためのアプローチとして、移動現象論、反応工学、および微生物工学をベースとして、地球環境の保全と修復、地下資源の有効利用に必要な要素技術を様々な角度から検討している。また、これらの検討結果を踏まえた上で、問題点を抽出するとともに将来に向けた解決策の模索を行っている。以下、平成 16 年度の特記事項を中心に紹介する。

●土壌汚染修復

近年、地下環境が有機塩素化合物や重金属類、油類などで汚染されていることが顕在化し、ヒトの健康や生態系への影響が強く懸念されている。当分野ではこれまでに土壌中の有機塩素化合物を鉄粉により脱塩素化することを提案し、その反応過程を明らかにするとともに、土壌浄化プロセスとして実用化してきた。本年度は、硫化鉱物などの天然鉱物が鉄粉と同様の機能を示すことを明らかにし、その反応機構の解明を進めるとともに、実汚染土壌の浄化への応用を検討してきた（特許出願中）。また、これらの化学的方法と嫌気性微生物による脱塩素作用を組み合わせ、低コストかつ低環境負荷型の有機塩素化合物汚

染土壌浄化プロセスの検討を進めている。重金属汚染土壌の修復では、ヒ素・鉛などの元素を対象に植物を利用した浄化（ファイトレメディエーション）に関する研究を進めている。本年度は植物体内における重金属類の分布の測定を行う方法を確認し、その濃縮過程を検討する手がかりを掴んだ。また、油汚染土壌の修復においては、物理化学的手法と微生物反応を組み合わせた浄化プロセスの検討を企業と共同で進めている。合わせて土壌を模擬した多孔質体内での微生物の移動と増殖、地圏環境内における化学物質の移動と反応等について基礎実験および数値計算による解析などを行っている。

●微生物等を利用した環境保全技術

微生物を利用した難処理硫化鉱物からの効率的な金属回収方法（バイオリーチング）に関して、石油天然ガス・金属鉱物資源機構（JOGMEC）との共同研究を開始した。また、バイオリーチングに関しては、並行して大学、国内民間企業およびチリの民間企業との間で国際的な共同研究を実施中である。また、新たな水素生産システムの構築を目指し、半導体光触媒による太陽光利用水素生産過程で副産物として生成するポリ硫化物を硫酸還元細菌により原料物質である硫化物イオンに還元するプロセスの検討を行っている。さらに、地熱発電所において微生物が関与して生成される硫黄スケール発生削減の研究、中空糸膜を利用して下水処理場の嫌気消化ガスから二酸化炭素の

分離・除去を行い高品質のメタンガスを得る研究など実施している。

●地域連携

昨年度発足した「東北土壌汚染研究会」（東北地方における土壌汚染修復を検討する研究会、大学等の研究機関および民間企業の研究者約90名で構成、会長千田教授、（事務局長井上助教授）の活動の一環として、秋田土壌コンソーシアムとのジョイントシンポジウムを平成 17 年 1 月 28 日に秋田市で開催し、千田教授が基調講演とパネルディスカッションのパネリストを務めた。また、千田教授は宮城県環境審議会委員、自然環境保全審議会委員を務め、県の環境行政にも寄与している。

●学会活動

資源・素材 2004（盛岡）において、千田教授は大会副会長、井上助教授は実行委員を務め、シンポジウム「不法投棄サイト環境再生技術と汚染土壌浄化技術」の企画を担当した。また、千田教授は日本学術会議エネルギー・資源工学研究連絡委員会地球・資源システム工学専門委員会委員、資源・素材学会土壌汚染対策部門委員会委員長および石油技術協会誌編集委員会副委員長に就任している。

●受賞

資源・素材 2004（盛岡）において、当分野からの発表が若手ポスター賞を 2 件受賞（全受賞件数 3 件）した。

*高橋唯（博士課程後期 1 年）「硫酸還元細菌の新たな利用法—硫黄循環に基づく水からの水素生産システムへの応用—」

*原淳子（リサーチアソシエイト）「土壌汚染物質に関する自然浄化能評価」

●主な外部資金・研究プロジェクト

*日本学術振興会科学研究費補助金・基盤研究（A）「ハイブリッド方式による有機塩素化合物汚染土壌の原位置浄化」（平成 14～16 年度）

*日本学術振興会科学研究費補助金・萌芽研究「植物根圏を利用した汚染土壌の重金属除去」（平成 16～18 年度）

*石油天然ガス・金属鉱物資源機構との共同研究

「IOCG 鉱床地帯の微生物を活用したリーチング適用可能性に関する研究」

●招待講演

*井上千弘：「有機塩素化合物による土壌汚染とその浄化技術」、環境資源工学会シンポジウム「リサイクル設計と分離精製技術」第9回「土壌汚染の現状と土壌浄化への分離技術の適用」

*須藤孝一：「EU における地下水・土壌汚染に関する研究動向の一例」、資源・素材 2004（盛岡）

*千田信：「汚染土壌浄化技術の概要」、東北の土壌汚染問題を考える in 秋田 2005

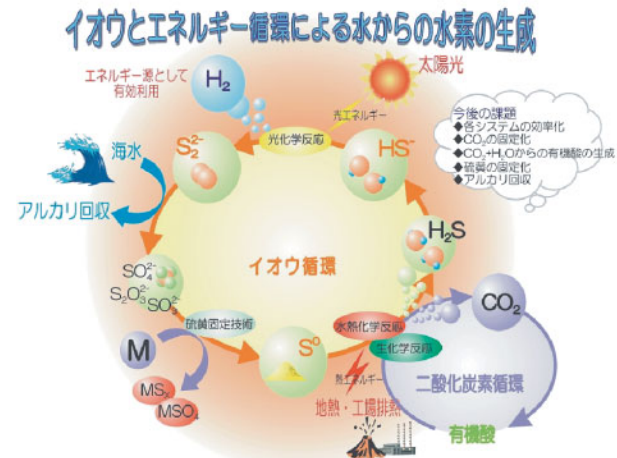
環境との共生・エネルギーの創製を担うナノ機能素材開発

教授
田路 和幸



太陽光を利用した人工光合成システムの確立

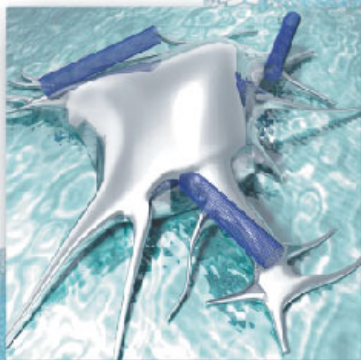
本研究分野は、太陽・地熱・生命エネルギーを総合的に利用した硫黄循環システムによる水からの水素製造を目指して、水熱・微生物分野の研究室と共同研究を行っている。これは、21世紀COEプログラム『流動ダイナミクス国際研究教育拠点』の熱・物質循環流動グループにおけるテーマにもなっている。また、仙台市国際知的産業特区事業のプロジェクトに参加しており、平成16年10月には『下水処理場を夢のエネルギー製造プラントに一水素の製造と資源の創製』と題して講演ならびに水素製造の実演を行った。



カーボンナノチューブのバイオ応用 — 生体適合性・医療応用の国際会議を主催

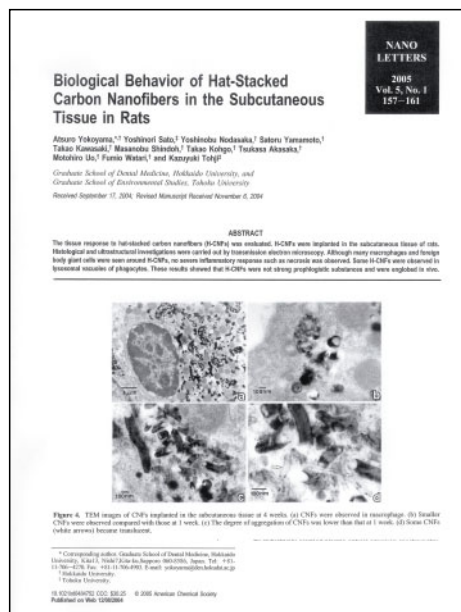
平成14年度開始の厚生労働科学研究費・萌芽的先端医療技術推進事業プロジェクトにより、ナノチューブのサイズ、形状、官能基が生体に及ぼす影響を厳密に調べ、生体適合性に優れた材料であることを明らかにした。

International Symposium of Tissue Response and Biomedical Application of Carbon Nanotubes, Nanofibers, and Nanoparticles



December 20, 2004

Ichinobo Hotel
Matsushima, Miyagi, Japan



助教授
バラチャンドラン
ジャヤデワン



助手
佐藤 義倫



技官
本宮 憲一



COE 研究員
荒井 健男



研究員
CN. チナサミー



中国 中南大学教授
叶 紅斉

メソポーラス・カーボン電極材料の開発 — NECトーキンとの共同研究

電気特性に優れたカーボンナノチューブは、リチウムイオン二次電池や電気二重層キャパシタの電極材料として期待されている。我々は特異形状の「放射状単層ナノチューブ」や「多層ナノチューブ」の「ナノチューブ固化体」を用いて電池電極材の研究開発に着手しており、平成16年度からNECトーキンと共同研究「メソポーラス・カーボン電極材料の開発」を行っている。

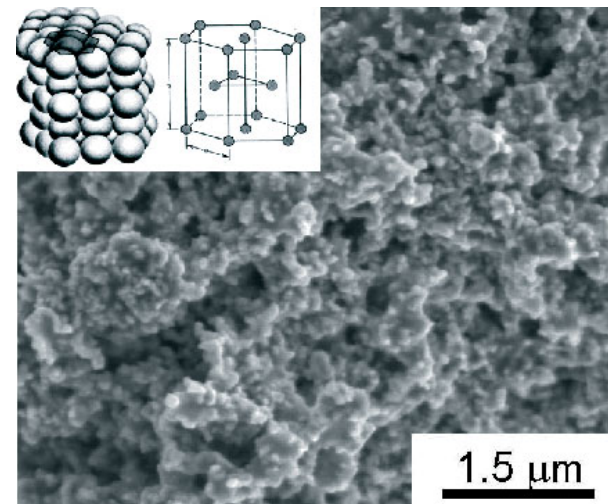
メソポーラス・カーボン電極材料の開発



hcp Ni 微粒子合成に成功 — 同和鉱業との共同研究

本研究分野の一環として平成15年度開始の日本学術振興会科学研究費補助金・基盤研究(B)の助成を受け、高保磁力磁性ナノ粒子を用いた携帯用小型高密度磁気メモリの開発に関する基礎的研究を行った。その研究成果として招待講演を含む8編以上の国際会議発表および5編以上の学術雑誌論文の報告を行った。我々が開発した合成技術をベースとした研究開発が民間企業 DOWA 鉱業株式会社、ソニー株式会社および電子工学科の高橋(研)研究室と共同で推進され、4件の特許申請に至った。また、ナノ微粒子をベースとした工学および医学応用に関する研究も進行中である。引き続き、無機ナノ粒子が環境における影響について研究を進めていく予定である。

Hcp Nickel 微粒子



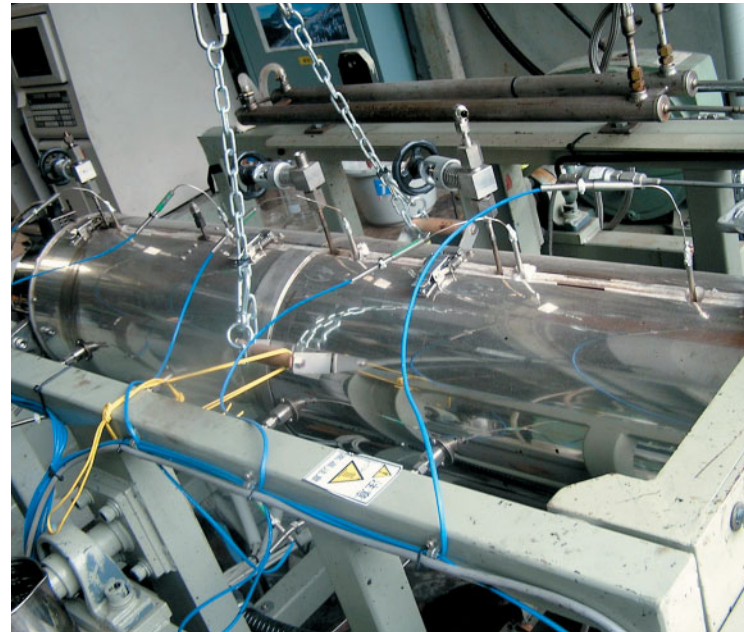
*ニッケルは通常結晶構造はfccで強磁性体である。しかし、適切な合成条件を選ぶことにより自然界に存在しないhcp-Niの合成が実現できた。
*Hcp-Ni粒子は非磁性であり773Kまで安定である。それ以上の温度ではfcc構造をとり強磁性になる。

☆ おもな外部資金、研究プロジェクト

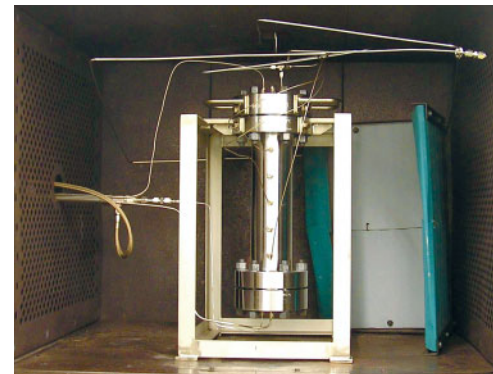
「水とイオウ資源を利用した太陽エネルギー変換システムの構築」
日本学術振興会科学研究費補助金・基盤研究(S) 平成14~18年度
「下水処理場をモデルケースとした太陽光利用水素生産システムの構築」
環境省廃棄物処理等科学研究費補助金(循環型社会構築技術研究) 平成15~17年度
仙台市国際知的産業特区事業・環境フロンティア事業 平成15年度~
「ナノチューブ、ナノ微粒子、マイクロ微粒子の組織反応性とバイオ応用」
厚生労働科学研究費補助金・萌芽的先端医療技術推進事業(ナノメディシン分野) 平成14~16年度(分担研究)
「高保磁力磁性ナノ粒子を用いた携帯用小型高密度磁気メモリの開発に関する基礎的研究」
日本学術振興会科学研究費補助金・基盤研究(B) 平成15~16年度
「メソポーラス・カーボン電極材料の開発」
NEC TOKINとの共同研究

炭素質エネルギー物質の調和的循環

教授
榎本 兵治



オイルサンド改質反応実験装置



メタンハイドレート新採取法開発実験装置



圧入用微生物培養タンク

アルカリ超臨界水熱反応によるオイルサンド等超重質油のオンサイトアップグレーディングプロセスの開発

次世代炭化水素資源として期待されるオイルサンドの開発に、カナダではSAGD (Steam Assisted Gravity Drainage) 法が油層内採取の実用技術として採用されるようになり、カナダはサウジアラビアに次ぐ世界第2位の埋蔵量を有する資源国になった。そこで、急務とされるのが、採取されたビチューメン（オイルサンド油）の輸送方法と、高品質化処理方法の確立である。これまでに、SAGD 法において産出される流体が高温の熱水と重質油の混合物であることに着目し、この産出流体をオンサイトに設置した反応器に導入し、水の超臨界状態まで昇温・昇圧して水熱反応により低粘度化する技術、いわゆるアルカリ超臨界水熱改質法の開発を目的として、工学的パラメータの影響および低粘度化機構に関して基礎的検討を行った。その結果、本方法は水素ガスや高価な触媒を使用せずに、また NO_x、SO_x のほか CO₂ も排出せずに、パイプライン輸送可能なレベルまで軽質化できること、また生成油の軽質化に伴い脱硫も進行しており、硫黄含有率は半分近くまで減少することを明らかにした。2004 年度には、このビチューメンの改

質反応について検討した基礎研究と、実験室規模の連続式反応装置によるプロセス開発研究を並行して行い、天然有機高分子であるビチューメンの分解と関連して行ったポリオレフィン系樹脂の水熱分解に関する論文2報を投稿した（「環境資源工学」Vol.52, No.1, 掲載予定）。さらに、低分子化に伴う脱硫について検討した論文2報とプロセス開発に関連した論文1報を投稿中である。本研究の一部は石油資源開発（株）、東北電力（株）との共同研究として実施している。

微生物を利用した石油の増進回収技術の開発

中国吉林省扶余油田においては、油層中に存在する高浸透率層の影響のため水攻法を効率的に行うことができず、多くの未回収原油が残存することが問題となっていた。そこで2001年より中国吉林石油天然気有限公司（PetroChina Jilin Oilfield Company）勘探開発研究院との国際協同研究を実施し、研究中に発見した非水溶性ポリマー生産微生物 CJF-002 を用いた操業中の油田への微生物連続圧入テストを実施、テスト実施以前の約2～3倍程度の生産量を達成しかつその効果が1年近く継続する等多大な成果を挙げた。現在は複数の異なる微生物



助教授
金 放鳴



助手
木下 睦



国際学会での発表風景（インド）



微生物圧入試験現場（生産井）



微生物圧入試験現場（圧入井）



培養液を現場に運ぶタンクローリー

物の働きを組み合わせた複合微生物系による回収率向上効果とその持続性改善を目指した現場試験についての研究と実施対象油層の適用範囲拡大を目指した微生物の探索を行っている。本研究は独立行政法人 石油天然ガス・金属鉱物資源機構の提案公募事業：平成16年度石油・天然ガス開発・利用促進型大型研究に採択されて実施された。また、2004年9～10月にかけて吉林石油現地フィールドにおいて行われた複合微生物圧入試験に研究スタッフ3名を派遣した。

貯留層内での部分酸化法を利用したメタンハイドレート採取への適用可能性

メタンハイドレートは日本近海に多く賦存することから国産エネルギー資源として開発が期待されている。メタンハイドレート貯留層からのガス採取法の1つである熱刺激法は、他の採取法と比較して高いガスの生産性が期待される一方で、地上から熱を供給する方法ではエネルギー効率が低いという問題点が挙げられる。そのために、貯留層内部の原位置でメタンの一部を酸化させ、その酸化発熱をハイドレートの分解に利用し、エネルギー効率を高める方法として部分酸化法に関する検討を行った。本研究は、メタンハイドレー

ト資源開発研究コンソーシアム（MH21）の生産手法開発グループに今年度から参加して進められ、独立行政法人産業総合研究所との共同研究として行っている。

水熱反応によるバイオマス廃棄物からの酢酸生成および低環境負荷型路面凍結剤製造に関する研究

日立造船（株）、東北電力（株）との共同研究により、高温高压水中でバイオマス廃棄物から酢酸を選択的に生成させ、これにカキ殻などの水産業廃棄物およびドロマイト等低品質石灰岩をカルシウム／マグネシウム源として反応させる環境調和型路面凍結防止剤の製造プロセス開発研究を行っている。2004年度は、バイオマスの主成分である糖類、リグニンなどについて酢酸の収率向上を目指した反応設計のための基礎的検討と実用化のための実証プラント（連続式反応装置：有機物処理能力1kg/h）を用いた研究を並行して行った。これらの研究成果について、6th International Conference on Solvothermal Reactions (Aug.24-27, Mysore, India) において3件、The 14th International Conference on the Properties of Water and Steam (Aug.28-Sept.3, Kyoto) で2件の講演をそれぞれの国際会議で発表した。

超臨界水を用いた 次世代基盤技術の確立を目指して

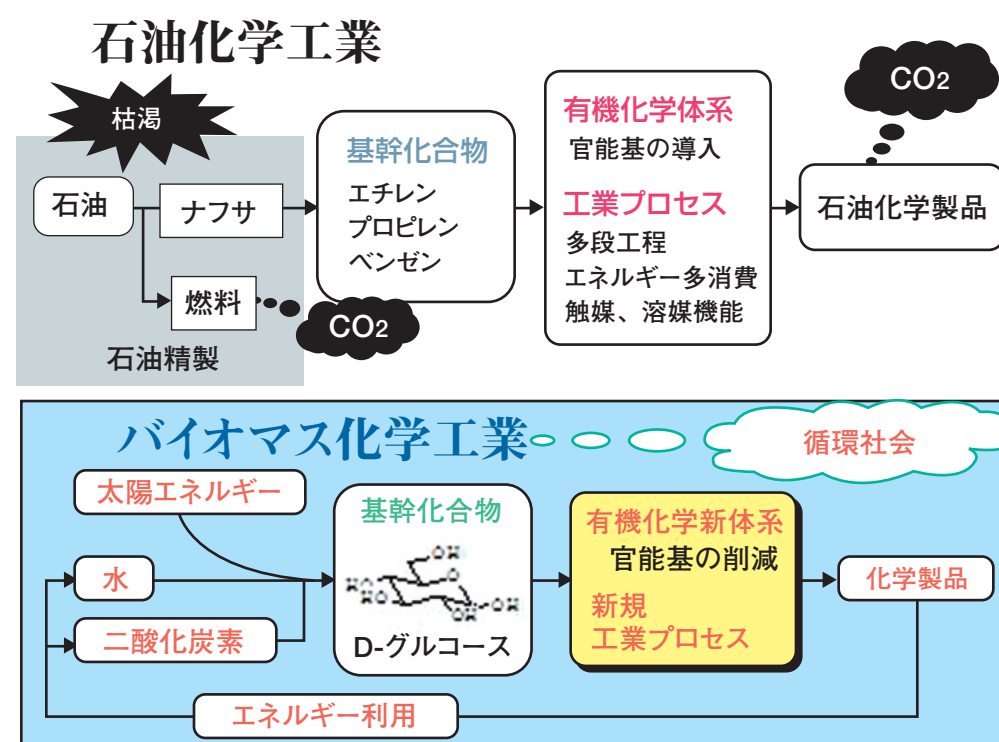
教授
新井 邦夫



助手
陶 究

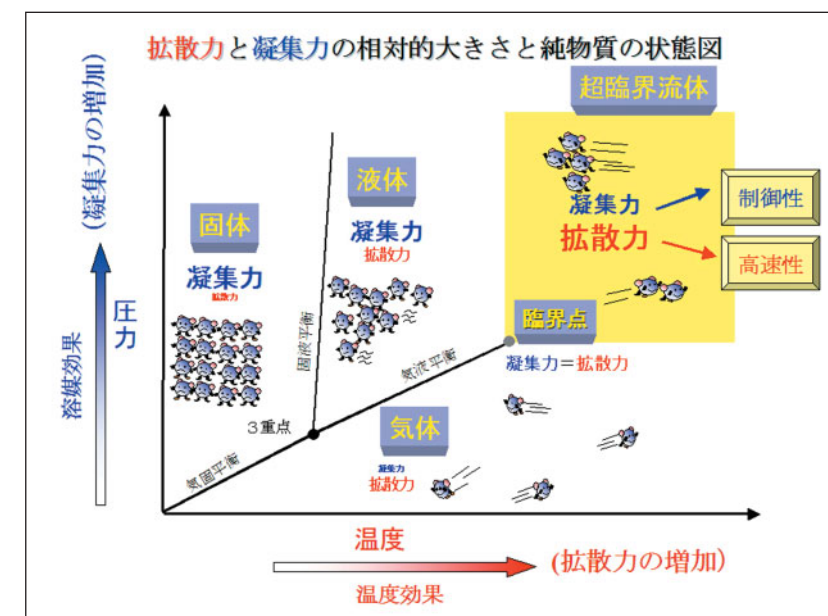
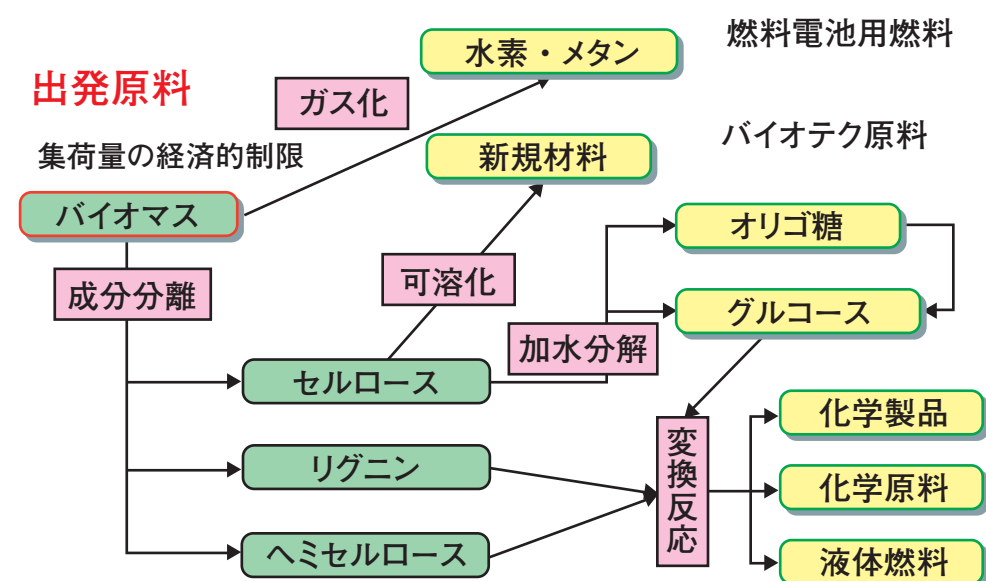


助手
野中 利之*



Supercritical Water (超臨界水)

バイオマスリファインリーの構築



超臨界水とは臨界温度（374℃）および臨界圧力（22.1MPa）以上の状態の水を指す。超臨界流体は温度・圧力操作により凝集力と拡散力を大幅にかつ連続的に制御できる特徴がある。言い換えれば、温度、圧力操作による平衡物性（密度、誘電率、イオン積、溶解度等）の制御に加え、イオン反応やラジカル反応といった反応の機構や速度の制御が可能となる。このような特性を有する水は、環境負荷が極めて低く、地球環境を形成してきた根源的な溶媒である。その工学的な利用は、効率的で革新的なプロセスの開発に繋がるものと考えられる。

我々は人類の持続可能な発展を実現するためには、従来の石油化学産業依存型の社会・産業構造を打破する科学技術の新たな展開が必要と考え、上述の高温高压水を持つ特性に着目し、それを最大限に引き出すことにより水のみを反応溶媒としたバイオマスリファインリーの構築を目的とし、その特異的な反応・現象の解明という基礎研究から、その実用展開を意識したプロセスの提案を行っている。

【研究テーマ】

- 超臨界水中における糖類の変換反応機構と圧力依存性の解明
- 超臨界水中でのバイオマスのガス化反応
- 超臨界水・二酸化炭素2成分系の反応溶媒特性に関する研究

- 超高压領域における流通式超臨界水反応システムの開発と熱流動解析
- 超臨界水溶液の電位差測定用流通式電気化学セルの開発
- 超臨界再沈法によるナノサイズ有機微結晶の作製に関する研究
- 流通式超臨界水熱法によるナノサイズ金蔵酸化物微粒子の合成

【招待講演】

[1] Kunio Arai, 10th Asian Pacific Confederation of Chemical Engineering, October 18 2004

【受賞】

[1] Kimitaka Minami, 10th Asian Pacific Confederation of Chemical Engineering, Student Poster Award (Supercritical Division), October 21 2004

[2] 陶究、財団法人青葉工学会第10回「研究奨励賞」、December 8 2004

[3] Kiwamu Sue, 10th Asian Pacific Confederation of Chemical Engineering, Outstanding Paper Award (Supercritical Division), October 21 2004

[4] 陶究、第1回堀場雅夫賞、September 17 2004

循環材料プロセス学分野

循環型社会を目指した材料
製造プロセスの研究教授
谷口 尚司

図1. 精密粒度分布測定装置

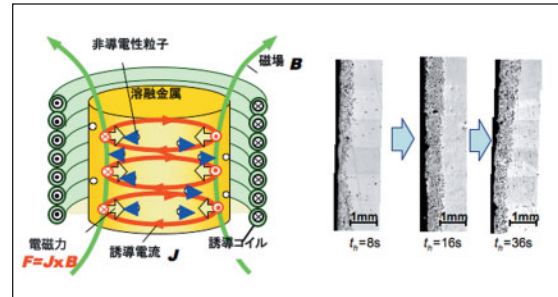


図2. 高周波磁場による溶融 Al からの SiC 粒子の分離

研究概要

環境に調和した材料プロセスの提案と設計を行うことを目的としている。

例えば莫大な資源・エネルギーを消費する材料プロセスに対し、省資源やエネルギー利用の効率性を追求したり、廃棄物の再利用と無害化、副生品の製造などの環境技術を開発している。またこのような観点から新規材料プロセスの設計も行っている。具体的には移動現象を基盤とした環境調和プロセスの開発として、以下に示す研究テーマを行っている。

現研究課題リスト

- 液中浮遊粒子の振る舞いを解明するための研究
 - *水中の懸濁粒子、溶融金属中の介在物粒子や機能粒子
 - *浮上／沈降粒子、乱流分散、揚力泳動、乱流凝集、気泡付着（図1）
- 電磁力を高度に利用した新規プロセスを提案する研究
 - *溶融金属スクラップからの介在物の電磁分離プロセス（図2）
 - *2軸移動磁界攪拌法を応用した高効率金属製造（図3）
 - *マイクロ波加熱を応用した環境技術に関する研究
- その他の研究
 - *回路用銅箔の極微細ウェットエッチング技術の基礎研究
 - *融体置換反応を利用したアルミニウム廃材のリサイクル
 - *製鋼ダストの気相凝集と壁面沈着の研究
 - *水系の物理処理による配管スケール防除に関する研究（図4）

2004 年度のアクティビティ

当研究室における主なプロジェクト研究には、昨年からの継続研究

- 日本学術振興会、科学研究費基盤研究（A）（2003-2004）

“電磁力を利用した Al 合金の局所的粒子分散強化法の開発”

- 2、日本鉄鋼協会戦略的研究課題（2003-2004）“二軸移動磁界攪拌機構による溶融金属中介在物の高速凝集・分離の研究”の他に、さらに今年度から、
- 3、科学技術振興機構（JST）権利化試験（2004-2007）“二軸移動磁界攪拌装置による新合金製造法の開発”
- 4、科学技術振興機構（JST）宮城“電磁力を高度利用した Al スクラップの高清浄化技術の開発”
- 5、日本学術振興会、日中拠点大学プログラム（2004-2008）“鉄鋼スラグからのマイクロ波によるチタン抽出技術”

などが加わった。その他に数社との間で企業間共同研究を行うとともに、新たに企業や学会から研究助成資金を獲得した。（神戸製鋼所、フジクラ、日立化成、SKA、JFE21 世紀財団、電子回路基板振興財団、鉄鋼協会石原浅田助成）一方、DC2 の梅木千真は、21 世紀 COE プログラム“流動ダイナミクス国際研究教育拠点”における“出る杭のばす教育プログラム”に採択され、“水系の物理処理による配管スケール防除の研究”を行っている。

環境科学研究科が積極的に企画を行っている環境フォーラムの第6回を谷口教授が世話人となり10月15日に、仙台市ガーデンパレスにおいて“素材産業のリサイクル”と題して開催した。企業、宮城県および環境科学研究科からの講演の他に、研究紹介のポスター展示会もあり、盛況に終わった。翌日の見学会においては、東北スチール、石巻広域クリーンセンターを訪問し、循環材料プロセスの実態に関して重要な情報収集を行うことができた。

昨年に引き続き、日本鉄鋼協会高温プロセス部会においては、ノーベルプロセッシングフォーラム（座長：谷口教授）を主催し、6研究グループを統括しているほか、日

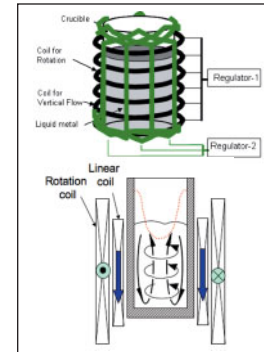
助教授
吉川 昇助手
松本 克才

図3. 2軸移動磁界攪拌コイル

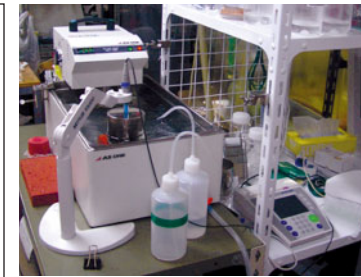


図4：物理処理水の電気伝導度測定



図5：中国鉄鋼関連団体訪日団記念写真（東北大学、魯迅の記念教室にて）（2004,11/15）

本鉄鋼協会交流強磁場利用環境・材料プロセス研究会における活動を活発に行っている。ノーベルプロセッシングフォーラムでは、日本鉄鋼協会秋季大会において、国際セッションを企画し、国内外における研究者を招待し、講演会を開催した。同セッションのマイクロ波プロセス研究グループにおいては、米国ペンシルバニア州立大学の D.Agrawal 教授を招聘し講演を依頼した。同教授は来仙し、東北大学においても講演を行った。

昨年 2003 年 10 月にフランスのリオンで行われた材料電磁プロセッシングに関する国際会議（EPM2003）は、2006 年 10 月に、仙台において開催が予定（EPM2006）されており、谷口教授を組織委員長として委員会が組織され、具体的な計画・立案段階に入っている。

谷口教授は中国上海で開催された材料電磁プロセッシングに関する国際ワークショップにおいて招待講演とセッション座長を務め、中国北京で開催された連続製造に関する国際会議（CCC'04）においては一般講演とセッション座長を務めている。

また研究者の交流も盛んに行われている。ノルウェー SINTEF 研究所から、Stein Tore Johansen 教授が来訪した。また、英国 Greenwich 大学から Dr. Bojarevics を招聘した。両氏は、数値流体力学の専門家であり、研究室においては材料プロセスの効率化に関する技術的な討論が積極的になされた。また 11 月には、中国の鉄鋼関連団体が訪日を行った際、谷口教授が東北大学の世話人となり両国における鉄鋼界の友好親善に寄与した。（図5）

吉川助教授は、昨年に引き続き米国ワシントン大学との創造工学共同研修の設定を行っているが、2004 に同大学が米国 NSF による大学院教育プログラム（IGERT）に採択されたことを受け、プログラム共同研究活動への推進役を務めている。本プログラムのテーマは“多国間の協

力による環境に対する挑戦”と題されており、世界の関連大学と環境科学研究科との連携を推進している。また日中拠点大学プログラム（JSPS）により、中国重慶大学、安徽工業大学を訪問し講演を行うとともに、共同研究を行っている。

7月には、マイクロ波科学および関連分野への応用に関する国際会議（MW2004）において、マイクロ波の環境技術への応用に関するセッション座長を務めるとともに、同テーマに関する積極的な研究を進めている。この研究に関しては、日本鉄鋼協会の国際セッションにおいても、講演を行っている。

松本助手は、エレクトロニクス実装学会の活動の一環として、配線板製造技術委員会に所属し、仙台における合同研究会を企画して 11 月に開催した。また、JPCA Show 2004 においては、ポスター展示及び口頭発表を行い、多くの注目を集めた。一方、電子機器製造関連の複数企業との共同研究を行うと共に、各社において技術指導を数多く行っている。銅回路配線板の集積化、省エネルギー工程の開発、エッチング廃液処理等に関する環境研究を積極的に推進している。

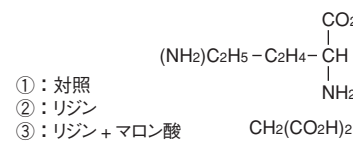
嶋崎真一は、当研究室でドクターを取得後、フランスのナンシー大学で2年間ポスドクを務め、今年帰国した。平成17年1月より JST の特別研究員として研究室に在籍するとともに研究活動に着手した。在仏中は、フランスの鉄鋼会社（旧ユジノール、現アルセロール）との共同研究において、鋼材の水冷却における沸騰伝熱現象に関する解析を主に計算機シミュレーション法により行った。

最後に研究室の学生も非常に活動的であり、たとえばマテリアル系 22 研究室対抗のサッカー対抗試合において、3連覇を達成することができた。この中で学生相互の友好関係が育まれている。

水圏環境保全技術の開発

教授
彼谷 邦光

- アミノ酸リジン（L-リジン）は2日以内にアオコの細胞だけを選択的に破壊する。
○細胞およびアオコ毒ミクロシスチン増殖するバクテリアに分散される。
○浮葉植物や沈水植物が繁茂し、水のpHが中性付近にもどる。

中国雲南省昆明市郊外での隔離
水界実験（28日後）

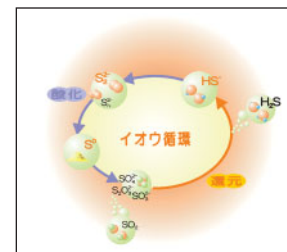
- ①：対照
②：リジン
③：リジン + マロン酸



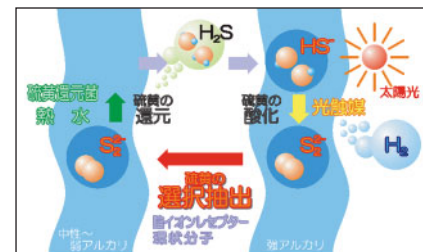
有毒アオコの選択的駆除



大発生した有毒アオコ



硫黄の酸化・還元循環プロセス



硫化物イオンの抽出

平成15年度に新設した循環生態系計画学分野では、水圏における環境保全技術開発の一環として、1) 微細藻類の毒素と水環境の化学、2) 硫黄循環とエネルギー・環境、3) 分子鑄型による選択的吸着剤の開発をテーマとして研究を進めている。

『微細藻類の毒素と水環境の化学』

水の富栄養化に伴い発生する藍藻類、いわゆるアオコは様々な毒性物質、生理活性物質を産生する。本研究では、アオコが産生する新規物質の探索、そしてそれらの物質の構造決定、毒性評価、分析法の開発を行なっている。また、平成15年度から引き続き行なっているアミノ酸（リジン）を用いた有毒アオコの選択的な駆除剤の開発では、隔離水界実験を行なった結果、有毒アオコの選択的な駆除に成功した。さらに、平成16年度からの新たな研究課題として、藻類が作り出す炭化水素を利用した新規代替エネルギーの開発にも着手した。

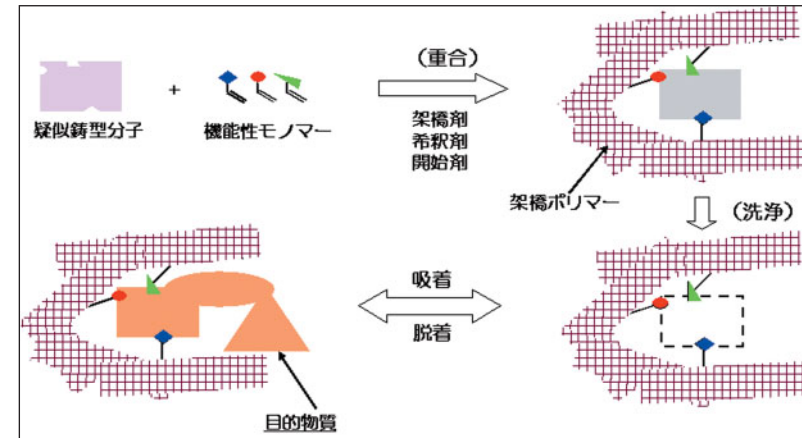
『硫黄循環とエネルギー・環境』

本研究では、イオウの循環とエネルギー創製を目的とし、硫化物イオンの選択的な分離・除去技術の開発を行なっている。イオウは水圏、地圏に広く分布し、環境に応じて

酸化・還元プロセスを通じ大きく循環している。特に、環境に影響を及ぼす廃ガスとしての硫化水素は除去・固定化処理にエネルギーを要するため、その省エネ化、有効利用が求められていた。硫化水素ガスをアルカリ溶液に溶解し、太陽光で動作する高効率光触媒を用いて水素をつくりだす技術が実用レベルを達成しようとしている。このとき副生成物として生ずる二硫化物イオンは、微生物反応や水熱反応によって効率的にもとの硫化水素へと還元できる目処が立ってきた。しかしながら、次の問題として、光触媒反応槽における原料の硫化水素イオンと廃棄物の二硫化物イオンが混合した溶液から、溶液状態を変化させることなく後者のみを選択的に抽出し、イオウ還元槽に移す技術が必要となる。

『分子鑄型による選択的吸着剤の開発』

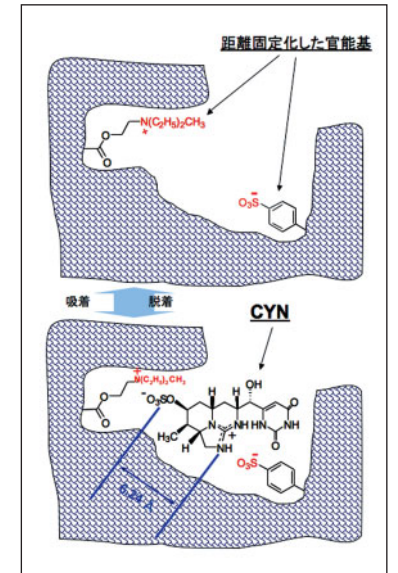
環境中には多量の物質が共存し、極微量の汚染物質の選択的な分離、定量的な分析は極めて困難を要する。そこで、本研究では分子鑄型（分子インプリント）の概念を利用し、様々な物質の選択的な分離・濃縮を手がけている。平成16年度の最も大きな研究成果として、“官能基間距離固定化法”がある。これは、架橋高分子の架

講師
篠田 弘造助手
久保 拓也

フラグメントインプリント法



LC-MS System



官能基間距離固定化法

橋構造内に特定の官能基を固定化する技術であり、固定化された官能基によって、選択的分子認識能を得ることが可能となった。また、フラグメントインプリント法と呼ばれる新たな分子インプリント法の開発では、目的物質の構造の一部を選択的に認識する媒体の調製が可能となり、藍藻毒であるミクロシスチン、環境ホルモンとして近年報告されたビスフェノールAの塩素化体、ダイオキシンなどの有毒物質の選択的な分離に成功した。これらの手法で得られた分離媒体は、液体クロマトグラフィー質量分析（LC-MS）等の分析前処理剤として利用が考えられ、今後の環境分析の大きな武器になると期待される。

2004年度のアクティビティ

【印刷論文】

T. Sano, H. Takagi, and K. Kaya, *Phytochemistry*, 65, 2004, 2159-2162

T. Hinotsu, B. Jeyadevan, C. N. Chinnasamy, K. Shinoda, K. Tohji, *J. Appl. Phys.*, 95, 2004, 7477-7479

T. Kubo, N. Tanaka and K. Hosoya, *Anal. Bioanal. Chem.*, 378, 2004, 84-88

他 14 報（英文論文）

【著書】

・彼谷邦光、「環境ホルモンとダイオキシン」 裳華房

【解説記事】

・彼谷邦光、環境保全の現状38、有毒アオコによる飲料水汚染の現状と対策、“遺伝”、58-4、2004、93-97
・久保拓也、環境測定分析技術・機器の動向、微量化学物質の分析の現状と課題、“産業と環境”、8月号、2004、38-40

【招待講演】

・彼谷邦光、「藍藻毒ミクロシスチンの化学と分析法」 バイオメディカル分析科学シンポジウム特別講演（日本薬学会）（西宮、武庫川女子大学2004年6月5日）

・Kaya, K., Selective control of toxic cyanobacteria using lysine and malonic acid, China-Japan joint Symposium on Environmental Chemistry, Beijing (Oct, 21st, 2004)

結晶中での新しい不斉反応

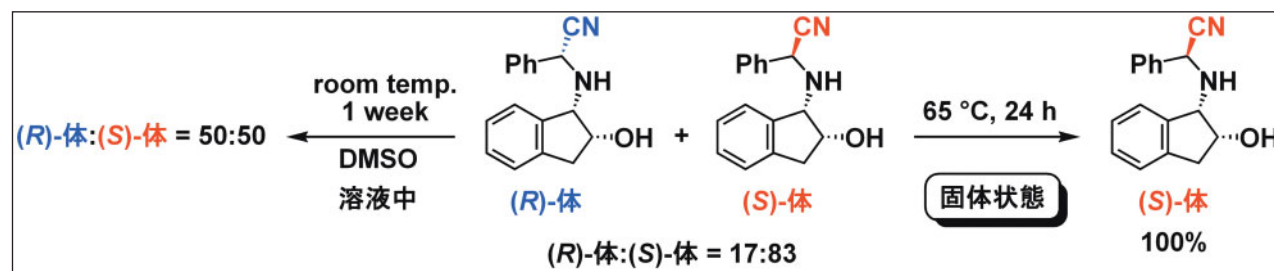
助教授
服部 徹太郎

図1 溶液反応と固相反応の比較：R体:S体=17:83の異性体混合物を溶液中で放置しておくとR体:S体=50:50の混合物得られる。同じ試料を固体状態で加熱すると、S体のみになる。



図2 試料を乾燥器に入れて反応。後処理も精製も不要。

持続可能な社会の実現のためには、有害な物質の生成や使用を抑えた製造プロセスの開発が必要である。製造プロセスで排出される全物質の重量を製品の重量で割って得られるE-ファクターは、製品単価の低い石油精製品やバルク化学品に比べ、製造コストを製品に転嫁しやすいファインケミカルや医薬品でケタ違いに大きく、一つの医薬品の製造プロセスで発生する廃棄物が石油精製品やバルク化学品製造の廃棄物を絶対量で上回ってしまう場合さえある。このような背景から、バイオテクノロジー、IT産業、ナノテクノロジーを材料面から支える精密有機合成化学が社会に対して負う責務は非常に大きい。これには、無害な原料や薬品の使用、代替溶媒や反応条件の検討などにより、既存の合成プロセスを環境に優しく改良していくと共に、新規材料・機能性分子素子の創製の可能性を睨みつつ、全く新しい反応や手法に基づくプロセスを開拓していく必要がある。なかでも医薬・バイオ産業においては、生体分子はもとより、天然物、生理活性物質など取り扱う物質の多くが鏡像異性体分子（光学活性化合物）であり、鏡像異性体の作り分け（不斉合成）が環境への適合の

鍵となる。この分野においては、Sharpless教授、野依教授、Knowles博士のノーベル賞受賞に象徴されるように、金属錯体を触媒とする不斉反応の研究が盛んに行われてきた。これらの反応は溶液で行われるが、不斉反応とは分子を立体的に制御し、ある選択性により反応させるものであるから、分子が定まった配座で規則正しく並んでいる有機結晶は、反応の場として非常に魅力がある。また、固相での反応は、合成化学のグリーン化における最大の課題とも言われる揮発性有機溶媒の使用の削減に繋がり、環境科学的にも期待が持たれる。

我々は、アミノ酸の合成中間体として期待される1対のジアステレオ異性体[N-(R)-および(S)-シアノ（フェニル）メチル-(1*S*,2*R*)-1-アミノ-2-インダノール、以下R体、S体と略す]の混合物を、固体のまま加熱すると一方の化合物に完全に異性化するという興味ある現象を見出した¹。同様の反応は溶液中でも起ったが、固相反応とは対照的にR体:S体=1:1の混合物が得られた。また、溶液反応では副生成物が見られたが、固相では目的の反応のみが進行し、反応後の後処理や生成物の単離・精製も必要

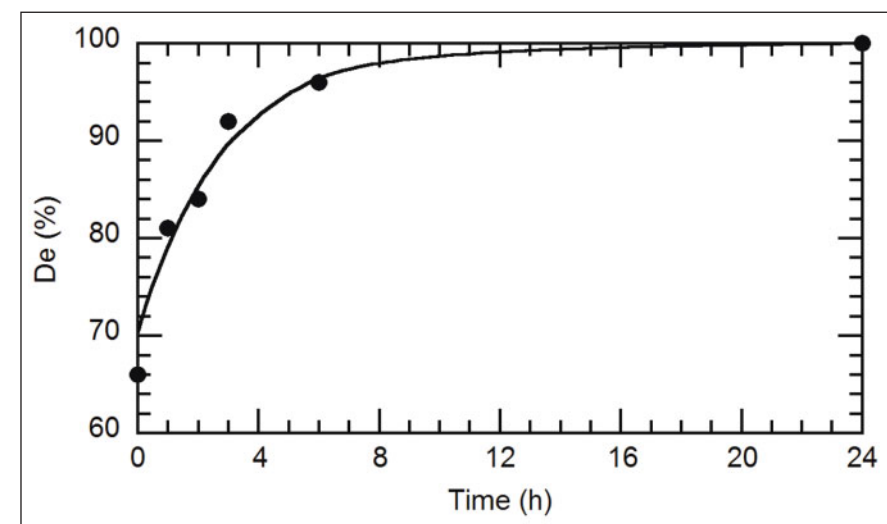
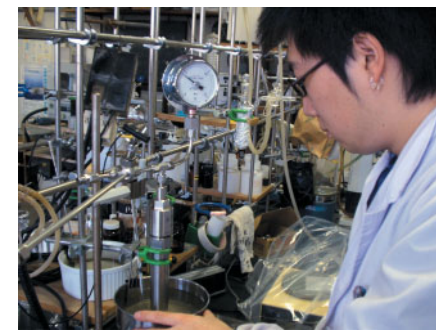


図3 S体の純度の経時変化（固体状態、65°C）

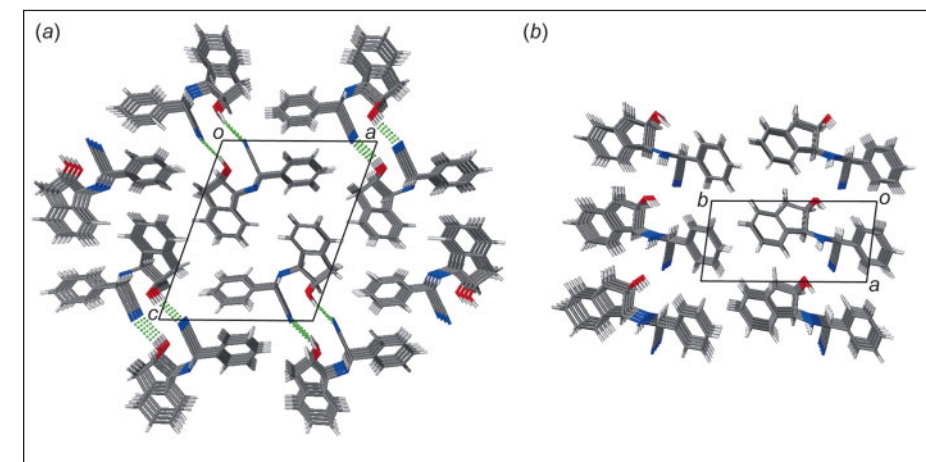


図4 R体 (a) とS体 (b) の結晶構造

としなかった。種々の検討の結果、これらの異性体は分子としての安定性はほとんど変わらないが、結晶を形成することで安定性に差が生じ、不安定なR体から安定なS体へと異性化していることがわかった。有機結晶を利用する不斉反応はこれまでも知られているが、本反応は、結晶中での平衡を利用して中心性不斉をもつ光学活性な有機化合物を合成した初めての例である。溶液中で異性化する物質は多数知られており、本原理を応用した光学活性化合物の製造法の開発が期待される。

※本研究は、いわき明星大学理工学部の山浦政則教授、東邦大学理学部の内田朗助教授と共同で行われたものである。

- (a) Sakurai, R.; Suzuki, S.; Hashimoto, J.; Baba, M.; Itoh, O.; Uchida, A.; Hattori, T.; Miyano, S.; Yamaura, M. *Org. Lett.* 2004, 6, 2241-2244. (b) Sakurai, R.; Itoh, O.; Uchida, A.; Hattori, T.; Miyano, S.; Yamaura, M. *Tetrahedron* 2004, 60, 10553-10557.

多くのライフサイクルを追求する

教授
長坂 徹也



助教授
中澤 重厚



助教授
伊藤 聡



助手
横山 一代



研究員
中島 謙一



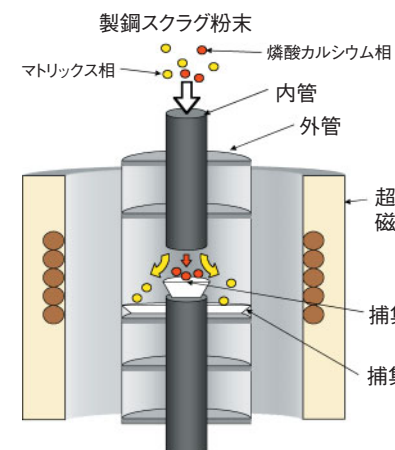
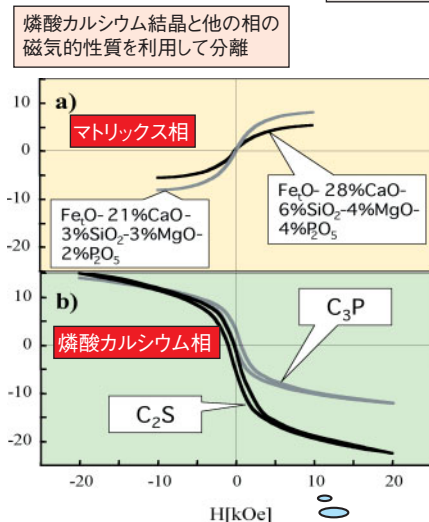
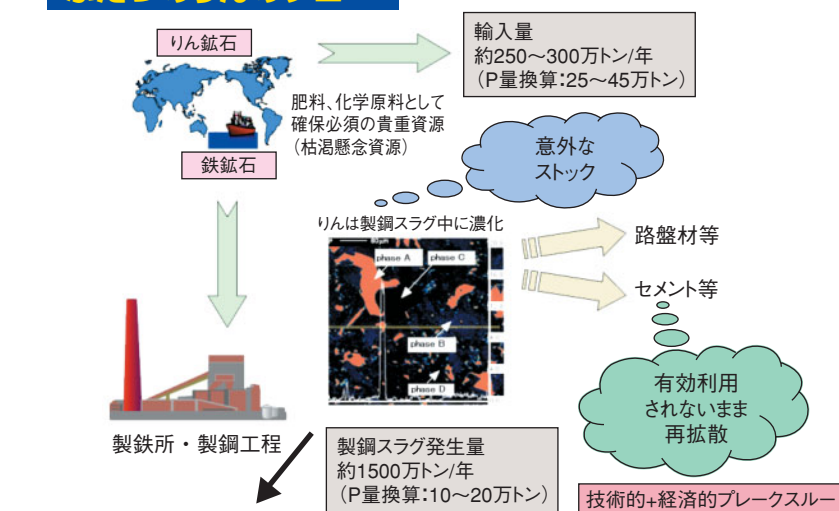
当分野では環境親和型素材製造・資源再生プロセス（エコマテリアルプロセッシング：EMP）、マテリアルフロー分析（MFA）、ライフサイクルアセスメント（LCA）の3本柱を中心とした物質循環のための環境経済工学の研究を進めている。

2004年度の主な業績、社会への貢献

- ・伊藤助教授が資源素材学会功績賞を受賞
- ・横山一代助手が日本鉄鋼協会石原浅田研究助成金を獲得
- ・須賀卓也君（修士1年）が日本鉄鋼協会春季講演大会学生ポスターセッションで優秀賞を受賞
- ・長坂教授が宮城県循環型社会推進懇話会座長に就任

ふたつのりのフロー

（代表者、MFAgr.長坂による）



分離・回収に成功!

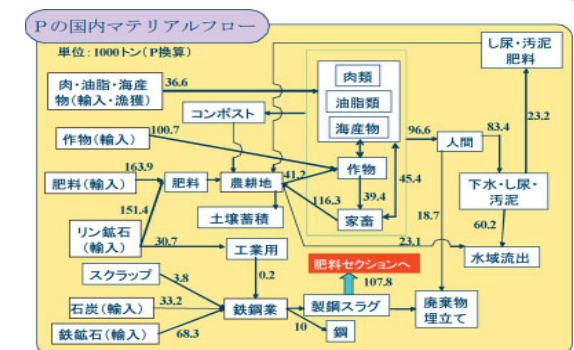
リンは鋼にとって最も悪影響を及ぼす不純物であり、製鋼工程においてスラグ中に吸収・除去している。粗鋼生産量が1億トン以上の我が国では、製鋼スラグの発生量は1千万トン以上に達し、このスラグはほとんど資源としては有効利用されていない。当分野では、スラグ中でのリンの存在形態とスラグを構成する結晶相の磁気的性質を調べ、強磁場によって両者は分離可能であることを実験的に証明し、特許を出願した。本法によって回収物を貴重なリン代替資源として、また残分は再び製鋼工程にリサイクルすることが可能になり、製鋼スラグ発生量の大幅削減が達成できる。当分野では同様の原理で、環境調和型新チタン原料の製造法の開発にも取り組んでいる。

EMP

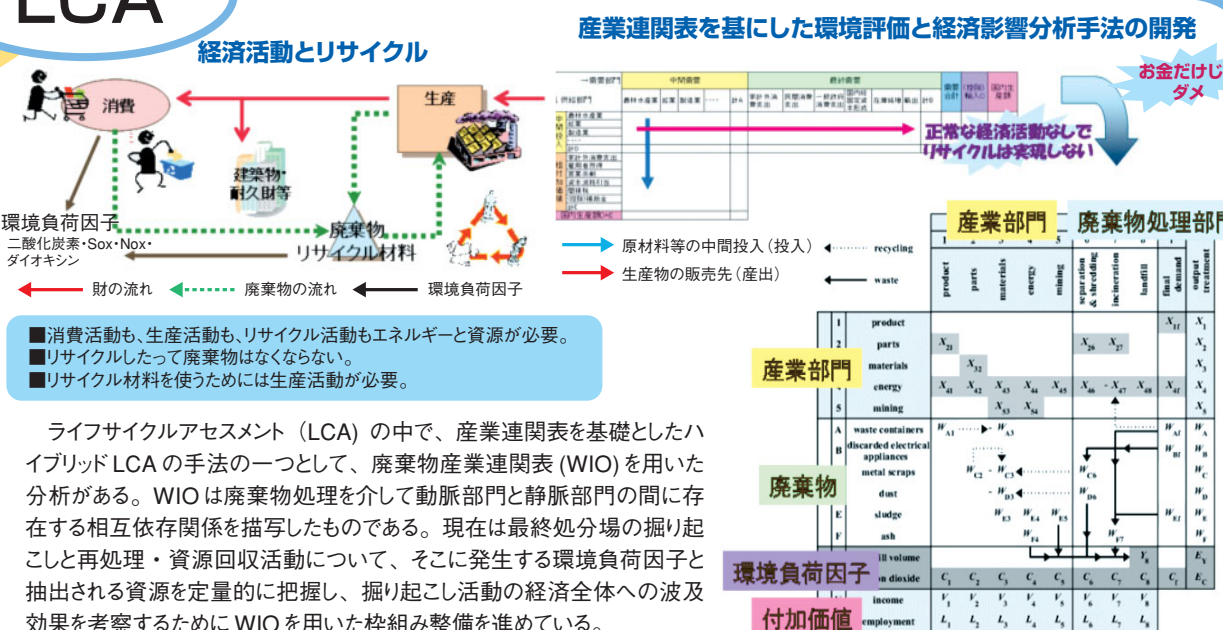
MFA

LCA

「持続可能社会」を実現するためには「物質循環」を効果的に果たすことが重要である。それでは循環させるべき物質は、どのような形態で、どれくらいの量が社会を動いているのだろうか。国、地域、産業部門などを単位として物質収支を定量化し、環境負荷や資源消費を体系的に把握することで環境・資源効率を改善しようという調査研究は、



マテリアルフロー・アカウンティング（Material Flow Accounting：MFA）と呼ばれており、90年代後半から欧州を中心に盛んに行われるようになってきている。当分野では、昨年度に科学技術振興機構（JST）の戦略的創造推進事業に採択された「サステナビリティ指標としての物質・材料フロー」（研究代表者・長坂）の一環として、昨今戦略物質として着目を集めるリンに関するマテリアルフローを調査し、新たなリン代替資源のための量的指針を与えた。

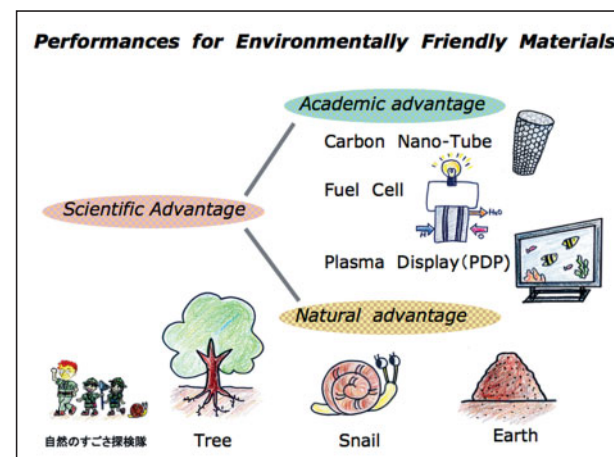
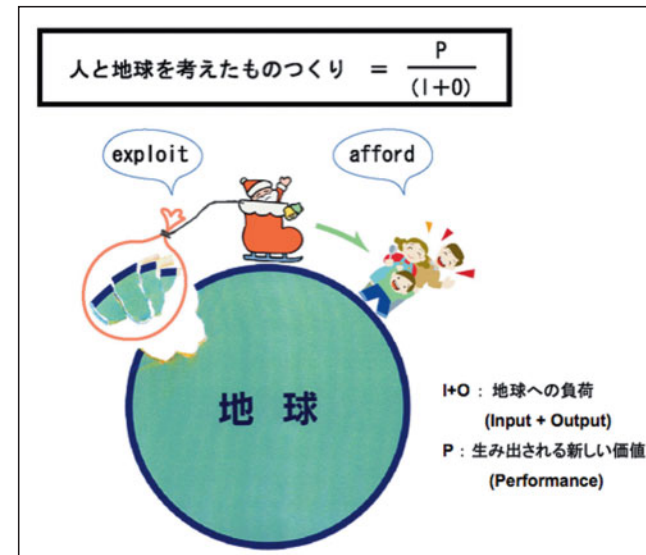


現在進行中のその他の研究課題

- ・アミン水溶液による燃焼排ガスからの二酸化炭素の分離
- ・廃棄物産業連関表を用いた最終処分場掘り起こしの波及効果分析
- ・新エネルギーとしての家畜系バイオマスの利用
- ・排熱回収のための新しい無機系相変化蓄熱材（PCM）の開発
- ・ミストと静電分留を利用した廃液からの金属超微粒子製造



自然のすごさを賢く活かすものづくり

教授
石田 秀輝助教授
井奥 洪二

自然のすごさを賢く活かすものづくりはものづくりの新しい切り口

1. 研究方向

「ものづくり」は必ず地球に負荷を掛け、その結果、人にとって快適性や利便性があるものをつくり出している。一方、人間は種の中で唯一、一度得た快適性や利便性を容易に放棄できない『生活価値の不可逆性』(irreversible value of life)を有している。これが可逆的であれば、おそらく環境問題は今とは様変わりしていよう。

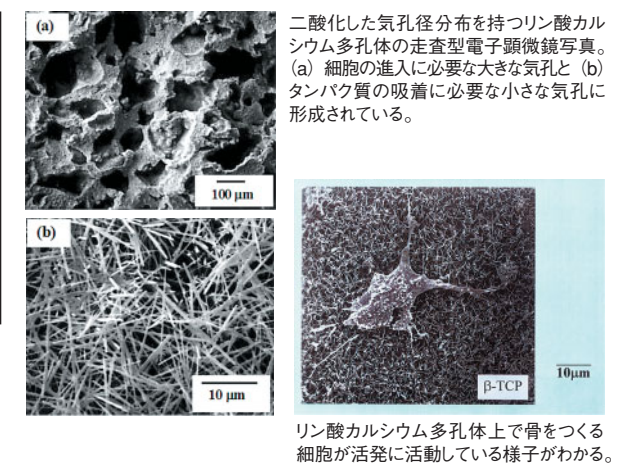
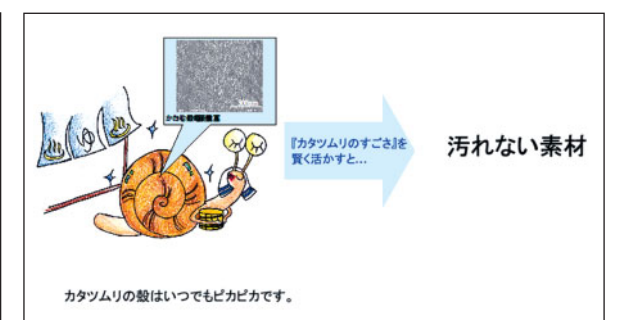
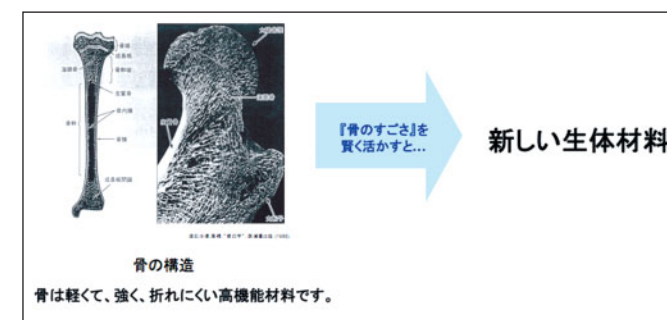
したがって、如何に生活価値の不可逆性を肯定しながら可能な限り地球への負荷を低減させるものづくり『人と地球を考えたものづくり』にシフトできるかが21世紀型ものづくりの極めて大きなKeyになると考えている。

我々は、『人と地球を考えたものづくり』創出の解の一つが、自然生態系や地球の大きな循環にあると考えている。これらは長い地球の歴史の中で完璧な循環を創り上げてきた。これらの循環を科学の目で観て人間生態系でリ・デザインすることで、安全で高い利便性を有するものづくりや暮らし方を超低環境負荷で提案できると考えている。

2003年9月にスタートした研究室です。あたらしいものづくりのかたちを求めて多面的な切り口で研究を進めてゆきたいと考えています。いつでもたくさんのご意見をお待ちしています。

2. 研究内容

- 『自然のすごさを賢く活かす』〈Channeling the Forces of Nature〉ためには、自然のどの部分を人間生態系でリ・デザインすべきか十分な対比研究が必要である。研究のディレクション機能であり、現在 ZERI (Zero Emission Research and Initiatives) などとネットワークの検討を開始している。
- 『土』はそのナノ凝集構造や構成鉱物の電気的な特性から高い調湿性能や浄化機能を有している。また、『かたつむり』に代表されるいくつかの昆虫類の殻は高い防汚機能を有している。これらの性能発現メカニズムを解明し、新しい材料としてのリ・デザインを進めている。
- 『自然のすごさを賢く活かすものづくり』の考えは少しずつ広がってきており、国内外で30回を超える講演に対応した。また、子供たちとの環境ワークショップも開始した。
- 「生体に学び、生体を超越る」を目標に創製した環境材料、生体材料も、国内外で評価され、国際会議の招待、海外の大学からの講演依頼を受けている。また、8月には第5回日韓若手研究者交流セミナーを実施した。(日本：東北大、東京工業大、山口大、帝京科学大、



韓国：明智大、群山大、壇国大、開催場所：韓国 群山大学校)

3. 学外活動

(1) 国際会議等の講演

Emile H. Ishida, "Channeling the Forces of Nature-The 8th World Congress on Ceramic Tile Quality", Qualicer 2004, Castellon Spain 07-10 Mar. 2004, 基調講演

Emile. H. Ishida, "Dynamic Activity of Water on the Nature Technology", First International Conference on Flow Dynamics, Sendai Japan, 11-12 Nov. 2004, 基調講演

Koji IOKU, Giichiro KAWACHI, Shuji SASAKI, Hiro-taka FUJIMORI and Seichi GOTO, "Hydrothermal Preparation of Tailored Hydroxyapatite", 6th International Conference on Solvothermal Reactions, Invited Lecture 32, 24-28 Aug., 2004, Mysore, India. 招待講演

Koji IOKU, "Functional Hydroxyapatite Material Prepared by Hydrothermal Method", Special Lecture of Tongji University, 17 December 2004, Shanghai,

China. 招待講演および特別講義

以上を含め、12回の基調講演、招待講演を行った。

(2) 国際会議、国内学会の開催

Emile H. Ishida, "The First China-Japan-Korea Symposium on Advanced Materials", Xining Qinghai, China, 15-17 Aug. 2004, Organizing Committee Koji IOKU, 5th Japan-Korea Seminar for Young Scientists on Construction Materials, Kunsan, Korea, Aug. 4-7, 2004, Organizing Committee.

以上を含め、8つの国内外会議のオーガナイザーやアドバイザーボードをつとめた。

(3) 学生のアクティビティ

- 1) 川内義一郎、第8回生体関連セラミックス討論会 最優秀質問賞、2004年12月2日
- 2) 川内義一郎、第8回生体関連セラミックス討論会 発表賞、2004年12月2日
- 3) 川越大輔、平成16年度環境科学研究科長賞、2005年3月

環境負荷軽減を支える材料研究

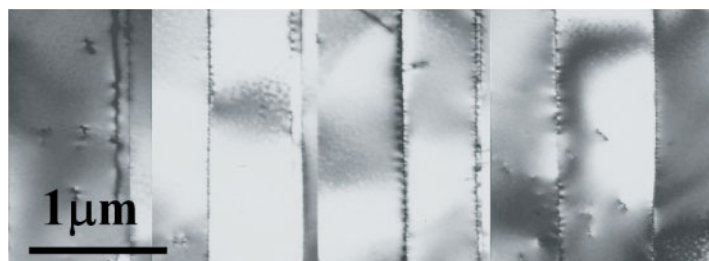
教授
丸山 公一

図1 TiAl合金の層状組織電子顕微鏡像

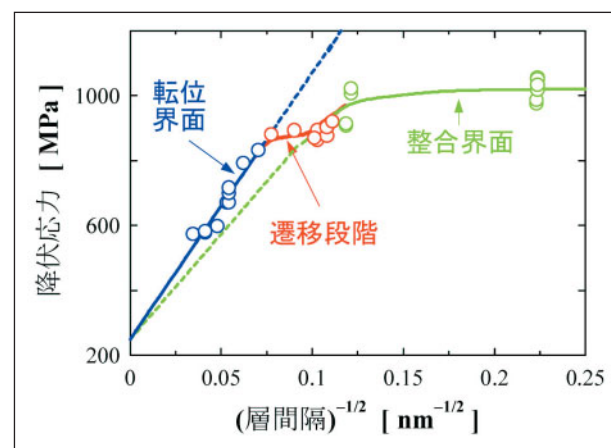
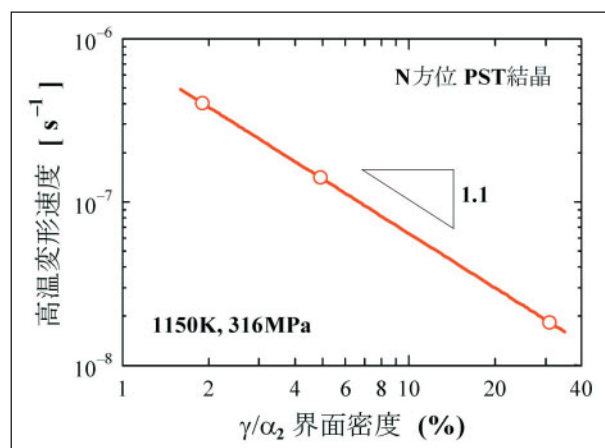


図2 TiAl合金の強度と層間隔の関係

図3 クリープ変形抵抗と γ/α_2 界面密度の関係

自動車等の運輸関係から排出されるCO₂量は、わが国の全排出量の20%を占め、その大部分は、走行時に、化石燃焼の燃焼によって発生する。したがって、自動車の燃費を向上させ、走行距離当たりの排出ガスを減少させる必要がある。その第1の方法は車両の軽量化であり、当分野では、実用材料中最軽量のマグネシウム合金の高強度化をととして、車両軽量化に貢献することを目指している。自動車の空燃比は、現状では、理想値より低いところに設定されている。理想値に近づければ、燃費は向上するが、排ガス温度が上昇し、それに耐える材料が必要になる。比重2.7のAlと4.5のTiからなるTiAl合金は、航空機エンジン（タービン翼）や自動車エンジン（ターボチャージャー、排気弁）用の次世代軽量高温材料として注目されている。排ガス温度の高温化に対応するには、ターボチャージャーや排気弁用のTiAl合金の高強度化が必要である。

TiAl合金：次世代軽量高温材料

TiAl合金は、 γ TiAl相と α_2 Ti₃Al相という2種類の化合物相がナノ～サブミクロンサイズの層状組織を形成している。図1はその1例で、上下方向に層界面が走っている。TiAl合金中には、 γ 相と α_2 相があり、 γ/α_2 界面と γ/γ 界面とが存在する。この層状組織の設計によってその強

度を種々制御することができる。図2に示すように、界面の間隔を微細化すると強度を向上する。しかしその強化には上限がある。上限出現の第1の原因は、層間隔微細化に伴い転位を含む界面から含まない整合界面へ構造変化することである。この界面構造変化が γ/α_2 界面の変形抵抗を低下させ、低い飽和応力を与えている。界面転位の導入をコントロールして、層間隔微細化による強度の上限を上昇することを提案し、その実証を行っている。

TiAl合金の高温クリープ強度は、層状組織と応力軸のなす角の制御で、100倍も向上できる（寿命が100倍伸びる）。このように高強度化した材料の更なる高強度化を目指して研究を行っている。界面を多く含む層状組織は、高温では本質的に不安定で、界面が合体・消滅して界面エネルギーを下げるように変化する。その結果層間隔が増加し、材料強度が低下する。したがって、層界面の消失を防げば、高温強度を向上できる。熱安定性が高い、 γ/α_2 界面密度を高めることによって、層状組織の熱安定性を向上させ、クリープ変形抵抗を更に向上できることを提案した（図3）。

これらを含めたこれまでの成果に対して、本年3月には、日本金属学会 谷川・ハリス賞と、日本鉄鋼協会 学術

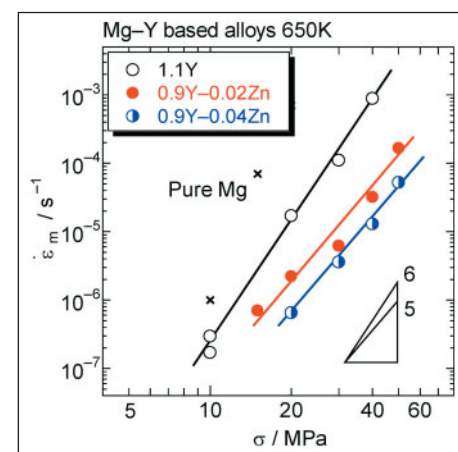
助手
鈴木 真由美

図4 種々のMg合金におけるクリープ速度の応力依存性

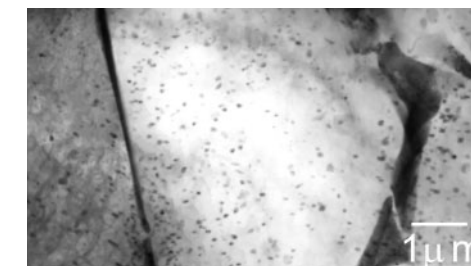


図6 Mg-Al-Ca-Sr-RE系合金のミクロ組織

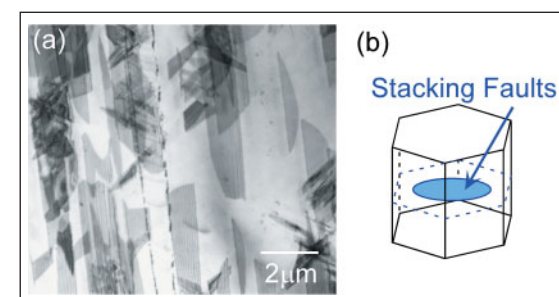


図5 Mg-Y-Zn三元合金のミクロ組織

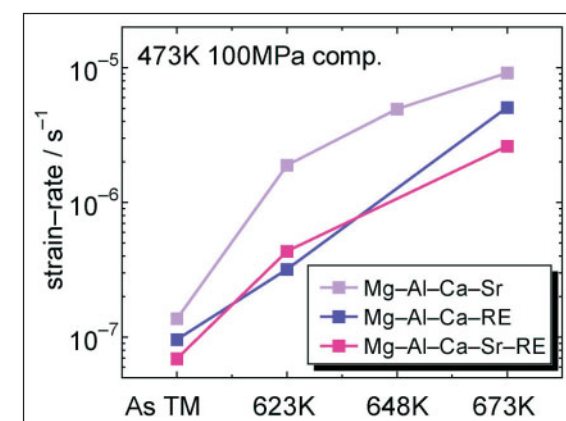


図7 Mg-Al-Ca系合金のクリープ強度

功績賞が贈呈されることになっている。

Mg（マグネシウム）合金：次世代軽量材料

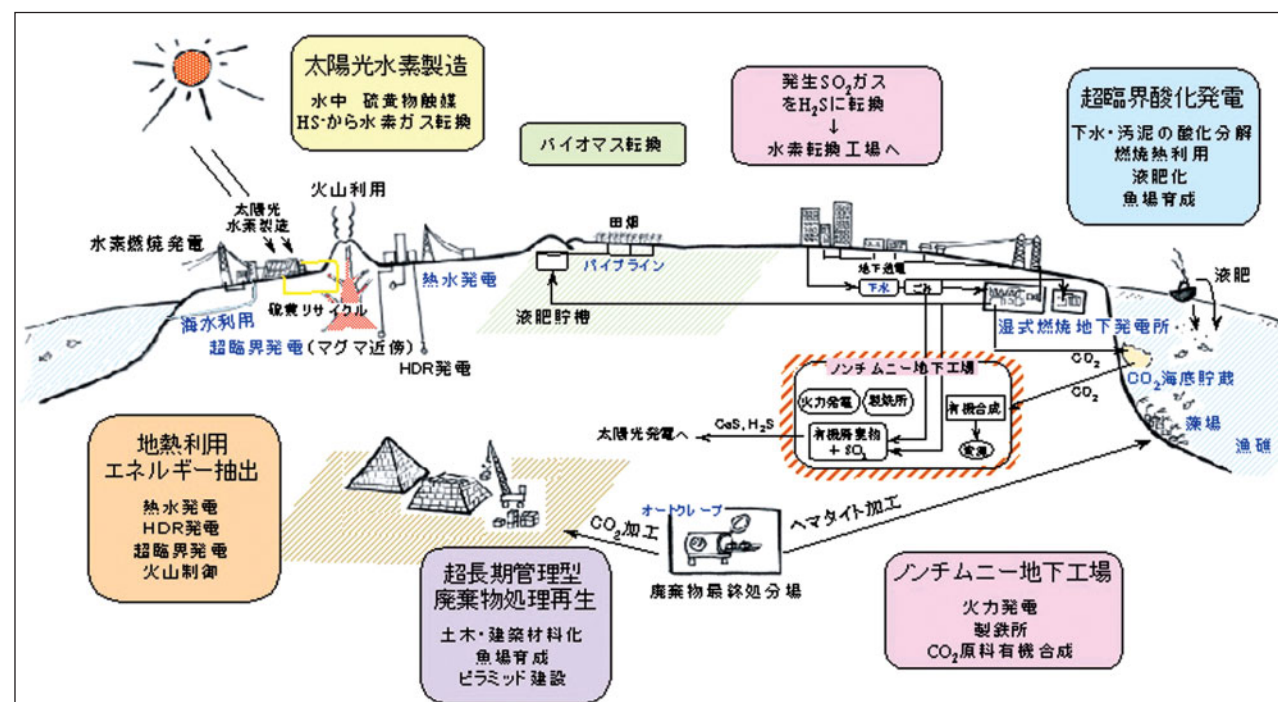
Mgは密度が1.74Mg/m³と実用材料中最も小さいことから、輸送媒体に使用することで輸送速度の増加ならびに燃費の軽減に貢献する（図5）。例えば自動車の車両重量を10%低減すると、5%の燃費改善効果が期待出来る。しかしながらMgは同じ軽金属材料に類するAlと比較すると機械的性質、特に高温でのクリープ耐性に乏しく、車両重量軽減に大きな効果があると考えられるエンジン部周りの高温部材への応用は難しいとされてきた。

そのため、高強度Mg-RE系合金が幾つか開発されたが、REは高価であるため近年、Mg-RE系合金に第三元素を加えることで、希土類添加量を控え、かつ強度改善を図る研究が勢力的に行なわれている。本研究室でもMg-Y二元合金に第三元素として微量のZnを加える研究を行なっている。図4に各種Mg合金の650Kにおけるクリープ速度の応力依存性を示す。図から明らかな通り、Mg-Y合金の強度は極微量（～0.1mass%）のZnの添加により10倍程度増加している。これは通常の合金添加による強化からは考えられない強化である。図5にこれらMg-Y-Zn三元合金の内部組織を示すが、粒内に縞状のコントラスト

を持った積層欠陥が多量に導入されており、母相の積層欠陥エネルギーが低下していることがわかる。積層欠陥エネルギーの低下はクリープ強度の低減に非常に効果的であり、本合金系ではYとZnの複合添加によって積層欠陥エネルギーが著しく低下し、大幅な強度改善に寄与したと考えられる。これらの成果は国内外の学会で発表されている。

また、前年度に報告したMg-Al-Ca系チクソモルディング材では、第三、第四元素を添加することで粒内に微細な第二相を分散させ、更なる高強度化を図っている。図6にMg-Al-Ca-RE-Sr合金のミクロ組織を示すが、粒界を連続的に覆う晶出物の他、粒内に多量の第二相が導入されていることがわかる。これらの合金をクリープ変形すると、粒内の第二相が変形の担い手である転位をピン止めするため、合金の強度は更に増加する（図7）。これらの成果は軽金属学会等で報告されている。これらMg合金に関する成果のうち、Materials Transactionsに掲載した論文”Grain-Boundary Sliding in AZ31 Magnesium Alloys at Room Temperature to 523K”が平成16年度日本金属学会論文賞を受賞した。

環境物資循環の構築

教授
山崎 仲道ウォーターデザインによるノン CO₂ 型資源・エネルギー・循環融合システム

本研究室は、平成16年度より同和鉱業による寄附講座「環境物質制御学講座」として新たなスタートを切った。我々人類を始めとしたあらゆる生命体の母体である地球は、今や自然界に備わるサイクル形態のみでは処理不可能なほどの廃棄物にさらされ、破綻の危機にある。この危機を乗り越えるためには、資源の単純なリサイクルだけでなく、あらゆる物質を循環させ平衡状態にするクローズドシステムを作ることが要求される。本研究室では、主に水熱プロセスを利用して、環境中に放出された人工物質の挙動を把握し、これらの制御および処理処分に関する研究を行っており、物質やエネルギーの大きな循環を考慮したクローズドシステムの開発に取り組んでいる。平成16年度は、(1) 杉・竹などの廃材バイオマスの有用材への転換や有機成分の抽出、(2) 環境汚染物質・有毒有害物質の無毒化処理、(3) 超高压水熱条件下での有機塩素系化合物の炭化によるダイヤモンド合成、(4) 含油スケールの乾燥蒸気処理による再利用、(5) 水熱処理を適用した廃プリント基盤のリサイクル、(6) 廃ガラス粉末の水熱ホットプレス法による固化および機能化に関するリサイクル研究、(7) 水熱法を用いた薄膜合成法、(8) 二酸化炭素の直接有機化合物への固定、(9) 無機廃棄物の水熱圧搾固化法、

(10) 牡蠣殻粉末の硬化材料化、(11) 模擬原始地球環境下での生体分子の合成、などの研究活動を行った。また、6月に行われた学生による同和鉱業花岡地区の見学会や白鳥寿一助教授（同和鉱業（株）ジオテック事業部所属）による環境科学研究科での講義など、大学内の研究生活では普段経験出来ない産業界との交流を深めた。以下に特筆すべき今年度の成果について紹介を行う。

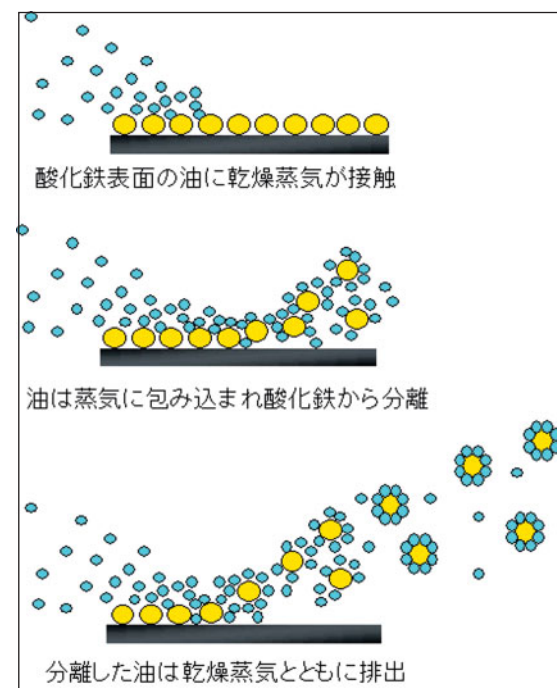
【研究成果】

【1】環境汚染物質・有毒有害物質の無毒化

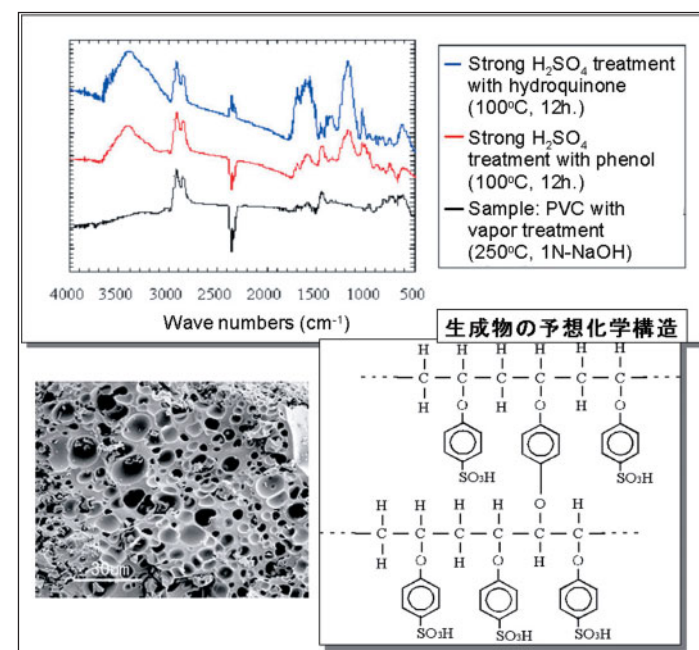
焼却時にダイオキシンや塩化水素ガスを発生するポリ塩化ビニルから塩素成分を効率よく除去するために開発した水熱処理技術は、日経産業新聞（平成16年8月23日付）に取り上げられ、山崎仲道教授・白石工業・白石中央研究所の三者による共同特許出願済である。

【2】含油スケールの乾燥蒸気処理による再利用

製鉄プロセス中には含油スケール（酸化鉄）が多量に生じる。これを乾燥蒸気により脱油する技術を本研究室において開発した。この技術を基に、東北地域の産業クラスター計画により推進される循環型社会対応産業振興プロジェクトとして東北大学・新日鉄釜石製鉄所・新日鉄の関連会社で構成される「鉄鋼業から発生する含油スケ-

助教授
白鳥 寿一助手
尾家 慶彦学振ポスドクター
Inna Korablovaリサーチフェロー
景 鎮子

含油スケールの乾燥蒸気処理モデル



無害化処理後の塩化ビニルのイオン交換樹脂への応用展開

ルのリサイクル事業創生研究会」が発足した。この内容は、日刊工業新聞（平成16年6月10日付）に紹介された。

【国際会議開催】

2004年8月に中国の吉林大学において吉林大学・清華大学・陝西科技大学・東北師範大学の学生と当研究室学生による交流会 The First Joint Meeting of Hydrothermal Chemistry for China-Japanを開催した。この交流会では、参加者による非常に熱い議論が行われ、大盛況に終わった。この成功を受け、来年度は東北大学側がホストとなり会を催すことが決定し、その規模を東北大学と交流協定を結んでいる大学を中心に環日本海レベルにまで拡大する予定である。

【海外招待講演】

Nakamichi Yamasaki, "Hydrothermal Dynamics on Environmental Problems using the Aspect of Earth Science", 6th International Conference on Solvothermal Reactions, August 24-28, 2004, Karnataka, India.

【社会活動】

日本学術振興会蒸気性質139委員会理事（1993—）（山崎仲道教授）
東北経済産業局、産業クラスター（環境問題）副委員長



吉林大学における交流会にて

（2004—2005）（山崎仲道教授）

【主な外部資金】

「水熱ホットプレス硬化法による廃貝殻からの新素材合成」
日本学術振興会科学研究費補助金・基盤研究（B）平成14年～16年度