

金沢大学 自然計測応用研究センター

Institute of Nature and Environmental Technology

Kanazawa University

Japan

K-INET

平成 17 年度

年報

2005

<http://k-inet.ee.t.kanazawa-u.ac.jp/>

巻頭言

COE プログラムの「着地」とセンタ - の今後

自然計測応用研究センタ - 長 柏谷健二

センタ - 所属の研究者の多くが直接的・間接的に関わっている 21 世紀 COE プログラム「環日本海域の環境計測と長期・短期変動予測」(以下「海」)も残すところ後 1 年となった。2002 年 10 月、センタ - の開所式の直前に採択の通知があり、センタ - の発足に励ましを頂いたような格好であった。小生自身、採択前の 9 月、英国で開催された国際会議の帰り、金沢に帰らずに関西空港から東京に直接赴き、林学長、早川教授、川西助教授共々ヒアリングに臨んだことを覚えている。3 年目の 2005 年には中間評価があり、現地ヒアリングが金沢大学で開催された。「拠点形成」という観点から、かなり辛口の批評を頂いたが、最終的には何とか「B」評価(4 段階の 2 番目)となり、安堵した。これ自体センタ - に対する直接的な評価ではないが、評価に曝されることは研究機関の宿命である以上、外部からの評価を積極的に活用する「術」をセンタ - としても身に着けたいところである。

さて、その COE プログラムの終了(「着地」とセンタ - の今後の展開である。「我が国の大学に世界最高水準の研究教育拠点を形成し、研究水準の向上と世界をリ - ドする創造的な人材育成を図るため」というのが COE プログラムの趣旨である。この 1、2 年、当センタ - ではプログラム終了後の受け皿(拠点)形成を意識した組織の拡充を進めている。昨年度設立した 2 客員研究部門(自然環境情報部門および人間環境情報部門)は、金沢大学 COE(海)グル - プおよび関連研究機関のこれまでの研究成果や今後の研究の集約と共に環日本海域の環境情報の収集・発信を担う情報センタ - 的な役割が期待されている。また、この一年は金沢大学 COE「海」主催で国内・国外との連携を目的とした環日本海環境戦略研究機構会議(環日本海域の関係大学・自治体等の研究機関)が 2 回開催され、当センタ - は主力構成メンバ - として参加した。次年度は海外の研究機関も含めた環日本海環境戦略研究機構会議が予定されており、日韓を中心に中国、ロシア、モンゴル等のユ - ラシア東部・環日本海域における連携の結節点(拠点)としての実質化が進められることになる。

現在センタ - での中心的なプロジェクトは COE プログラム「海」関連と学内重点研究に係る「人間圏環境における自然と最適環境創造工学の展開」であるが、前者は「ユーラシア東部・環日本海域の地表プロセスと歴史的環境変動」(仮称)への発展を目指し、中国東北部やモンゴルでの共同研究等にも着手している。また後者はバイオサイアンスとの結合を追跡し、関連分野と協力しながら精力的な活動を展開している。センタ - のプロジェクトは上記の二つに限られているわけではないが、この二つが相補的な関係で発展し、センタ - 全体の研究レベルの飛躍的な展開に結びつくことを期待したい。そして、このことはセンタ - 設立の目的に適うものであり、また 21 世紀 COE プログラムの趣旨とも重なるものであろう。

1. センターの活動

1) 1年間の活動概況

項目	行事名称（開催日等）
国際ワークショップ・シンポジウム	1) 国際ワークショップ「東アジアにおける現代の地球表層プロセスと歴史時代の環境変動」（平成 17 年 10 月 17 日～21 日，金沢） 2) 国際シンポジウム「ユーラシア東部とその周囲の環境変動」（平成 17 年 12 月 6 日～10 日，韓国・慶州） 3) 国際ワークショップ「流体力学でビジネスは可能か」及び日本機械学会流体工学部門講演会（平成 17 年 10 月 29 日～30 日，金沢） 4) 特別講演会「水圏・水域の環境に関する諸問題」（平成 18 年 2 月，金沢） 5) ワークショップ「環日本海域環境情報のデータベース構築に関するワークショップ」（平成 17 年 6 月，金沢）
研究会等の開催	1) 地下水流向・流速計研究会（平成 17 年 5 月 金沢，平成 17 年 7 月 会津） 2) 北陸流体研究会（平成 17 年 3 月 富山，同 9 月 金沢，各 100 名） 3) バイオサイエンスシンポジウム（第 6 回：平成 17 年 12 月 15 日，第 7 回：平成 18 年 3 月 14 日）
生物の進化・多様性や DNA に刻まれている内容に関する社会教育	1) 金沢子ども科学財団臨海実習（平成 17 年 3 月 18 日～19 日，10 名） 2) 高校生対象臨海実習（平成 17 年 6 月 17 日，七尾高 1 年生 38 名） 3) 全国理学部系国立大学公開臨海実習（平成 17 年 8 月 21 日～27 日，10 名） 4) 日本動物学会中部支部大会（平成 17 年 7 月 29 日～30 日）にて「バイオサイエンスと社会：研究成果とマネー」等を講演 5) 泉ヶ丘高校理数科(スーパーサイエンスハイスクール)の生徒を対象に数値解析の授業を実施（平成 17 年 10 月 28 日）
文部科学省特別教育研究事業	「角間の里山自然学校を拠点とした自然共生型地域づくり」．社会貢献・社会教育システムの構築に参画

2) 第 6，7 回バイオサイエンスシンポジウム開催報告

平成 17 年度はバイオサイエンスシンポジウムを平成 17 年 12 月 15 日と平成 18 年 3 月 14 日の 2 回開催した．このシンポジウムは，バイオサイエンス関連の研究の交流と企業への情報提供を目指し，自然計測応用研究センターを含めた 6 機関の共催により開催しているものである．学内外から第 6 回には約 60 名，第 7 回には約 30 名の参加者があった．

第 6 回は「バイオサイエンスからバイオプロセスへの発展」をテーマとし，バイオ産業に向けた開発研究について 1 件の基調講演と 6 件の招待講演があった．基調講演として東京大学長棟輝行氏から 20 世紀のバイオリアクタの設計，その制御，プロセスの開発などバイオテクノロジーの展開をうけて，21 世紀のポストゲノム解析時代にはバイオ分子のデザイン・シンセシスしたバイオテクノロジーを展

開する姿勢を持つことが重要であるとの講演があった。第7回は「バイオインフォマティクス(生物情報学)への招待」をテーマとし、2件の招待講演と3件の学内からの講演があった。招待講演として理化学研究所豊田哲郎氏から、ゲノム配列の中からの遺伝情報の解読、新規遺伝子の構造の推定について最新のバイオインフォマティクスに関する講演があった。また、東京大学松崎素道氏からは、単細胞紅藻のゲノム解読の過程における情報基盤構築とその解析について講演があった。両日とも研究者・学生から活発な質疑応答が交わされ実りあるシンポジウムであった。

次年度以降も話題性のあるテーマを取り上げ、本施設にのみならず学内のバイオサイエンス関連の研究のレベルアップと横のつながりを深めるために開催する予定である。なお、シンポジウム開催のため、教育研究改革・改善プロジェクト経費を受けたことを記す。

なお、第6, 7回バイオサイエンスシンポジウムの演題は下記である。

第6回バイオサイエンスシンポジウム

1. 基調講演「大学発の研究成果を実用化するための一つの経験紹介」
中部大学 小林 猛 氏
2. 基調講演「デザイン志向の生物化学工学の将来展望」
東京大学 長棟輝行 氏
3. バイオミネラリゼーション技術を駆使した大腸菌へのバイオレメディエーション機能付加
東北大学 梅津光央 氏
4. 活性酸素ストレスによる細胞生理の制御に基づいた機能性バイオ材料生産技術の開発
神戸大学 勝田知尚 氏, 金沢大学 荻野千秋 氏
5. 新しいフェノール系ポリマーの合成と固定化生体触媒への応用
金沢大学 小西玄一 氏
6. 物理的・化学的・酵素的タンパク質固定化のための表面修飾ガラス基盤の開発
九州大学 神谷典穂 氏
7. 非水系バイオプロセスで用いられる有機溶媒耐性生体触媒の開発
大阪府立大学 荻野博康 氏

第7回バイオサイエンスシンポジウム

1. 招待講演「DNAチップの高度な利用とバイオインフォマティクス」
理化学研究所ゲノム科学総合研究センター 豊田哲郎氏
2. ヒトDNAメチル化解析システムの構築と酵母のマイクロアレイデータ解析
--実験及び情報技術を駆使したゲノム機能解析?
金沢大学大学院自然科学研究科 山田洋一氏
3. サーカディアンリズムのRobustness獲得機構に関する一考察
金沢大学大学院自然科学研究科 東 剛人氏
4. 招待講演「単細胞紅藻 *Cyanidioschyzon merolae* のゲノム解読」
東京大学大学院理学系研究科 松崎素道氏
5. ヒメツリガネゴケのゲノム解析
金沢大学学際科学実験センターゲノム機能解析分野 西山智明氏



第 6 回バイオサイエンスシンポジウムの様子



第 7 回バイオサイエンスシンポジウムの様子

3) 国際ワークショップ「流体力学でビジネスは可能か」及び日本機械学会流体工学部門講演会開催報告(平成 17 年 10 月 29 日~30 日, 金沢, 601 名)

日本機械学会の流体工学部門では毎年秋に流体工学部門講演会を実施している。例年出席者は 400 から 500 人であったが、今回は 600 人以上で大盛会であった。国際ワークショップはその中で行なわれ、計算流体研究所の桑原先生、産総研の手塚先生、韓国 K A I S T の Hyun 先生、スウェーデン王立工科大学の Vynnycky 先生の計 5 名による講演が行なわれた。各国における流体工学を基礎としたビジネスの試みについて情報交換を行なった。特に流体力学が如何にして先端技術のブレークスルーに係わることができるかという点に議論が集中した。

4) 泉ヶ丘高校理数科(スーパーサイエンスハイスクール)の生徒を対象とした出張講義

平成 17 年 10 月 28 日(金)に石川県立泉ヶ丘高等学校理数科の生徒約 10 名に対して、数値解析の基本的考え方について講義を行なった。その後、数値解析によって生成された円柱や角柱周りの流れの映像を見せて、シミュレーション技術の威力について説明した。現代において数値解析技術は設計に欠かすことができないことを強調した。

2. 組織と運営

1) 研究組織

自然計測研究部門

地球環境システムの構造や変化を明らかにするため、陸域堆積物（風成堆積物・湖沼堆積物）などを対象とした物理・化学測定および解析を行う。特に極低レベルの放射能測定および同位体比の測定を含む最新の高感度・高精度分析測定技術に基づく測定・解析を進める。その成果を予知・予測に生かすとともに、地球環境科学、地球化学の新研究領域の開拓を目指す。

エコテクノロジー研究部門

限りある資源とエネルギーの有効利用のため、都市ゴミ、産業廃棄物等の再資源化とその処理技術、大気環境計測技術の開発とその実用化、フィルタ技術の開発および自然界のエコエネルギー源の計測並びにその要素技術の研究開発を行い、環境に優しい産業活動の創出に貢献する。

生物多様性研究部門

日本海および北陸地域に生息する“生物の多様性”と“環境の多様性”の相互関係、環境の自然および人為的変動が生物の多様性に及ぼす影響をマイクロな遺伝子からマクロな生態学までの種々の手法を用いて解明する。

人間計測制御研究部門

ヒトを取り巻く電磁界、有害化学物質、騒音等のストレスの計測技術の開発を行い、環境保全、産業活動の安全管理、環境産業の創出並びに人類の健康な生活の維持に貢献する。

自然環境情報部門

ユーラシア東部・環日本海域自然環境情報の統合とデータベースの構築、陸域大気水圏（雪氷圏を含む）情報、リモートセンシング情報の集約と分析を進める。

人間環境情報部門

ユーラシア東部・環日本海域の地理環境、人間環境に関する各種の情報の集約と分析、提言、データベースの構築を行う。

2) センター教員会議構成メンバー

センター長 柏谷健二

教授：小村和久，山本政儀，岩坂泰信，木村繁男，中村浩二，笹山雄一，
清水宣明，山田外史

助教授：佐藤努，長谷部徳子，塚脇真二，木下栄一郎，田中志信，青木賢人

3) センターの構成

自然計測研究部門

教 授 柏谷健二，小村和久，山本政儀

客員教授 熊谷道夫

助教授 佐藤努，長谷部徳子

助 手 濱島靖典，井上睦夫

研究員・協力員 村田祥全，青田容明，N. Muguntha Manikandan，落合伸也

技術職員等 中本美智代，西川方敏

エコテクノロジー研究部門

教 授 岩坂泰信，木村繁男

客員教授 金岡千嘉男

助教授 塚脇真二

助 手 小林史尚

研究員・協力員 松木 篤，金 潤？，D. Trochkin，坂野健夫，古内正美，畑 光彦

技術職員等 陰地章仁，洪 天祥

生物多様性研究部門

教 授 中村浩二，笹山雄一

客員教授 西川輝明

助教授 木下栄一郎

助 手 鈴木信雄

研究員・協力員 田辺慎一，木村一也

技術職員等 又多政博，曾良美智子，涌村聡

人間計測制御研究部門

教 授 清水宣明，山田外史

客員教授 上野照剛

助教授 田中志信

助 手 柿川真紀子

研究員・協力員 高木圭子

技術職員等 橋本松進，山田彩子

自然環境情報部門

客員教授 谷 伸

人間環境情報部門

兼任助教授 青木賢人

事務担当

金沢大学研究国際部研究振興課

高橋 輝（課長）

広瀬浩一（研究調整係長）

喜田由紀子（研究調整係）

3 . 研究・運営活動（一年間の研究概況）

自然計測研究部門

【地球環境システム分野】

地球環境システムの構造や変化を明らかにするために、陸域生成鉱物・堆積物などを対象とした物理・化学測定および解析を行った。本年度は21世紀COEプロジェクト（環日本海域の環境計測と長期・短期変動予測）の遂行を中心に、環日本海域の環境システムの解明に主眼をおくとともに、次世代のプロジェクト立案を視野にいたした予備的な調査研究も行った。

1) 現在の環境システムの評価

東アジア地域の環境に広域的に影響をもたらす黄砂のはたす役割について、とくに化石燃料の不完全燃焼に伴いガス状もしくはエアロゾル状として大気中に放出されるPAH（多環芳香族炭化水素：発癌性などの毒性を有するものがある）の挙動に着目して研究を行った。その結果、黄砂飛来が確認された期間に採取された大気中の浮遊粒子中の黄砂粒子の粒径は、比較的粗粒（2.2-11 μm）であることが確認された。また、2004年4月9日～4月25日に採集された黄砂には高濃度のBenzo[a]pyrene(BaP)やBenzo[g,h,i]perylene(BghiP)などの揮発性の低いPAHが含まれていた。大気移動の速度論モデルを考慮して、これらのPAHは黄砂飛来中に付着したというよりは、そもそもの粒子の起源である東アジア大陸内部の汚染された土壌からもたらされたことが指摘できた。

また黄砂粒子表面に吸着したPAHの安定性を黄砂の飛来期間を考慮に入れて吟味した結果、石英および長石に伴われるPAHはシアノールおよびアルミノールの触媒作用により速やかに分解される一方、粘土鉱物に伴われるPAHは光照射および高湿度環境下で分解速度が増すものの高濃度のPAHを依然として保持していると推定された。従って黄砂によるPAHの最も実地的な運搬媒体は粘土鉱物であると考えられる。地表構成物質はこれまで考えられていたよりもPAHの長距離運搬媒体として機能することが明らかになった。

2) 環境システムの変動の評価

環境システムがどう変動してきたか、また今後どう変動していくかを評価する最適の方法は、過去からの長期的な連続観測である。しかしながら過去起こったことを観測することは不可能であるため、環境システムを代表すると思われる何らかのプロキシを得、そこから当時のシステムを類推し、変動史を組み立てることになる。本部門では、琵琶湖、ロシア・バイカル湖、モンゴル・フブスグル湖といった、東アジア地域の湖から採集されたコアの分析により古環境変動記録を構築し予知予測につなげる研究を行っている。今年には琵琶湖から新たに得られた結果を紹介する。琵琶湖の北にある余呉湖では観測時代の降水量と鉱物粒径に正の相関があり、観測データがない時代についても、鉱物粒径を降水量の指標に出来る事が分かっている（鳶田他、2002）。しかし余呉湖では700AD年頃を境に水文環境が大きく変動したらしく、それより古くさかのぼって降水量の変動を推定するためには別の指標が必要である。そこで余呉湖に近く同様な気候変動下にあった事が予想される琵琶湖北部からコア試料を採取し、さらに時代をさかのぼって降水量変動を検出すべく分析を行った。その結果、琵琶湖北部の試料でも降水量と鉱物粒径には相関があり、ある程度は鉱物粒径を降水量の指標と考えてもいいようであった。しかし余呉湖では見られなかった鉱物粒径の細粒化が検出され、その原因を特定しなくては直接降水量を見積もる事には結びつかず、更なる吟味をする事となった。

またコア試料に堆積年代を設定すべく放射年代測定法に関する実験を行った。ルミネッセンス年代

測定法は、鉱物に蓄積した放射線損傷を、光として検出することによって定量する年代測定法である。従来は石英や長石などを用いて考古学的試料や火山灰、段丘発達史の研究などに用いられてきた。他の多くの放射年代測定法では、放射線源は鉱物内部に取り込まれた放射性元素である事が前提だが、この手法は周囲の（環境）放射線を線源としている事が大きな特徴である。従って、年代決定したい物質が環境放射能に対してどのような放射線損傷蓄積特性を持っているか、また蓄積放射線量に対してどのような発光特徴を持っているかを調べる事ができれば、いろいろな試料に適應できる。測定されるルミネッセンスは、熱励起によるものと光励起によるものがあり、また観察される光の波長も試料や励起方法によって様々である。どのように励起するか、どの波長のルミネッセンスを観測するか、またルミネッセンス観測の際の試料の分析手順をどうするかによって様々な種類の分析結果を得る事が可能である。光や熱という形でエネルギーを与えるとそれまで蓄積された分が放出される事から、ルミネッセンス年代値は、光から遮断されて以後の年代値を与える事が期待される。つまり湖沼堆積物の場合は、得られた年代値は堆積年代を示すと期待される。運搬過程における年代値のリセットのしやすさを考慮にいれ、細粒の複合鉱物試料の年代決定をめざした基礎研究を行った。バイカル湖の湖沼堆積物を利用して赤色の熱ルミネッセンス発光特性を調べた。その結果、(1) 250 °C で発光するシグナルが蓄積線量の見積もりに有望である事、(2) 試料の前処理（有機物の除去、磁性鉱物の除去）や粒度（6? 11 μm, 11? 17 μm, 17? 32 μm, 75? 125 μm, 粒度による分離なし）によって、蓄積線量の見積もり特性に変化がない事、(3) 蓄積線量の見積もりに必要な検量線の直線性がよく、定量的な取り扱いが可能である事、(4) 熱ルミネッセンスであるが光曝によって年代値がリセットする事、(5) ただし光曝でなくなるしない残留シグナルがありその補正を行う方がより正確な年代となりうる事が分かった。

【同位体地球科学分野】

本研究分野は、放射性及び安定同位体を精密に測定し、物質の時間的・空間的分布や移行挙動の地球科学的解析を行うほか、放射性同位体をトレーサーとする研究領域の開拓を目指すことを目的としている。本年度は放射性核種をトレーサーとする地球化学研究に焦点を当て、環日本海域に於ける自然及び人為起源物質の大陸からの輸送過程、湖沼堆積物中のウラン、トリウム同位体組成変動からの流域環境変動解析、さらに日本海沿岸海水の同位体情報から、日本海を取り巻く海水循環の調査を行った。また、従来からの旧ソ連核実験場セミパラチンスク周辺の放射線影響研究、さらに今年度から新たに白山周辺における温鉱泉の同位体地球化学的研究も実施した。

1) 大陸からの汚染物質の長距離輸送 (21 世紀 COE プロジェクト)

我が国は、極東アジアの中緯度に位置するため、ジェット気流に伴う偏西風が卓越し、風上側のアジア大陸から日本海を経由して多量の自然・人為起源物質が日本列島さらに太平洋に輸送される。これらの輸送の実態把握と将来予測は気候変動の面からのみならず、黄砂を初めとする鉱物エアロゾルについては海洋への一次生産への影響評価の面からも重要視されている。当実験施設のある石川県辰口町で一月毎に採取している 10 数年継続の降水試料を用いて放射性核種、成層圏起源の ^7Be 、主に大陸起源の ^{210}Pb 、土壌起源の ^{40}K および ^{137}Cs 降水量の長期観測を実施している。これらの放射性核種は、大気エアロゾル、鉱物粒子（黄砂も含めて）の大陸から日本への輸送過程を解明する有用なトレーサーでありデータの蓄積を図っている。

2) 湖底堆積物から環境変動解析 (21 世紀 COE プロジェクト)

自然-人間系の相互作用の結果としての環境変動変遷史の記録計として、地域の集水域を含む湖沼系

を取り上げ、その湖底堆積物コアから過去数百年の自然変動と人間活動による環境変動を解読する時計を提示しその有効性を検証することを目的としている。湖底堆積物は、過去における流域の変動や湖内で生息した生物などの気候変動に絡む物理、化学、生物的变化をそれぞれの化石として記録している。化学成分は堆積後、続成作用の影響を受けるものがあり、堆積当時を保存しているとは限らない。しかし基礎的な研究・検討を通じての適当な手法を用いれば、化学成分からも堆積環境変動解析が可能である。具体的には、従来の堆積物の物理・化学的測定に加えて、新規に堆積物中の天然放射性元素ウラン(トリウム) 同位体を指標にする。特に堆積物中のウランは、河川から流入する岩石・土壌に由来する成分と、湖内で溶存する成分が沈降堆積したものを含み、両者の含有割合が気候変動などによって大きく変動することが期待できる。数年前から陸域環境で気候変動に最も鋭敏なユーラシア東部を中心に、バイカル湖およびフスグル湖で採取した long- 堆積物 core コアを用いてウラン(トリウム) 同位体組成変動からの環境変動解析を検討している。また併せて堆積年代への応用も試みる。

3) 日本海沿岸海水における $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$ 比の研究 (21 世紀 COE プロジェクト)

ラジウム同位体のうち、 ^{226}Ra ($t_{1/2} = 1.6 \text{ ky}$) に比べ、半減期が短い ^{228}Ra ($t_{1/2} = 5.75 \text{ y}$) は、海洋環境においては、ラジウムの供給源 (沿岸堆積物、大陸棚、陸水) から離れるにつれ、濃度が減少していく。よって海水の $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$ 比は、水平、鉛直方向の海水循環に、多くの情報をもたらしてきた。一方、日本海沿岸海域は、豊富な漁場を多くかかえている一方で、原子力発電所事故やタンカー座礁事故など人為的な汚染物質の流入の懸念に加え、最近ではエチゼンクラゲの被害など、新たな問題にも直面している。沿岸汚染事故などに対処するにおいて、沿岸域の海水循環に関する情報は不可欠である。

日本海能登半島を中心とした沿岸海水の $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$ 比を測定した結果、夏期に最小 ($^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra} = 0.7$)、冬期に最大 ($^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra} = 1.7\text{-}2$) を示す季節変動が明らかになった。これは能登半島を取り囲む海水循環が季節的に変化することを示す。現在、日本海沿岸を中心に海水採取地点を増やし (8 地点)、 $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$ 比の比較をおこなっている。日本海沿岸各地点での $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$ 比の季節変動のズレから沿岸支流の流速を、また沿岸支流北上にともなう $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$ 比の特徴の変化から異なる $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$ 比をもつ他の水塊との混合の情報を引き出す。

4) 旧ソ連核実験場セミパラチンスク周辺の放射能汚染と住民への被曝線量評価

21 世紀の環境科学に課せられた最大の課題は、世界中に創りあげてきた環境問題、すなわち負の遺産の複雑現象を科学的に学び、将来に向けた新たな解決策を提示することである。こうした中、核被災や 10 年前から始まる劣化ウラン被災の住民、環境は最たるものである。旧ソ連の核実験場セミパラチンスクでは、450 回以上の核実験が行われ、それによって数十万とも言われる周辺の住民が外部および内部からの長期の低線量率被曝を受けてきた。1994 年以来、住民への放射線影響の基礎となる被曝線量評価、特に放射能汚染状況の把握と外部被曝および内部被曝線量評価を重点的に行っている。

5) 白山周辺における温鉱泉の同位体地球化学的研究

白山は石川県と岐阜県の県境に位置する第四紀の活火山である。白山はその火山活動に 450 年の周期 (活動期 100 ~ 150 年、休止期 300 年) があり、最後の噴火からすでに 340 年以上経過していることから白山が次の周期に移行しつつある可能性がある」と指摘している。最近、白山下海拔 -10 ~ -14 km にマグマの存在が示唆され、白山の微小地震の多発に伴って、将来懸念される噴火とも関連してその火山活動についての基礎研究の重要が高まっている。白山周辺には多数の温鉱泉が点在しているが、溶存成分からの地球化学的考察がなされているのみで、起源・成因についての同位体地球化学的な研

究報告例はない。本研究では、白山周辺における温鉱泉について、溶存成分に加えて水素・炭素・酸素・硫黄同位体比、およびウラン・ラジウム同位体比を測定し、同位体地球化学的な視点から白山周辺における温鉱泉の水の起源と成因、火山活動と関係する温泉の有無を明らかにすることのみならず、将来懸念される白山の火山活動に備え、現時点での白山周辺における温泉水の基礎データを蓄積することを目的に研究を進めている。

【極低レベル放射能計測システム開発分野】

1) 極低バックグラウンド検出器の新規購入とバックグラウンド計数の低減

5年計画「極低レベル放射能測定による新研究領域開発と全国共同利用微弱放射能測定拠点の形成」に対し文科省特別教育研究経費 1010 万円と学長特別研究経費が 2000 万円の尾小屋地下測定室の整備が開始された。初年度購入の大型設備として極低バックグラウンド仕様の 2 台の井戸型ゲルマニウム検出器と 1 台の平板型ゲルマニウム検出器を購入した。2005 年 1 2 月に納入されたが、12 月中旬に予期せぬ多量の降雪があり、年度内の尾小屋への移設を次年度に延期することにして、地上（辰口）での測定に供した。遮蔽により地上での値としては、十分なバックグラウンド性能を達成し、舳倉島、獅子吼高原、辰口の 3 地点で同時観測している大気中放射性核種の測定に活用した。宇宙線寄与のバックグラウンド計数低減を目的に 3mm 厚の超薄型プラスチックシンチレータを用いる反同時計数法に関する基礎実験を行い、尾小屋地下測定室への適用が可能なことを確認した。

2) 大気中放射性核種の同時・高時間分解能測定(21 世紀 COE プロジェクト)

大気中放射性核種 ^{210}Pb (半減期 22.3 年), ^{210}Po (138 日), ^7Be (53.3 日) の 3 地点での季節変動とその特長を明らかにしたほか、短時間の気象変動にともなう ^{212}Pb (10.6 時間) の濃度変化について多くの新しい知見を得た。(ニース国際会議で発表)

雨水中に存在する短寿命宇宙線誘導核種 ^{18}F (109.7 分), ^{24}Na (14.96 時間), ^{28}Mg (20.9 時間), ^{38}Cl (38 分), ^{39}Cl (56 分) と比較的半減期の長い ^7Be , ^{22}Na (2.60 年) の同時検出に世界で初めて成功した。これまでに 30 回を超える測定を行った。(リオデジャネイロおよびニース国際会議で成果を発表)

3) 残留放射能測定の新展開

原爆被爆資料の極低バックグラウンド放射能測定により、中性子誘導核種 ^{108}mAg (418 年) の生成と残留を発見し、 ^{152}Eu による従来の方法より 3 桁以上高い感度で原爆中性子を評価できることを明らかにした。また 2001-2002 年にかけて尾小屋地下測定室で実施した測定によって 20 年以上にわたる未解決問題に決着をつけた成果が 2006 年 2 月新しい原爆線量評価法「DS02」として発表された。

4) その他のプロジェクト

海水中に存在する極微量の人工放射性核種 ^{137}Cs (30.5 年) の海水循環の研究(気象研からの受託研究として共同で推進)で水深 6000 m まで ^{137}Cs の深度分布の測定に成功した(ニース及びハワイで連名で発表)。日本アイソトープ協会理工学部会常任委員として「超低レベル放射能測定専門委員会」の委員長をつとめ、全国のゲルマニウム半導体検出器による測定の実態、バックグラウンド性能等アンケート調査を実施した。また、当該分野の指針となるように、「RADIOISOTOPES」誌に 2006 年 4 月号から 12 月号にかけて 9 回の連載講座「超低レベル放射能測定の実況と展望」を行うことになった。

【環境保全システム分野】

本分野では、大気エアロゾルの機能、特に地球環境から見た機能の解明、あるいは大気環境計測技術の開発とその応用、などを行っている。とりわけ近年注目されることが多くなった黄砂を対象として多面的な研究を行っている。本年度は、以下の研究課題に取り組んだ。

- 1) 黄砂の発生源地域の地形的・局地気象的特長と黄砂の長距離輸送との関係
- 2) 黄砂の輸送途中に生じる黄砂粒子表面の物理化学的变化
- 3) 長白山プロジェクトの準備
- 4) 国際プロジェクト、Anthropogenic Brown Cloud(ABC)プロジェクトへの参加、韓国気象研究所の研究グループとの共同気球観測実施。
- 5) 国際プロジェクト Surface Ocean-Lower Atmosphere Study(SOLAS)への参加、中国科学院大気物理研究所、青島海洋大学との共同アジアダスト気球観測の実施。
- 6) 風計測用ライダーの開発（エコエネルギー分野との共同研究）
- 7) 気球搭載型の蛍光検出装置の開発。

各研究課題の詳細は以下の様である。

1) 黄砂の発生源地域の地形的・局地気象的特長と黄砂の長距離輸送との関係

この研究は、人工衛星画像で見るとなぜ「タクラマカン砂漠の砂塵嵐は長持ちする」用に見えるかという疑問から発している。タクラマカンで2000年より行ってきた観測結果を総合すると、タリム盆地の地形、タリム盆地の発生しているであろう山谷風、自由大気圏を流れる偏西風の存在などの要因が、総体的に「タリム盆地があたかも黄砂粒子を溜め込むプールのような働きをする」ようにしていることがわかった。この知見は、さらに「なぜ、日本上空では4-5kmに良く黄砂層がしばしば観測されるのか」「なぜ、夏でも上空に上がると黄砂層が見られるのか」などの疑問に答える上で有用なものである。これまでの観測結果の検討より、おおむね 10^8 ton/yr 程度のバックグランド黄砂がタクラマカン砂漠より放出されていることが予想された。

2) 黄砂の輸送途中に生じる黄砂粒子表面の物理化学的变化

これまでの研究を総合し、黄砂粒子の鉱物組成などによって硫黄化合物を付着させている程度（一粒あたりの黄砂に対する硫黄の量や、黄砂粒子全体数に対する硫黄化合物を付着させている黄砂粒子の割合など）は、鉱物種によって異なることが実証された。

3) 長白山プロジェクトの準備

長白山の山頂付近に総合的な大気環境観測点を設置する準備を進めており、準備的な関係研究者との会合を、日本や中国で持った。関係の研究者とともに、現地調査を実施し、中国科学院大気物理研究所が現在環境モニタリング拠点としている場所を現地基地として借用できる見通しが得られた。

4) 国際プロジェクト Anthropogenic Brown Cloud(ABC)への参加、

ここ1,2年の間に開始されるこれらのプロジェクトは北東アジアを極めて重要視しており、本分野で進めてきた研究と深い関係にある。中国ないし韓国の研究者と連携を密にしてこれらのプロジェクトに有効な貢献が出来るように体制面の整理、観測技術面の強化を図ってきた。本年度は、韓国のアンミョンドからエアロゾルゾンドの放球実験を韓国気象研究院と共同実施し、地上から上空15kmまでの大気エアロゾルの独活の詳細な分布を得た。

5) 国際プロジェクト Surface Ocean-Lower Atmosphere Study(SOLAS)への参加

本年度は中国の中国科学院大気物理研究所および青島海洋大学と共同で青島気象台キャンパスから東シナ海横断気球実験を試みた。気球は所期の目的を果たしえず東シナ海洋上で着水してしまったが、今後の技術的な見通しを得ることが出来た。

6) 風計測用ライダーの開発

木村繁男教授のグループと共同で風計測用のライダー技術の開発に着手した。関連部品の検討や設計概念を固めることが出来た。

7) 気球搭載型蛍光計測装置の開発

蛍光を利用して、大気中の生物起源の微小粒子体の検出を行うために、気球搭載型の蛍光計測装置の開発を始めた。

8) 気球搭載型凝結核数計測装置の改良

大気中に浮遊している凝結核粒子数の計測を行う目的で気球搭載型の凝結核数計測装置の改良を進めている。

【エコエネルギー分野】

エコエネルギー分野では、1) 地下水流動の計測技術と低エンタルピーエネルギー利用技術の開発、2) 環境流体の凝固過程解明、3) 環境流体による熱・物質輸送プロセスの解明、の三つの柱を立てて研究を行っている。以下各個別の研究テーマについて、その研究活動の概要について述べる。

1) 地下水流動の計測技術と低エンタルピーエネルギー利用技術の開発

地下水の流動を計測することは一般に極めて難しい。それは地下水が地層の中を流れるため、計測器を設置するのが困難である点と、その流動状況を直接目で見る事が出来ない点にある。このため本研究では一本の調査井を用いて地下水の流向と流速を同時計測する計測プローブの開発を主な目的とする。計測原理は鉛直加熱円柱周りの混合対流により形成される温度場を利用するものである。これまでの模擬地層を用いた実験により、秒速 0.002 mm/s から 1 mm/s の範囲でプローブから検出される温度場の歪みを表す標準偏差と流速との間に良好な線形の相関関係が得られた。一般に計測プローブはケーシングパイプ内に設置されることになる。このため、地層の透水性とケーシングパイプの透水性に差があると、ケーシングパイプ内の流速を検出しているプローブからの流速と実際の地層内流速に差異が現れる。2次元の数値シミュレーションによりこの点を検証した結果、ケーシングパイプの透水性が地層のそれより大きければ、誤差は 50%以内であることを明らかにした。

2) 環境流体の凝固過程の研究

自然環境中に存在する水、すなわち海水や湖沼水、あるいは地下水の凝固は一般に冷却温度が季節変動や日変動をする場合が多い。このような冷却面温度が非定常的に変動する場合に凝固や融解がどのように進行するかを解明するのが本研究の主なねらいである。本年度は2成分系の例とし硝酸ナトリウム水溶液をもちいた凝固実験を行った。硝酸ナトリウム水溶液は液相線の勾配がゆるやかで幅広い温度条件に対して同一固相が生成される。熱的条件は上方冷却と下方加熱を与え、側壁は断熱とした。濃度は共晶濃度 38.5 %より小さい 5 %と、それよりも大きい 10 %の二つについて実験を実施した。冷却面温度、加熱面温度、初期濃度をそれぞれ変化させ、固相(マッシュ層)の成長、液相内温度分布、液相内濃度分布を計測した。液相内で発生する自然対流による下方からの熱流束は液相上面および液相下面の温度勾配から推定した。このようにして測定された熱流束は温度差のみによる自然対流から推定されるものの約 50 %であった。濃度勾配による対流の抑制効果が極めて大きいことが示された。固相内の温度分布が常に相似であることを仮定して、一次元モデルを提案した。本一次元

モデルにより、固相厚さの成長と固相内固相率の時間変化をある程度予測することが出来た。また、マグマ溜りからの熱抽出を想定した、鉛直円柱周りの蒸留水の凝固現象について実験を行い、半径方向の一次元モデルによる固相成長の予測式を提案した。

3) 環境流体による熱・物質輸送プロセスに関する研究

森林内の気流は温度、湿度、二酸化炭素濃度分布を決定するだけでなく、山火事の際に発生する火の粉の飛散などにも影響を与える。本研究では、金沢大学角間キャンパスの里山内にある20mのタワーを利用して、超音波流速計を用いて樹林内での気流の計測を継続して行っている。また、熱電対を用いた計測も行い、樹林内の温度構造を明らかにした。その結果、樹林内は樹林外（森林キャノピー上部）の気流より1～2 高く、この温度差をモニターすることにより空気塊の動きを見ることが出来た。それによるとキャノピー上部からの空気の吹き込み（sweep）が先行し、つぎに吹き出し（ejection）が起こることを明らかにした。今後そのメカニズムについて検討する必要がある。

【環境動態解析分野】

本分野では北陸地方、日本海東縁部および東南アジア大陸部を調査研究対象に以下の4テーマを展開している。

1) メコン河下流域における過去2万年間の環境変遷史

中国奥地に端を築きベトナム南部で南シナ海に注ぐメコン河は流路長約4000kmの大河であり、下流域には世界最大の熱帯湖トンレサップや広大なメコンデルタなどの特徴的な地形が発達する。また、この地域は東南アジアにおける重要な開発対象として注目されるとともに古代から高度な文明が栄えたことでも知られる。そこでトンレサップ湖やメコンデルタの堆積物の解析にもとづき同湖ならびにメコン河下流域における過去約2万年間の環境や地形の変化を復元し、環境変化と文明の盛衰との関係を探るとともに将来の気候変動や開発にともなう環境の変化を予測する。これと並行してカンボジアの現在の自然環境、とくに淡水域での生物多様性維持機構の定量化を試みる。

2) 東南アジアに分布するマングローブ林周辺海域における堆積作用

東南アジアの海岸域に広く分布するマングローブ林は貴重な生物資源として、また環境保護の見地からその保全が訴えられている。さらに将来予測される海面変動がその立地環境に与える影響も懸念されている。しかし、マングローブ林周辺海域での堆積物の浸食・運搬・堆積過程についてはいまだに不明な点が多くこれが立地変動予測や保全対策への障害となっている。そこで海底堆積物の解析にもとづいてマングローブ林周辺海域における堆積作用の詳細を解明し、現在の立地条件を明確化するとともに開発や海面変動による堆積作用の将来的変化の予測を試みる。これに加えて2004年12月に発生したスマトラ地震津波がマングローブ生態系に与えた影響についての評価を試みる。

3) 日本海における過去2万年間の堆積作用ならびに環境変遷史

代表的な縁海のひとつである日本海は、最深部が3kmをこえるにもかかわらず外洋とは対馬海峡や津軽海峡などの狭小な海峡で連絡するのみであり、このような閉鎖性の高さゆえ日本海は汎世界的海水準変動に対応してその海洋環境を著しく変えてきた。そこでおもに日本海東縁部海域での海洋地質学的調査にもとづき、氷河時代最盛期である約2万年前から約6千年前の海面高頂期をへて現在に至るまでの日本海の海洋環境ならびに堆積作用の変遷を解明する。

4) 北陸地方に分布する上部新生界の地質構造発達史

北陸地方には貝化石の多産で著名な大桑層など我が国日本海側を代表する上部新生界の分布が知

られる．代表的背弧海盆である日本海の形成過程が世界的に注目されるなか，これらの地層群は拡大中あるいは拡大後の日本海ならびに周辺陸域の環境変遷史や地質構造発達史を解明するうえで重要な存在でありその層序や地質構造などの再検討は急務といえる．また，防災や開発の視点からも同地域での実用的な地質図の完備が望まれている．そこで精密な地質調査による高精度地質図の作成を北陸地方一円で展開し，これにもとづいて北陸地方の後期新生代地質構造発達史を解明するとともに応用地質学あるいは土木工学など関連分野への寄与を目指す．

生物多様性研究部門

【海洋生物多様性分野】

ヒゲムシは環形動物門多毛綱の Siboglinidae 科に属し，世界の深海や冷水域に棲む．口も消化管も無い．体内に化学合成細菌を共生させて，それが作る炭水化物で生きている．また，積極的に共生細菌を細胞内消化によって栄養としている．しかしながら，世界でも例外的に，対馬暖流が流れ込む暖かい浅い湾である能登半島九十九湾にヒゲムシの一種であるマシコヒゲムシが生息する．本年も主としてこの動物の形態や生理について研究を進め，以下の成果を得ている．2004 年度は，実際のフィールドにおいてヒゲを出している写真を世界で初めて撮影に成功した．2005 年度は，ヒゲムシが生息する海底土壌の表面と深さ 40cm までの硫化水素濃度と全窒素濃度を調べた．その結果，どちらも表面が最も高いことが知られた．ヒゲムシの生態と硫化水素濃度との関係を現在，英文の論文として，Zoological Science に投稿中である．

共生細菌は栄養体と呼ばれる部分に存在するが，そこには多量の脂肪が蓄えられており，しかもその 6 割以上がオレイン酸などの 1 価の不飽和脂肪酸が占めていた．この事は，深海にすむ無脊椎動物の特徴で，低温でも固化しがたく，高水圧下でも固まらない細胞膜を作り出すことができる理由とされている．すなわち，現在のマシコヒゲムシは，水深 25m の浅海に生息するが，深海に棲む動物の特徴をよく備えており，浅海に移住して時間はあまり経過していないことを意味している．以上の内容は Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom より出版された（東京学芸大学三田雅敏先生との共同研究）．

さらに現在まで栄養体全体がどのような形状を示しているか，不明であった．したがって，栄養体の中のバクテリアを含む細胞（バクテリオサイト）に存在する共生細菌の 16S rRNA の塩基配列に相補的なプローブを作成して *in situ* ハイブリダイゼーションを行った．その結果，栄養体は，羊歯の葉状で血管を取り巻くような特異的な形をしていることがわかった．これは栄養体と，硫化水素を結合させるヘモグロビンを含む血液との間で物質の交換が容易になるような仕組みであると思われる（金沢大学福森先生との共同研究）．

またヒゲムシは，巨大（40 万 Da）ヘモグロビンを持ち，それは 4 つのサブユニットよりなることが構造生物学的手法を用いて明らかになった．この構造の中に不對のシステインを含むことから，このヘモグロビンは，酸素と同時に硫化水素を運ぶこともわかった（金沢大学福森先生との共同研究）

タイからの留学生の Arin Ngamnyiyom 君は，先年，彼の先生である Wichian Magtoon 博士と笹山が見つけたタイ・バンコク郊外の複数の“ため池”におけるタイメダカ（*Oryzias minutillus*）の性比の偏りを，外部性徴を指標に形態計測学的に，また生殖巣を組織学的に調べることによって数値化した．その結果，基本的には人が飲料水として使っている池に棲むメダカの性比は 1 対 1 であるが，

工業排水が流れ込んだり、殺虫剤が流れ込んだりする池ではメス化が起きており、メスとオスの中間の形態（インターセックス）を示す個体が多く見つかった。また、性比が異常な池では、DDT が痕跡的に見つかった。性比とインターセックスの割合からその集団の未来予測が可能である。

さらに臨海実験施設では、大学院後期過程に社会人の学生が 2 人在籍している。一人は、日本海の能登半島沖にまで対馬暖流に乗って死滅回遊してくる海水魚のオヤビッチャが南方のどの集団に起源があるかを、ミトコンドリア DNA の D ループの塩基配列から解明しつつある。もう一人は、マシコヒゲムシの栄養体の生化学的研究を行い、消化管との類似性を検討しつつある。

一方、鈴木は魚のウロコを骨のモデルとして用い、ホルモン等の生理活性物質や物理的刺激的骨に対する作用を調べ、その応答の多様性を研究している。本年度は、金沢大学薬学部の染井正徳教授と東京医科歯科大学教養部の服部淳彦教授との共同研究により、新規メラトニン誘導体（Heterocycles, in press）の骨に対する作用を解析し、骨粗鬆症等の骨疾患に対する治療薬の開発を行った。メラトニンは、睡眠等の体内リズムの調節に関係しているホルモンであるが、特に破骨細胞（骨を壊す細胞）の活性を抑制することを数年前に証明した（Suzuki and Hattori, J. Pineal Res., 2002）。この新規メラトニン誘導体は、破骨細胞の活性を抑制する作用の他に、骨芽細胞（骨を作る細胞）を活性化する作用もあることがわかった（平成 17 年度薬学会発表）（J. Pineal Res. に投稿予定）。この研究に基づいて、金沢大学の TLO（KUTLO）から国内及び国際特許を出願した。さらに独立行政法人科学技術振興機構の「シーズ育成試験」の助成も受けて行われた。今後、キングョのウロコで得られたデータを卵巣摘出ラットや哺乳類の培養細胞を用いて確認し、新薬の開発につなげていく予定である。

今年はスイスで国際骨代謝学会が開催され、その関連シンポジウム（Comparative Endocrinology of Calcium Regulation）で、鈴木は軟骨魚類と円口類の Ca 代謝を調節するホルモンであるカルシトニンの生理作用について招待講演をした。さらにウロコでもメラトニンが合成されており、生殖期の Ca 代謝にメラトニンが関与する可能性を示すデータを発表した。本国際会議は隔年開催されており、2007 年にカナダで開催される会議においても、これまでの研究成果を発表する予定である。

鈴木は、物理的な刺激として、加速度の重力刺激、超音波のメカニカルな刺激及び交流磁場による刺激について研究してきた。以下に順に示す。

（財）日本宇宙フォーラムの宇宙利用先端研究が採択され、その助成を受け、加速度の重力刺激及び超音波のメカニカルストレスがウロコの骨組織に及ぼす影響について調べた。金沢大学医学部保健学科の北村敬一郎助教授が独自に作成した加速度の重力発生装置を用いて、ウロコの骨芽及び破骨細胞に対する影響を評価した。その結果、非常に弱い重力刺激（0.5G）でも破骨細胞の活性が抑制され、ある一定以上（1G 以上）の重力刺激により骨芽細胞が活性化することが判明した。この結果は、今年 7 月に中国の北京で開催される国際学会で発表の予定である。一方、富山大学医学部の近藤隆教授と当センターの清水宣明教授及び北村敬一郎助教授等との共同研究により、超音波のメカニカルストレスに対する影響を調べた。ウロコの骨芽及び破骨細胞を活性化した骨代謝亢進モデルを作成し、超音波の影響を調べると、骨芽細胞が活性化され、破骨細胞の活性が抑制された。骨芽細胞の活性化は、インシュリン様成長因子やエストロゲン受容体 mRNA の発現の上昇を伴っていることも判明した（本研究報告参照）。骨代謝亢進ウロコは、骨粗鬆症とよく似た状況を作り出しているため、本研究の成果はその治療に貢献できると思われる（Life Sci. に投稿予定）。

さらに、磁場刺激の骨組織に対する影響を調べた。その結果、ウロコには骨芽・破骨細胞以外にもコラーゲンやオステオネクチン等の骨基質が備わっているため、磁場刺激にもよく反応し、磁場の骨形成促進作用の機構解明につながる基礎的なデータを得た。これらの成果の一部を、2005 年 4 月に

筑波で開催された日本生体医工学会のシンポジウムで招待講演をした。さらに独立行政法人科学技術振興機構の「シーズ育成試験」の助成を受けて行われた。今後は、金沢大学自然計測応用研究センター（旧電磁場実験施設）の山田外史教授、柿川真紀子助手及び橋本松進技官の協力により、治療機器の開発を目指している。

また鈴木は、金沢大学大学院自然科学研究科の中村嘉利助教授と自然計測応用研究センターの小林史尚助手との共同研究により、海産軟体動物の腸内からフェノール分解活性を有する海洋細菌を単離することができた（本研究報告参照）。この海洋細菌は重金属に耐性があり、フェノールと重金属を共に含む汚染水の浄化技術の開発を行い、国内特許を申請した。これらの成果は、国際誌（Int. Biodeterior. Biodegradation, in press）に出版の予定である。今後これらの細菌の多様な機能を利用し、環境汚染物質を分解・除去するシステムの開発を現在計画している。

【陸上生物多様性部門】

2005年4月における構成員は、教授1名（中村浩二）、助教授1名（木下栄一郎）、技能補佐員1名（涌村聡）、大学院自然科学研究科博士後期課程12名（高田兼太、宇都宮大輔、Henny Herwiana、大脇 淳、赤石大輔、Linawati、Ida Kinasih、Indah Trisnawati、Ramadhani Eka Putra、Dahelmi、中田勝之、桑原隆明）、大学院自然科学研究科博士前期課程4名（菊池知子、井上耕治、山口淳司、吉本敦子）、理学部4年生1名（飯田順一郎）、金沢大学「角間の里山自然学校」の研究員（非常勤教務職員）2名（中村晃規、笠木哲也）、金沢大学21世紀COE「環日本海域の環境計測と長期・短期変動予測 - モニタリングネットワークの構成と人為的影響の評価」（2002年度採択）のPD1名（田辺慎一）、日本学術振興会PD1名（木村一也）、大学院自然科学研究科研究生3名（中野真理子、岩西 哲、Dahelmi）であったが、11月より日本学術振興会外国人特別研究員1名（Gulay Cetinkaya）が参加し、総勢27名である。

中村は、温帯（金沢と石川県各地）および熱帯（インドネシア）の様々な環境下において、昆虫類を中心とした個体群、生物群集及び生物多様性の長期動態の研究をおこなってきた。北陸地域の里山等の林地（都市中心部にある金沢城公園や、IBOY国際生物多様性観測年の指定サイトである金沢大学角間キャンパス内の里山ゾーン等）における昆虫類の生物多様性や生物間相互作用を、様々な種類と強度の環境攪乱（人為的管理作業を含む）と関連づけながら調査している。金沢大学21世紀COEでは、「環日本海・北陸地域の里山等における環境攪乱と生物多様性動態」を個別課題として、3名のポストドク（上記）を採用し、研究を進めている。2005年9月から10月には、ドイツ・フライブルグ市と黒森地帯、フランス・ストラスブール市等に環境都市と環境配慮型農林業を視察した。同年6・7月には、Soo wong Choiを里山の生物多様性研究に関する打合せに招聘した。熱帯では、インドネシアのジャワ島、スマトラ島などに環境条件（高度、降雨条件等）の異なる場所を定点として選び、植食性昆虫類の長期個体数変動を調査すると共に、西ジャワ州のハリムン国立公園等の熱帯林において、様々な採集法により昆虫及び小動物を採集し、生物多様性の調査を行っている。その成果として、本年度には、Henny Herwina とNusyirwan Hasanが学位論文を完成した。2005年12月にはボゴール市においてインドネシア科学院生物学研究所、京都大学COE、北海道大学COEと共催で、西太平洋・アジア生物多様性研究機構（DIWPA）-国際生物多様性観測年（IBOY）の「野外生物学トレーニングコース」を昆虫分類学を中心課題として開催した（渡航と招聘の詳細は「研究交流」の項を参照）。また Mike Bonsall, Charles Godfray (英国, Imperial College)らとの熱帯昆虫の長期動態モデルに関する共同研究も進行中である。

木下はサトイモ科テンナンショウ属植物を用いて性転換の進化モデルの検証を試みている。モデル検証には適応度計算用の雄個体の繁殖成功に関するデータを得ることが必要である。本年度は西沢徹氏（独立行政法人国立環境研究所）と協力して、マイクロサテライトを用いて種子の雄親を決める作業を行っている。中野真理子氏（大学院自然科学研究科研究生）と異質倍数体起源種とその両親種の生活史の比較を行い異質倍数体起源種の確立と新しい環境に対する適応や定着に関する研究を行っている。材料はトウカイコモウセンゴケとその両親種である。この結果の一部は学術雑誌に発表された（Plant Species Biology）。吉本敦子氏（大学院教育学研究科博士前期課程）と里山地区、医王山、辰口町の開花フェノロジーの調査、山口順司氏（大学院自然科学研究科博士前期課程）と絶滅危惧種オミズヒキモ生活史に関する研究を行い、それぞれの研究は現在継続中である。

木村と、田辺は分断化によって面積が減少し、孤立した森林では、様々な生物群集でその多様性や生息数の減少が報告されている (Laurance & Bierregaard 1997; Primack 2000)。一方で、分断化が森林生態系を維持するために重要なプロセスである樹木の光合成生産や繁殖活動に及ぼす影響については、研究例が極めて乏しいのが現状であり、野外での実証的な研究が望まれている (Didham et al. 1996)。本研究では、温帯の二次林を代表する樹種として、分断化が深刻な里山を中心に広く分布している風媒樹木のコナラ（ブナ科）を対象に、資源生産から実生の定着までの全過程とそれらに関わる主要な生物間の相互作用を定量調査し、分断化がコナラの繁殖に与える影響を解明することを目的として調査を行った。種子トラップによって採集したコナラの雌花、雄花、堅果を植物園に持ち帰り計数、乾燥重量の測定を行なった。現在、得られたデータの解析中である。

植物園管理研究棟および実験温室・実験圃場は学内6名、学外5名（里山メイト）が恒常的に使用した。研究用の種子および生きている材料収集に関する問い合わせは国内および国外から寄せられ、対応できるものに関しては材料提供を行った。実験温室・実験圃場では理学部および教育学部の生物学実験に用いる材料を栽培し提供した。里山地区では学内14名が恒常的に調査研究を行った。また、里山地区では理学部生物学科の学生実験の場として利用されている。これ以外に里山地区は金沢大学「角間の里山自然学校」として広く市民の学習活動の場として開放し、これを活用した様々な学習プログラムを開発し提供している。本年度は定期活動として前年度と同様に自然観察会や保全活動を引き続き行い、昨年度からの水田復活作業をさらに発展させた。

人間計測制御研究部門

【電磁環境分野】

電磁環境分野の研究は、「磁界」をキーワードに産業機器保全・検査機器、磁気アクチュエーター、パワーマグネティクスデバイス等の研究開発である。また、ヒト周りの電磁界環境の把握と電磁界のもとでの生体影響評価、分子生物学から遺伝子発現機構の解明とその応用について並行して研究を行っている。

具体的に研究項目を挙げると下記のようなになる。

- 1) マイクロウズ電流探傷技術による高密度プリント基板検査手法、微小金属の検出手法の研究開発
- 2) マイクロウズ電流探傷技術による厚版鋼板の高度検査技術の研究開発
- 3) CT法による磁界分布可視化手法の研究
- 4) 反発浮上形時期軸受の産業応用に関する研究

- 5) 非接触給電による泳動型磁気マイクロアクチュエーターの研究
- 7) 受動磁気回路素子による交流・直流過電流抑制素子の研究開発
- 8) 極低周波数交流強磁界の遺伝子～個体レベルでの影響評価と医療への応用
- 9) 超長波交流磁界の生体影響評価

下記において主な4点について概要を説明する。

1) 磁気検査による産業機器保全・検査機器の研究

本研究は、うず電流探傷技術(ECT)に関し高機能磁気センサを採用したマイクロ化プレーナプローブを提案し、電子産業分野におけるECT応用について研究を行った。この研究により、非接触の導通検査であるうず電流探傷技術を高密度プリント基板の品質検査技術へと発展させた。現在、100 μ m以下の先端電子での高密度基板上の断線等の欠陥を磁氣的検出可能となっている。

2) 磁気マイクロアクチュエータに関する研究

本研究では、非接触・ワイヤレスでエネルギー供給が可能で、構造がシンプルであるという特長を持った磁気マイクロアクチュエータの特徴を生かして、媒質中を泳ぐアクチュエータの研究を行った。本研究ではらせん機構を持つ泳動型磁気マイクロアクチュエータの構造と泳動特性について研究した。現在は使用目的に応じた形状の選択を目標として、アクチュエータの水平方向と垂直方向の泳動特性を測定し、その測定結果から各アクチュエータの形状に関する検討を行った。

3) 磁気浮上技術に関する研究

本研究は、構成の簡易化と小形化を理念に永久磁石反発磁気軸受を検討した。この研究では、永久磁石の磁気回路構成、電磁界計算技術、デジタル制御技術などを総合させ、独自の磁気軸受を完成させた。応用として、高速回転を目指した「光学偏向装置」、高分解能な「電子天秤」、クリーン・清潔な環境の場で野などの「磁気浮上搬送装置」への応用を検討した。永久磁石反発型電子天秤においては、分解能約10 μ gオーダーを得ている。

4) 交流磁気による生体影響評価と応用に関する研究

本研究は、遺伝子レベルから個体(生物)レベルでの極低周波交流磁界中での生体影響の実験的評価を行い、ヒートショックタンパク質の発現にて顕著な成果が得られ、また遺伝子レベルにおける磁界応答性遺伝子の探索を行い、発現遺伝子と生体磁界影響評価の相互関係を解明し、今後の医用応用へと発展させる旨検討している。また近年普及しているIHクッキングヒーターで使用される超長波交流磁界について、微生物を用い影響評価を行った。

【バイオアッセイ分野】

バイオアッセイ分野の研究は、「生体材料」をキーワードにした、環境適応型材料の開発や環境保全に利用の可能性の高いバイオセンサーの開発等である。このようなキーワードに従い、具体的には以下のような研究テーマを遂行している。

- 1) ベンゼン系化合物の生物学的簡易測定システムの構築に関する研究
- 2) ベンゼン系化合物を認識するDNA-タンパク質複合体に関する研究
- 3) 二酸化チタン界面での超音波力学的殺菌メカニズムの解析
- 4) 二酸化チタン・超音波照射によるOHラジカル生成機構の解析と水処理技術への応用
- 5) 機能性マグネタイト微粒子の構築と生物機能性材料による表面修飾に関する研究
- 6) 標的細胞を特異的に認識する機能性リポソームの構築に関する研究
- 7) 機能性DNA分子の探索と水質評価への応用

- 8) SPR 現象を利用する DNA センサーに関する研究
- 9) 分子進化法によるホスホリパーゼ D の触媒機能変換

1) 二酸化チタン・超音波法による有害化学物質の分解処理

近年、二酸化チタンは紫外線などを照射することでラジカル（活性酸素など）を産生する事が明らかとされている。このラジカルは水溶液中に非常に短い時間しか存在しないが、その反応性は極めて高く様々な化学物質と反応することが確認されている。本研究室ではこの二酸化チタンの能力に着目し、河川中などに存在する有害化学物質（例えば環境ホルモンや農薬）を無害な物質に分解する技術に関しての基礎研究を行っている。具体的には二酸化チタンの表面に様々な生体分子（DNA、レセプター、抗体など）を修飾結合させ、河川中の有害化学物質の選択的吸着、さらに超音波照射による分解に関しての研究を行っている。そして今後、ラジカルはがん細胞の殺傷にも効果があることが報告されていることから、医療分野への応用も検討する予定である。

2) 5-ALA を用いたがんの蛍光診断と光線力学療法の基礎研究

5-ALA は腫瘍細胞内で PpIX に生合成されることから、診断のみならず治療にも応用可能な次世代の内因性光感受性物質として注目されている。脳外科領域においてもその応用が期待されているが、基礎的な検討はほとんど行われていない。本研究では、より細胞内取り込み活性の高い 5-ALA 誘導体の合成を試みる。またマウスの白血病細胞を用いて、PpIX の生成条件、細胞死の過程に関する基礎研究を行っている。

3) 光触媒ナノ粒子を内包する機能性リポソームの構築

リポソームは二分子膜構造をもつ脂質小胞体であり、薬剤などを細胞内に輸送するキャリアとして注目されている。これまでの研究で、リン脂質など素材の選定、作製技術に関する基礎研究を行い、薬物の細胞内取り込みを大腸菌で確認した。さらに光触媒ナノ粒子を内包するリポソームを開発し、またがん細胞を特異的に認識する抗体を組み込んだ機能性リポソームの構築へと研究を発展させる。

4) 機能性二酸化チタン微粒子の構築と表面化学修飾

これまで、SiO₂ で包接された Fe₃O₄/TiO₂ 磁性ナノ微粒子を合成する目的で、磁性微粒子の素材、形状および作製技術に関する基礎データを収集した。ところが焼成時に微粒子の凝集が起こり粒子が巨大化するため、この凝集粒子の再分散方法を検討している。またこの微粒子表面に DNA、抗体などの生物機能性材料や熱応答性高分子などを固定化し、医療や環境浄化への適用も検討している。

5) バイオアッセイを用いた有害化学物質の検出

生物が有する機能を利用して環境評価を行う技術（バイオアッセイ）の開発を行っている。

河川の有機溶媒を検出する大腸菌バイオセンサー

本研究では現在までに、有機溶媒に反応する遺伝子を組み込んだ遺伝子組み換え大腸菌を作製している。現在、この遺伝子組み換え大腸菌を用いて、より簡便に、そして迅速に測定を行える培養条件の探索を行っている。また、より感度の良いバイオセンサーを開発するために、様々な遺伝子組み換え操作を行い、組換え大腸菌の改良に関しても検討を行っている。

特異的な DNA 配列を用いた有害化学物質の検出

DNA は遺伝情報を子孫に伝える役割を有しているが、それ以外に様々な化学物質やタンパク質と結合する機能を有している。本研究では DNA 分子を用いたフェノール類の検出系の構築を目指している。

6) 機能タンパク質の創製（分子進化学）

長い年月を経て生物は進化してきた。この進化により生物は様々な機能を取得してきた。この進化

を試験管の中で誘発させ、既存のタンパク質に新しい触媒能を付与させることを目的とする。これを“分子進化学”とよぶ。この手法を用いてリン脂質代謝酵素ホスホリパーゼDに新しい触媒機能を付加させる。

【生体情報計測分野】

本研究分野では、社会的環境や自然環境から受ける様々なストレスが生体に及ぼす影響を検討するため、新しい生体計測法や制御法を最新の電子・機械工学的技術を駆使して考案・開発し、これらを用いて生体機能の解析、特に生体固有の高度な適応制御機能と自律調節機構、あるいは身体運動制御機能などをバイオメカニク的に解析する研究を行っている。さらにこれらから得られた知見を、基礎・臨床医学分野はもとより福祉工学や今後の在宅医療支援システムに役立てることも大きな研究目標の一つにしている。以下に本年度の主な研究活動の概要を示す。

1) 在宅下無意識生体情報モニタシステムの開発研究

生活習慣病予防のためには「血圧、体重、血糖値」といった生体情報を年オーダーの長期に渡り継続的にモニターすることが重要である。しかし血圧ひとつ取っても、これを自宅で毎日欠かさずに測り続けることは極めて困難である。その理由は計測操作の煩わしさにある。そこで本研究では家庭内で毎日必ず1度は使用する家具や調度にセンサ類を埋め込み、被験者自身は計測に伴う操作を一切することなく、知らず知らずのうちに生体情報が計測・記録されるシステム、即ち「在宅下無意識生体情報モニタシステム」の開発を行った。具体的には、特に日常生活で使用頻度の高い浴槽・トイレ・ベッドという3要素に着目し、この3箇所全てに様々な無意識計測システムを設置し性能評価試験を完了させた。まずトイレについては便座の部分圧迫板を用いた大腿部血圧計測を実現し、カテーテル挿入による直接計測との良好な一致が確認された。また浴槽については、浴槽壁面電極を用いて心電図のみならず、低周波成分分離による呼吸計測をも実現し、システムの水没アラームへの応用を可能とした。一方ベッドについては、敷布団下に簡便な圧力センサ設置することにより呼吸・心拍・いびきを計測できるものであり、これまで不可能であったいびきの同時計測や、システムの利便性は非常に価値が高く、在宅下における無呼吸症候群診断支援等への応用も期待できる。現在これらのシステムを用いた長期データの取得中である。

2) 光電容積脈波を用いた無侵襲ヘマトクリット・酸素飽和度計測法に関する研究

日常的な健康管理や医療モニタとして有効なヘマトクリット(全血に対する赤血球成分比)、および酸素飽和度の無侵襲連続計測装置の開発を行った。計測方法としては、分光測定法に基づき血液の酸素飽和度、およびヘマトクリットの変化に伴って変化する3波長を選定し、それらを実現するために3波長のLED、フォトダイオードを用いて複合型センサを考案し、計測装置全体の製作を行った。

また、計測法を実現するにあたり、新たにヘマトクリット計測原理の定式化や、光散乱現象に基づく検出光強度の理論解析を行うことで、計測に必要な校正曲線の理論的導出を行った。さらに、これら理論的に導出された校正曲線は、ヒトを対象とした実験において誤差1%程度で適合することを確認することにより、本計測法の妥当性と精度について実験的検証を行った。このような複合型センサは、貧血などの日常的な健康管理や透析中の患者の状態を監視するためのセンサとして大きな役割を担うことが期待され、生体医工学、特に医療・健康管理分野へ貢献できるものと考えられる。

3) ウェアラブル連続姿勢変化・行動計測システムの開発と医療・福祉への応用

労働医学やリハビリテーション医学、さらに高齢者医療などの分野では、ヒトの姿勢状態や歩行速度など、日常の活動性の客観的評価が極めて重要な課題となっている。そこで本研究では、ヒトの姿

勢変化を連続的に計測すると共に、歩行速度をも同時計測可能なシステムの開発研究を行った。システムは加速度・ジャイロセンサを内蔵した独自のセンサユニット及び演算法により体幹・大腿・下腿の各部角度変化を計測するものである。また大腿・下腿の角度変化を併用する新たな歩行速度算出法を考案し、過去の研究と比較し非常に高い計測精度と、あらゆる歩容への対応を実現した。また関連企業との連携により、極めて小型・軽量のシステムの開発にも成功しており、今後の実用化が大いに期待できる。一方実際のリハビリテーション・介護現場における実働試験についても、宮崎県の病院施設において理学療法士と共同で実施し、各部角度変化や歩行速度から定量的に動作解析・追跡が可能であることを実証した。本結果は今後の訓練・治療方法の改善に大きな役割を果たすものと期待できる。

4 . 研究成果リスト

自然計測研究部門

1) 学術論文

- (1) Aota, Y., Kumagai, M. and Kashiwaya. K.: Estimation of Vertical Mixing Based on Water Current Monitoring in the Hypolimnion of Lake Biwa. JSME (The Japan Society of Mechanical Engineers) International Journal Series B (2006) (in press)
- (2) Ochiai, S. and Kashiwaya, K.: Climato-hydrological environment inferred from Lake Baikal sediments based on an automatic orbitally tuned age model, *Journal of Paleolimnology*, 33, 303-311 (2005)
- (3) Yokoyama, S., Kuroda, M. and Sato, T.: Atomic force microscopy study of montmorillonite dissolution under highly alkaline condition. *Clays Clay Mineral.* 53, 147-154. (2005)
- (4) Fukushi, K., and Sato, T.: Using a Surface Complexation Model to Predict the Nature and Stability of Nanoparticles. *Environ. Sci. Technol.* 39, 1250-1256. (2005)
- (5) Wang, X., Sato, T., Xing, B., Tamamura, S. and Tao, S.: Source identification, size distribution and indicator screening of airborne trace metals in Kanazawa, Japan. *J. Aerosol Sci.* 36, 197-210. (2005)
- (6) Suzuki, Y., Sato, T., Isobe, H., Kogure, T. and Murakami, T.: Dehydration processes of the meta-autunite group minerals, meta-autunite, metasaleí te and metatorbernite. *Am. Mineral.*, 90, 1308-1314. (2005)
- (7) Murakami, T., Sato T., Ohnuki T. and Isobe H.: Field evidence for uranium nanocrystallization and its implications for uranium transport. *Chem. Geol.*, 221, 117-126. (2005)
- (8) 柴田真仁, 須藤俊吉, 坂本浩幸, 佐藤 努: ベントナイト-セメント相互作用で生成する C-S-H ゲルの検出, *日本原子力学会和文論文誌*, 4, 227-231.(2005)
- (9) Wang, X., Sato, T., Xing, B., and Tao, S.: Health risks of heavy metals to the general public in Tianjin, China via consumption of vegetables and fish. *The science of the total environment*, 350, 28-37. (2005)
- (10) Pascua C., Charnock J., Polya D., Sato T., Yokoyama S., and Minato, M.: Arsenic-bearing smectite from the geothermal environment. *Mineralogical Magazine*, 69, 897-906. (2005)
- (11) Yokoyama S., Watanabe Y., Uno H., Tamura K., Sato T., Yamada H.: Adsorption and Desorption Behavior of Ammonium Ion on Expandable Illite. *Transactions of the Materials Research Society of Japan*, 30, 1045-1048. (2005)
- (12) Kida Y., Mita Y., Fukushi K. and Sato T.: Mechanisms of alkaline buffering by peat and quantitative estimation of its buffering capacity. *Landscape and Ecol. Eng.*, 1, 127-134. (2005)
- (13) Wang, X., Sato, T. and Xing, B.: Sorption and displacement of pyrene in soils and sediments. *Environ. Sci. Technol.* (in press)
- (14) Tamamura S., Sato T., Ota Y., Tang N., Hayakawa K.: Decomposition of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) on mineral surface under controlled relative humidity. *Acta Geologica Sinica* (in press)
- (15) Pascua C. S., Sato, T., Golla, G. U.: Mineralogical and geochemical constraints in arsenic mobility in a Philippine geothermal field. *Acta Geologica Sinica* (2006) (in press)
- (16) Wang, X., Sato, T. and Xing, B.: Competition Sorption of Plyrene on Wood Chars. *Environ. Sci. Technol.* (in press)

- (17)長谷部徳子, 荒井章司, 荒武康治, 伊藤一充, 伊藤健太郎: LA-ICP-MA FT 年代測定: エッチングされた試料のレーザー溶融その2, LA-ICP-MS FT dating: Laser ablation characteristics of etched samples, part 2 フィッショントラックニュースレター, 18, 33-35 (2005)
- (18)Noriko Hasebe, Kazumi Ito, Yoshihiro Ganzawa, Tsutomu Sato, and Kenji Kashiwaya: IRSL and RTL characteristics of sediments from the Lake Baikal Proceedings of the 4th International Symposium on Terrestrial Environmental Changes in East Eurasia and Adjacent Areas, 78-79 (2005)
- (19)阿部琢也, 山口芳香, Muguntha Manikandan N., 小村和久: 大気中放射性核種の高解像度同時観測, Proc. of 6th Workshop on Environmental Radioactivity 100-105 (2005)
- (20)Abe, T., Muguntha Manikandan N., Yamaguchi, Y., Tanaka, K., Murata, Y. Kuwahara, Y., Watanabe, S., Sakaguchi, A., Tomita, J., Hamajima, Y. and Komura, K.: High resolution simultaneous measurements of airborne radionuclides at sub-regional sampling points by ultra low background gamma spectrometry, Proc. 2nd International Conference on Radioactivity in the Environmental Radioactivity, Oct. 2-6, 2005, Nice, 175-178 (2005)
- (21)Aoyama, M., Hirose, K. and K. Komura, K.: Full depth ¹³⁷Cs distribution and inventory in the subtropical gyre in the South Pacific: Preliminary results of SHOTS-Project. Proc. 2nd International Conference on Environmental Radioactivity, Oct. 2-6, 2005, Nice, 606-609 (2005)
- (22)Aoyama, M., Fukasawa, M., Hirose, K., Kim, C. S., Komura, K., Mantoura, R. F. C., Povinec, P. P. and Sanchez-Cabeza, J. A.: Southern Hemisphere Ocean Tracer Study (SHOTS) - First project results. Proc. 2nd International Conference on Environmental Radioactivity Oct. 2-6, 2005, Nice, 444-447 (2005)
- (23)Aoyama, M., Fukasawa, M., Hirose, K., Mantoura, R. F., Povinec, P., Kim, C. S. and Komura, K.: Southern Hemisphere Ocean Tracer Study (SHOTS). An overview and preliminary results. Proc. International Congress on Isotopes in Environmental Studies, Oct. 25-29, Monaco, 53-66 (2006)
- (24)Endo, S., Tanaka, K., Ishikawa, M., Komura, K., Shizuma, K. and Hoshi, M.: Neutron background *in situ* measurements. Reassessment of the Atomic Bombs Radiation Dosimetry for Hiroshima and Nagasaki: Dosimetry System 2002, RERF (2), 722-726 (2005)
- (25)Hamajima, Y. and Komura, K.: Depth profiles of environmental neutron flux in solids and liquid. Proc. 2nd International Conference on Environmental Radioactivity, Oct. 2-6, 2005, Nice, 244-247 (2005)
- (26)Hamajima Y. and Komura K.: Depth Profiles of Environmental Neutron Flux in Water, Radioactivity in the environment, International Conference on Isotopes and Environmental Studies (8) 511-519 (2006)
- (27)Komura, K., Muguntha Manikandan, N., Yamaguchi, Y., Inoue, M., Abe, T. and Murata, Y.: Levels of airborne radionuclides at Hegura Island, Japan. International Conference on Isotopes and Environmental Studies (8) 511-519 (2006)
- (28)Hirose, K., Aoyama, M., Igarashi, Y. and Komura, K.: Extremely low background measurements of ¹³⁷Cs in seawater. J. Environ. Radioactivity 80, 341-355 (2005)
- (29)Hoshi, M., Endo, S., Tanaka, K., Ishikawa, M., Straume, T., Komura, K., Rueme, W., Nolte, E., Huber, T., Nagashima, Y., Fukushima, H. and Imanaka, T.: ¹⁵²Eu and ³⁶Cl Intercomparison study Reassessment of the Atomic Bombs Radiation Dosimetry for Hiroshima and Nagasaki: Dosimetry System 2002, RERF (2) 578-587 (2005)
- (30)Imanaka, T., Fukutani, S., Yamamoto, M., Sakaguchi, A. and Hoshi, M.: Width and center-axis location of the radioactive plume that passed over Dolon and nearby villages of the first USSR atomic bomb test in

- 1949, J. Radiat. Res. 46, 395-399 (2005)
- (31) Inoue, M., Kofuji, H., Yamamoto, M. and Komura, K.: Seasonal variation of $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$ ratio in seaweed: implications for water circulation patterns in coastal areas of the Noto Peninsula, Japan, J. Environ. Radioactivity 80, 341-355 (2005)
- (32) Kerr, G. D., Shizuma, K., Maruama, T., Currings, H. M., Komura, K., Okumura, Y., Eggbert, S. D. and Endo, S.: Cobalt (^{60}Co) Activation. Reassessment of the Atomic Bombs Radiation Dosimetry for Hiroshima and Nagasaki: Dosimetry System 2002, RERF (2) 456-481 (2005)
- (33) Komura, K., Yamaguchi, Y., Muguntha Manikandan, N., Murata, Y., Inoue, M. and Iida, T.: High resolution analyses of temporal variations of airborne radionuclides. "Radiation Dose and Health Effects", International Conference Series 1276, 227-230 (2005)
- (34) Komura, K., Kuwahara, Y., Abe, T., Tanaka, K. and Inoue, M.: Application of short-lived cosmogenic radionuclides in hydrology. Proc. 2nd International Conference on Radioactivity in the Environmental Radioactivity, Oct. 2-6, 2005, Nice, 475-478 (2005)
- (35) Komura, K., Muguntha Manikandan, N., Yamaguchi, Y., Inoue, M., Abe, T. and Murata, Y.: Levels of airborne radionuclides at Hegura Island, Japan. Proc. International Congress on Isotopes and Environmental Studies, Oct., 25-29, 2004, Monaco., 554-561 (2006)
- (36) Komura, K., Hoshi, M., Endo, S., Imanaka, T. and Fukushima, H.: Ultra-Low-background measurements of ^{152}Eu in Hiroshima Samples. Reassessment of the Atomic Bombs Radiation Dosimetry for Hiroshima and Nagasaki: Dosimetry System 2002, RERF (.2) 588-592 (2005)
- (37) Sakaguchi, A., Ohtsuka, Y., Yokota, K., Sasaki, K., Komura, K. and Yamamoto, M.: Cosmogenic radionuclide ^{22}Na in the Lake Biwa system (Japan): Residence time, transport and application to the hydrology. Earth, Planet. Sci. Lett. 231, 307-316 (2005)
- (38) Tarohda, T., Ishida, Y., Kawai, K., Yamamoto, M. and Amano, R.: Regional distribution of manganese, iron, copper, and zinc in the brains of 6-hydroxydopamine-induced parkinsonian rats, Anal Bioanal. Chem. 383, 224-234 (2005)
- (39) Yamada, Y., Yasuike, K. and Komura, K.: Temporal variation of ^{14}C concentration in tree-ring cellulose for the recent 50 years. Journal of Nuclear and Radiochemical Sciences 6, 135-138 (2005)
- (40) Yamamoto, M., Tomita, J., Sakaguchi, A., Shirotori, T., Siraki, K. and Tazaki, K.: Radiochemical aspect of Hokutolite collected recently at Peitou Hot Spring, Taiwan, Proc. Int. Conf. on Centennial of Discovering Hokutolite and Hot Springs, 64-69 (2005)
- (41) Yamamoto, M., Sakaguchi, A., Sasaki, K., Hirose, K., Igarashi, Y. and Kim, C. K.: Seasonal and spatial variation of atmospheric ^{210}Pb and ^7Be deposition: Features of the Japan Sea side of Japan, J. Environ. Radioactivity 86, 110-131 (2006)

2) 総説・資料・報告書

- (1) 井上厚行, 河野元治, 桑原義博, 小崎 完, 小峰秀雄, 佐藤 努, 月村勝宏: 高レベル放射性廃棄物地層処分におけるベントナイト緩衝材変質現象に関する最近の研究と今後の研究展開, 日本粘土学会誌, 45, 31-61. (2004)
- (2) 佐藤 努, 伊藤健一, 福士圭介, 池田穂高, 平野武嗣, 橋本晃一: 自然に学ぶ環境浄化技術とその事業化, 地質と調査, 103, 12-16. (2005)

- (3) 早川和一, 岩坂泰信, 佐藤 努: 黄砂と燃焼粉塵による東アジア地域の環境問題, 環境情報科学, 34, 17-28. (2005)
- (4) 小村和久, 村田祥全, 阿部琢也: 中性子照射による極低レベル放射能測定用の微弱標準? 線源の作成 平成16年度近畿大学原子炉等利用共同研究経過報告書65-67 (2005)
- (5) 小村和久, 桑原雄宇: 雨水中の短寿命宇宙線誘導核種, Isotope News 2005年10月号, 2-6 (2005)
- (6) 田中究: 第7回「環境放射能・放射線夏の学校」, 日本原子力学会誌, 47 (12), 69 (2005)
- (7) 山本政儀, 温泉と放射能-放射能泉, 面白く, 楽しい片山津・温泉学-そこ(底)が知りたい 温泉のー, 片山津温泉を支える科学者グループ(田崎和江, 他10名) 80-94 (2005)
- (8) 小村和久, ^{108m}Ag を用いる新しい原爆中性子評価, 放射化学ニュース13, 11-17 (2006)

3) 著書

- (1) 柏谷健二(分担), 東アジアモンスーン域の湖沼と流域(坂本充・熊谷道夫編), 名古屋大学出版会, 347p (2006)
- (2) 柏谷健二(分担), 陸水の事典(日本陸水学会編), 講談社, 578p. (2006)

4) 学術発表

- (1) Kashiwaya, K., Yamamoto, M., Sato, T., Hasebe, N., Tamamura, S., Sakaguchi, A., Ota, Y., Lagason, R.C., Matsuoka, T., Yang, D., Kim, J. and Nahm, W.: Environmental information inferred from some lake-catchment systems in Japan and Korea, 2nd International Workshop on Earth Surface Environmental Changes, Kanazawa, Japan (2005. 10)
- (2) Hasebe, N., Ito, K., Ganzawa, Y., Sato, T. and Kashiwaya, K.: IRSL and RTL characteristics of sediments from the Lake Baikal, 2nd International Workshop on Earth Surface Environmental Changes, Kanazawa, Japan (2005. 10)
- (3) Ochiai, S. and Kashiwaya, K.: An experimental study on sediment transport processes in a lake-catchment system for reconstruction of hydrological environment, 2nd International Workshop on Earth Surface Environmental Changes, Kanazawa, Japan (2005. 10)
- (4) Aota, Y., Kashiwaya, K. and Kumagai, M.: Seasonal change of lake sediments with climatic changes in the north basin of Lake Biwa, 2nd International Workshop on Earth Surface Environmental Changes, Kanazawa, Japan (2005. 10)
- (5) Matsuoka, T., Fujie, T., Kashiwaya, K., Nahm, W., Yang, D., Orkhonselenge, A., Tanaka, Y. and Okimura, T.: Pond sediment information and hydro-geomorphologic environment in Japan and Korea, 2nd International Workshop on Earth Surface Environmental Changes, Kanazawa, Japan (2005. 10)
- (6) Kashiwaya, K., Tsukamoto, T., Szyniszewska, A., Sumino, G., Ochiai, S., Sakai, H. and Kawai, T.: High resolution response to long-term solar insolation in the high plateau lacustrine sediments from Lake Hovsgol, Mongolia, 4th International Symposium on Terrestrial Environmental Changes in East Eurasia and Adjacent Areas, **Gyeongju, Korea** (2005.12)
- (7) Aota, Y., Kashiwaya, K. and Kumagai, M.: Seasonal Change of Lake Sediments with Climatic Changes in Lake Biwa, 4th International Symposium on Terrestrial Environmental Changes in East Eurasia and Adjacent Areas, **Gyeongju, Korea** (2005.12)
- (8) Hasebe, N., Ito, K., Ganzawa, Y., Sato, T. and Kashiwaya, K.: IRSL and RTL characteristics of sediments

- from the Lake Baikal, 4th International Symposium on Terrestrial Environmental Changes in East Eurasia and Adjacent Areas, Gyeongju, Korea (2005.12)
- (9) Tani, Y., Matsumoto, G. I., Soma, M., Soma, Y., Kurihara, R., Hashimoto, S., Kashiwaya, K. and Kawai, T.: Photosynthetic Pigments in Sediment Core HDP-04 from Lake Hovsgol, Mongolia, 4th International Symposium on Terrestrial Environmental Changes in East Eurasia and Adjacent Areas, Gyeongju, Korea (2005.12)
- (10) Tamamura, S., Ringor, C., Ota, Y., Sakaguchi, A., Matsuoka, T., Sato, T., Hasebe, N., Yamamoto, M., Kashiwaya, K., Yang, D.-Y., Kim, J.-Y. and Nahm W.-H.: Records of human activities derived from lacustrine sediments in Korea and Japan, 4th International Symposium on Terrestrial Environmental Changes in East Eurasia and Adjacent Areas, Gyeongju, Korea (2005.12)
- (11) Ito K., Katagiri A., Ito A., Minato M., Ota Y., Fukushi K., Hashimoto K., Sato T. : A Novel Remediation Method Based on Natural Attenuation Processes and Their Effectivity in Acid mine Drainage Remediation in Japan, The 13th International Clay Conference - Claysphere: Past, Present and Future, Waseda University, Tokyo, Japan (2005.8.21-28)
- (12) Tamamura S., Sato T., Xilong W., Ota Y., Tang N., Hayakawa K. : Decomposition of PAH on minerals under controlled relative humidity, The 13th International Clay Conference - Claysphere: Past, Present and Future, Waseda University, Tokyo, Japan (2005.8.21-28)
- (13) Takada M., Fukushi K., Sato T.: Adsorption of toxic oxyanions on poorly crystalline iron mineral and its post-behavior, The 13th International Clay Conference - Claysphere: Past, Present and Future, Waseda University, Tokyo, Japan (2005.8.21-28)
- (14) Sato T., Ozeko M., Akita N.: Natural occurrence of silica-bearing layered double hydroxides at hyperalkaline springs in Oman Ophiolite, The 13th International Clay Conference - Claysphere: Past, Present and Future, Waseda University, Tokyo, Japan (2005.8.21-28)
- (15) Sato T., Takada M., Fukushi K.: Post-adsorption Stability of Nano Iron Minerals with Oxyanion, The 13th International Clay Conference - Claysphere: Past, Present and Future, Waseda University, Tokyo, Japan (2005.8.21-28)
- (16) Pascua, C. S.: Arsenic mobility in the geothermal environment: Case studies from Japan and the Philippines. School of Earth, Atmospheric and Environmental Sciences Symposium: Environmental Mineralogy, Lessons Learned from Natural Processes. The Manchester University, Manchester, UK, (2005.11.26)
- (17) Pascua, C. S., Sato, T., Arcilla, C., Asai, A.: An alkaline hot spring in the Philippines. 2nd Japan-Korea Joint International Workshop: Present Earth Surface Processes and Historical Environmental Changes in East Asia, Kanazawa City (2005.10.17-21)
- (18) Pascua, C. S., Sato, T.: Arsenic affinity with clay minerals. The 13th International Clay Conference - Claysphere: Past, Present and Future, Waseda University, Tokyo, Japan (2005.8.21-28)
- (19) Pascua, C. S., Yokoyama, S., Sato, T.: Arsenic uptake by poorly crystalline phyllosilicates. The 13th International Clay Conference - Claysphere: Past, Present and Future, Waseda University, Tokyo, Japan (2005.8.21-28)
- (20) Pascua, C. S., Charnock, J., Polya, D., Sato, T., Yokoyama, S., Minato, M.: Arsenic bearing smectite from the geothermal environment. Winter Meeting of the Mineralogical Society, Mineralogy and Human Health,

Bath Spa University, UK (2005.1.5-7)

- (21) Tamamura, S., Sato, T., Ota, Y., Tang, N., Hayakawa, K.: Decomposition of PAHs on mineral surfaces under relative humidity controlled conditions, 2nd Japan-Korea Joint International Workshop, Present Earth Surface Processes and Historical Environmental Changes in East Asia, Kanazawa, Japan (2005.10.17-21)
- (22) Tamamura, S., Sato, T., Ota, Y., Tang, N., Hayakawa, K.: Long-range transport of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) from eastern Asians continent to Kanazawa, Japan: PAHs associated with Asian dust, 2nd Japan-Korea Joint International Workshop, Present Earth Surface Processes and Historical Environmental Changes in East Asia, Kanazawa, Japan (2005.10.17-21)
- (23) Morimoto, K., Sato, T.: Adsorption characteristics of phosphorus compounds onto anionic clay, 2nd Japan-Korea Joint International Workshop, Present Earth Surface Processes and Historical Environmental Changes in East Asia, Kanazawa, Japan (2005.10.17-21)
- (24) Minato, M., Pascua, C.S., Yokoyama, S., Sato, T.: Dissolved As uptake by inorganic solids at geothermal conditions, 2nd Japan-Korea Joint International Workshop, Present Earth Surface Processes and Historical Environmental Changes in East Asia, Kanazawa, Japan (2005.10.17-21)
- (25) Pascua, C.S., Sato, T., Asai, A.: An Alkaline hot spring in the Philippines, 2nd Japan-Korea Joint International Workshop, Present Earth Surface Processes and Historical Environmental Changes in East Asia, Kanazawa, Japan (2005.10.17-21)
- (26) Ringor, C.L., Omura, A., Sato, T.: Cooler climate during the last 125,000 years?, 2nd Japan-Korea Joint International Workshop, Present Earth Surface Processes and Historical Environmental Changes in East Asia, Kanazawa, Japan (2005.10.17-21)
- (27) Noriko Hasebe, Kazumi Ito, Yoshihiro Ganzawa, Tsutomu Sato, and Kenji Kashiwaya, IRSL and RTL characteristics of sediments from the Lake Baikal, 第2回日韓国際ワークショップ「東アジアにおける現代の地球表層プロセスと歴史時代の環境変動」, 金沢 (2005.10)
- (28) Noriko Hasebe, Kazumi Ito, Yoshihiro Ganzawa, Tsutomu Sato, and Kenji Kashiwaya, IRSL and RTL characteristics of sediments from the Lake Baikal 第4回 International Symposium on Terrestrial Environmental Changes in East Eurasia and Adjacent Areas, 韓国慶州 (2005.12)
- (29) Noriko Hasebe and Kenji Kashiwaya, Geochronology of environmental material, 第3回 International Symposium on Environmental Protection and Restoration in Northeast Asia, 中国延吉 (2006.1)
- (30) 柏谷健二・町田典洋・落合伸也: バイカル湖の湖沼堆積物情報と流域の長周期環境変動, 日本地形学連合春季大会, 福岡 (2005.5)
- (31) Minato M., Pascua C., Sato T.: Silica adsorption and post adsorption properties of NO₃-hydrotalcite, 地球惑星科学関連学会 2005 年合同大会, 幕張メッセ国際会議場 (2005.5.22 - 26)
- (32) 伊藤健一, 片桐有由未, 福土圭介, 池田穂高, 橋本晃一, 佐藤 努: 酸性鉱山排水環境における生命水 鉱物相互作用 - 自然浄化機構により産するシュベルトマナイト中のヒ素の挙動 - The fate of arsenic adsorbed by schwertmannite in natural attenuation, 地球惑星科学関連学会 2005 年合同大会, 幕張メッセ国際会議場 (2005.5.22 - 26)
- (33) 玉村修司, 佐藤努, 王喜龍, 大田由貴恵, 唐寧, 早川和一: 大気中における多環芳香族炭化水素 (PAHs) と鉱物粒子との相互作用, 地球惑星科学関連学会 2005 年合同大会, 幕張メッセ国際会議場 (2005.5.22 - 26)
- (34) 大田由貴恵, 佐藤 努, 大原 祥平, 玉村 修司, 掛川 武, 中沢 弘基: 繰り返し湿潤 乾燥法に

- よる鉱物表面でのアミノ酸重合，地球惑星科学関連学会 2005 年合同大会，幕張メッセ国際会議場（2005.5.22 - 26）
- (35) 高田盛生，福土圭介，佐藤 努：低結晶性鉄鉱物による陰イオン有害元素の吸着とその後の挙動，地球惑星科学関連学会 2005 年合同大会，幕張メッセ国際会議場（2005.5.22 - 26）
- (36) 大谷祐介，筒井政則，横山信吾，佐藤 努：高アルカリ環境におけるスメクタイトの溶解速度 - 溶存シリカの影響 - ，地球惑星科学関連学会 2005 年合同大会，幕張メッセ国際会議場（2005.5.22 - 26）
- (37) 伊藤亜希子，伊藤健一，佐藤努：鉄鋼スラグからの陰イオン吸着材の合成とその吸着特性，地球惑星科学関連学会 2005 年合同大会，幕張メッセ国際会議場（2005.5.22 - 26）
- (38) Sato T., Akita N., Ozeko M.: Geochemistry of hyperalkaline spring water and low temperature serpentinization at the Oman ophiolite，地球惑星科学関連学会 2005 年合同大会，幕張メッセ国際会議場（2005.5.22 - 26）
- (39) 佐藤 努，玉村修司，唐寧，早川和一：環日本海域における多環芳香炭化水素と黄砂構成物質の相互作用およびそれらの長距離輸送，環境科学会，名古屋大学（2005.9.10）
- (40) 玉村修司，佐藤努，大田由貴恵，唐寧，早川和一：鉱物表面に吸着した多環芳香族炭化水素の安定性，鉱物学会，愛媛大学（2005.9.22 - 24）
- (41) 大谷祐介，筒井政則，横山信吾，佐藤 努：高アルカリ環境におけるスメクタイトの溶解速度 - 溶存シリカの影響 - ，鉱物学会，愛媛大学（2005.9.22 - 24）
- (42) 高田盛夫，佐藤 努，福土圭介，伊藤健一，川西琢也，永野哲志，柳瀬信之：「シュベルトマナイトによる有害オキシアニオンの吸着とその後の挙動」，資源・素材学会，室蘭工業大学（2005.9.25 - 27）
- (43) 湊美緒，浅井篤史，チェロ パスクア，伊藤亜希子，伊藤健一，佐藤努：「様々な陰イオンを吸着したハイドロタルサイトの安定性」，資源・素材学会，室蘭工業大学（2005.9.25 - 27）
- (44) 伊藤健一，大田由貴恵，湊 美緒，伊藤亜希子，片桐有由未，福土圭介，橋本晃一，佐藤 努：自然浄化機構に学ぶ酸性鉱山廃水処理による資源回収と含ヒ素澱物の長期安定性(Material recycle of novel processing method learnt to natural attenuation mechanism in acid minedrainage and long-term stability of the precipitation containing arsenic)，資源・素材学会，室蘭工業大学（2005.9.25 - 27）
- (45) 伊藤亜希子，伊藤健一，湊 美緒，佐藤 努：鉄鋼スラグからの陰イオン吸着材の合成とその吸着特性，資源・素材学会，室蘭工業大学（2005.9.25 - 27）
- (46) 長谷部徳子，荒井章司：LA-ICP-MS を利用したフィッシュトラック年代測定，日本地質学会，京都（2005.9）
- (47) 荒武康治，長谷部徳子，奥野正幸：ジルコンのメタミクト化：ラマン分光法と FT 法による研究，第 30 回フィッシュトラック研究会，つくば（2006.1）
- (48) 伊藤一充，長谷部徳子，雁澤好博，柏谷健二：湖沼堆積物のルミネッセンス特性，第 30 回フィッシュトラック研究会，つくば（2006.1）
- (49) 伊藤健太郎，長谷部徳子：段階エッチングを用いた第四紀火山ガラスの fission-track 年代測定の試み，第 30 回フィッシュトラック研究会，つくば（2006.1）
- (50) 長谷部徳子：年間線量率の見積もりについて質問：濃度測定と粒度分別について，2005 年度ルミネッセンス研究会，奈良（2006.3）
- (51) Abe, T., Muguntha Manikandan N., Yamaguchi, Y., Tanaka, K., Murata, Y., Kuwahara, Y., Watanabe, S.,

- Sakaguchi, A., Tomita, J., Hamajima, Y. and Komura, K.: High resolution simultaneous measurements of airborne radionuclides at sub-regional sampling points by ultra low background gamma spectrometry, 2nd International Conference on Radioactivity in the Environment & 6th International Conference on Environmental Radioactivity in the Arctic and Antarctic, Nice, France, Oct. 2-6, 2005 (2005.10)
- (52) Abe, T., Yamaguchi, Y. and Komura, K.: High Resolution Simultaneous Measurements of Airborne Radionuclides at Sub-regional Sampling Points by Ultra Low Background Gamma Spectrometry, 4th International Symposium of Kanazawa University 21st Century COE Program / IICRC Promoting Environmental Research in Pan-Japan Sea Area - Young Researchers' Network-, Kanazawa, Japan (2006.3)
- (53) 阿部琢也, 山口芳香, ムグンタ マニカンダン, 小村和久, 極低バックグラウンド スペクトロメトリーによる大気中放射性核種の準地域的な高解像度同時観測, 第 49 回放射化学討論会, 金沢 (2005.9)
- (54) Hamajima Y. and Komura K.: Depth profiles of environmental neutron flux in solids and liquid – 2nd International Conference on Radioactivity in the Environment & 6th International Conference on Environmental Radioactivity in the Arctic and Antarctic, Nice, France, Oct. 2-6, 2005 (2005.10)
- (55) 浜島靖典, 小村和久: 固体中の環境中性子深度分布, 第 49 回放射化学討論会, 金沢 (2005.9)
- (56) 浜島靖典, 小村和久: 物質中の環境中性子分布 -MCNP との比較-, 第 7 回「環境放射能」研究会, 高エネルギー加速器研究機構, つくば (2006.3)
- (57) Imanaka, T., Fukutani, S., Yamamoto, M., Sakaguchi, A. and Hoshi, M.: External radiation in Dolon village due to the fallout depositio from the First USSR atomic bomb testing in 1949, *ibid.*
- (58) 今中哲二, 福谷哲, 山本政儀, 坂口綾, 星正治, セミパラチンスク核実験場からのフォールアウトによるドロン村での外部被曝線量評価, 日本放射化学会, 金沢 (2005.9)
- (59) Inoue, M. and Komura, K. Preliminary approach of low-background ? -ray spectrometry to volcanic ground water. APSORC, Beijing, China (2005.10)
- (60) 井上睦夫, 渡部諭, 田中究, 小藤久毅, 山本政儀, 小村和久: 極低バックグラウンド 線測定 of 海水試料への適用---²²⁸Ra/²²⁶Ra 比からみた日本海沿岸海水循環---, 第 7 回「環境放射能」研究会, 高エネルギー加速器研究機構, つくば (2006.3)
- (61) 小村和久, 桑原雄宇: 雨水中の短寿命宇宙線誘導核種の測定と水文学研究への応用, 日本保健物理学会第 39 回研究発表会, 青森県六ヶ所村 (2005.6)
- (62) 小村和久: 超低レベル放射能測定 of 現状と展望, アイソトープ放射線研究発表会 (2005.7)
- (63) 小村和久: ^{108m}Ag を用いる新しい原爆中性子評価, 第 49 回放射化学討論会, 金沢 (2005.9)
- (64) Komura, K., Kuwahara, Y., Abe, T., Tanaka, K., Murata, Y. and Inoue, M. : Application of short-lived cosmogenic radionuclides in hydrology, Nice. France (2005.10)
- (65) 小村和久, 今中哲二: Ag-108m を用いる新しい原爆中性子評価法, 日本放射線影響学会第 8 回大会, 広島 (2005.11)
- (66) 桑原雄宇, 阿部琢也, 小村和久: 雨水中の短寿命宇宙線誘導核種のトレーサー利用, 第 7 回「環境放射能」研究会, 高エネルギー加速器研究機構, つくば (2006.3)
- (67) 村田祥全, 小村和久, 古賀妙子, 森嶋彌重: 金 of 中性子自己吸収の評価と中性子束測定への適用, 第 49 回放射化学討論会, 金沢 (2005.9)
- (68) Murata, Y., Komura, K., Ahmed Yousef, Koga, T. and Orishima, H: Evaluation of neutron self-absorption in gold and application to measurement of neutron flux, 4th International Symposium of the Kanazawa

- University 21st-Century COE Program, Kanazawa, Japan (2006.3)
- (69) Orlov, M., Stepanenko, V., Sakaguchi, A., Yamamoto, M. and Hoshi, M.: Estimation of the width of radioactive trace near Dolon' village, *ibid.*
- (70) Sakaguchi, A., Yamamoto, M., Hoshi, M., Imanaka, T., Apsalikov, K. N. and Gusev, B. I.: Radioactive contamination in the vicinity of Semipalatinsk nuclear test site: Dolon, Mostik, Cheremshki and Budene settlements, *ibid.*
- (71) Sakaguchi, A., Tomita, J., Kashiwaya, K. and Yamamoto, M.: Uranium and thorium records in bottom sediments from Lake Baikal: sedimentary behavior and application to dating, *ibid.*
- (72) Sakaguchi, A., Yamamoto, M. and Kashiwaya, K.: Uranium and Thorium Isotopes in Lacustrine Sediments -Lake Baikal-, The 2nd International Conference on Radioactivity in the Environment & the 6th International conference on environmental radioactivity in the Arctic and the Antarctic, Nice, France (2005.10)
- (73) Sakaguchi, A., Yamamoto, M., Tomita, J. and Kashiwaya, K.: Uranium and Thorium Isotopes Distribution in a Bottom Sediment Core from the Academician Ridge, Lake Baikal, Siberia, 4th International Symposium of Kanazawa University 21st Century COE Program, Kanazawa, Japan (2006.3)
- (74) 坂口綾, 佐々木圭一, 柏谷健二, 山本政儀: ウラン・トリウム同位体組成から見るバイカル湖の堆積環境, 第 49 回放射化学討論会, 金沢 (2005.9)
- (75) Stepanenko, V., Hoshi, M., Sakaguchi, A., Yamamoto, M., Orlov, M., Ivannikov, A., Skvortsov, V., Apsalikov, K. and Gusev, B.: A gradient of external dose in Dolon' village near Semipalatinsk nuclear test site: comparison of computed values with instrumental estimate, *ibid.*
- (76) Stepanenko, V., Hoshi, M., Sakaguchi, A., Yamamoto, M., Apsalikov, A., Gusev, B., Kolizshenkov, T. and Jungner, H.: International intercomparison of radiospective luminescence dosimetry method: sampling and distribution of the brick samples from Dolon ' village, Kazakhstan, 10th Hiroshima International Symposium on 3rd Dosimetry Workshop on the Semipalatinsk Nuclear Test Site Area, Hiroshima (2005.3)
- (77) Tanaka, K., Inoue, M. and Komura, K. : Application of low-background γ -ray spectrometry to sea water analysis: Implications for water circulation patterns in the Sea of Japan. APSORC, Beijing, China (2005.10)
- (78) 田中 究, 井上睦夫, 小村 和久: 日本海における $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$ 比および ^{137}Cs 濃度の鉛直分布, 第 7 回「環境放射能」研究会, 高エネルギー加速器研究機構, つくば (2006.3)
- (79) 田中 究, 井上睦夫, 御園生 淳, 小村和久: 極低バックグラウンド 線測定による深層海水の ^{228}Ra 濃度の測定-日本海の鉛直循環の解明- 環境放射能研究会, つくば (2006.3)
- (80) 太郎田融, 石川 康, 河合恵一, 山本政儀, 榎本秀一, 天野良平: パーキンソン病進行に伴う関連部位へのマンガン集積, 日本放射化学会, 金沢 (2005.9)
- (81) 富田純平, 坂口 綾, 佐竹 洋, 中村俊夫, 山本政儀: 白山周辺に温鉱泉の同位体地球化学的研究, 日本放射化学会, 金沢 (2005.9)
- (82) 渡部 諭, 井上睦夫, 小藤久毅, 田中 究, 山本政儀, 小村和久: 日本海 沿岸海水における $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$ 比の季節変動, 日本放射化学会, 金沢 (2005.9)
- (83) 山口芳香, 阿部琢也, 村田祥全, Muguntha Manikandan, N, 小村和久: 大気中の放射性核種変動の高解像度同時観測 - 気象条件や自然災害の影響 -, 第 42 回アイソトープ・放射線研究発表会, 東京 (2005.7)

- (84) 山口芳香, 阿部琢也, 村田祥全, M. Manikandan N., 小村和久: 大気中の放射性核種変動の高解像度同時観測 - 気象条件や自然災害の影響 -, 第 49 回放射化学討論会, 金沢 (2005.9)
- (85) Yamamoto, M., Tomita, J., Sakaguchi, A., Shirotori, T., Shiraki, K. and Tazaki, K.: Radiochemical aspect in Hokutolite collected recently from Peitou Hot Spring, Taiwan, International Conference on Centennial of Discovering Hokutolite and Hot Springs, Taipei, Taiwan (2005.10)
- (86) Yamamoto, M., Hoshi, M., Sakaguchi, A., Shinohara, K., Apsalikov, K. N. and Gusev, B. I.: Preliminary results of Pu and U in human tissues from people living near the Semipalatinsk nuclear test site, *ibid.*
- (87) Yamamoto, M., Sakaguchi, A., Kashiwaya, K., Szymszewska, A., Krivonogov, S., Watanabe, T. and Nakamura, T.: Uranium and thorium isotopes distribution in the sediment core of the Lake Hovsgol, Mongolia: As a proxy of paleoenvironmental reconstruction, International Symp. on Terrestrial Environmental Changes in East Eurasia and Adjacent Areas, Korea-Japan-Russia-Mongolia Joint scientific Program, Gyeongju, Korea (2005.12)

5) 研究交流

・共同研究

- (1) 柏谷健二・山本政儀・佐藤努・長谷部徳子, HOVSGOL 掘削プロジェクト, モンゴル科学アカデミ - 地質鉱物資源研究所・ロシア科学アカデミ - 地球化学研究所・韓国地質資源研究院・名古屋大学, 2003-現在
- (2) 柏谷健二・山本政儀・佐藤努・長谷部徳子, バイカル湖流域の陸水環境変動, ロシア科学アカデミ - 地球情報技術センタ - ・京都府立大学・富山大学, 2003-現在
- (3) 柏谷健二・山本政儀・佐藤努・長谷部徳子, 極東域における地表環境と変遷と歴史時代の環境変動, 韓国地質資源研究院・慶熙大学校, 2003-現在
- (4) 柏谷健二・岩坂泰信・中村浩二・長谷部徳子・青木賢人, 中国東北部における地表環境の変遷と歴史時代の環境変動, 延辺大学, 2006-現在
- (5) 柏谷健二, 北陸域の水文環境変動, 立山砂防カルデラ博物館・富山大学, 2001-現在
- (6) 柏谷健二・山本政儀・佐藤努, 琵琶湖流域の水文環境変動, 琵琶湖研究所, 2002-現在
- (7) 柏谷健二, 六甲山系の水文地形環境変動, 神戸大学, 1995-現在
- (8) 小村和久, 宇宙線照射石英中の ^{22}Na と ^7Be の生成量 (NASA GENESIS Project.), K. Nishiizumi Space Science Lab. Univ. of California. 2004-2005
- (9) 小村和久, 個人線量モニターによる環境放射線レベル測定, 金沢工業大学, 南戸秀仁, 2000-現在
- (10) 小村和久, JCO 臨界事故で被爆した歯の $^{110\text{m}}\text{Ag}$ と ^{65}Zn の測定, 豊田新, 岡山理科大, 猿渡暁, 広島大学
- (11) 山本政儀, 旧ソ連核実験場セミパラチンスクの環境放射能汚染と住民の被曝線量評価, 星正治, 広島大学原爆医学放射線研究所, 1995-現在
- (12) 山本政儀, 石灰岩洞窟のウラン-トリウム年代測定, Ju. Yong. Kim, Korean Institute of Geosciences and Mineral Resources (KIGAM), Korea, 2003-現在
- (13) 山本政儀, 放射性核種をトレーサーとする海洋での物質循環研究, 鈴木款, 静岡大学, 2000-現在
- (14) 佐藤 努, 粘土鉱物の構造に関する基礎的研究, 日本ポリケム株式会社, 2001-現在
- (15) 佐藤 努, 地下環境における核種移行に及ぼすバリア材変質に関する研究, 日本原子力研究所,

2002-現在

- (16) 佐藤 努, セメントーベントナイト相互作用の基礎的研究, 太平洋コンサルタント, 2002-現在
- (17) 佐藤 努, 有害物質の自然希釈に関する基礎・応用研究, 東邦レオ, 2001-現在
- (18) 佐藤 努(分担), 風化岩石中の微小領域に含まれるウラントリウム同位体比の測定, オーストラリア原子力科学技術機構, オーストラリア国立大学, 1998-現在
- (19) 佐藤 努(分担), バングラデシュ地下水浄化プラントへのシュバルツナイトの適用, バングラデシュ工科大学, AAN, 宮崎大学, ソフィア, 2002-現在
- (20) 佐藤 努(分担), セメント系材料が及ぼす処分場岩盤への影響評価に関わる技術開発, 三菱マテリアル株式会社, 東北大学, 核燃料サイクル開発機構, 2003-現在
- (21) 佐藤 努, セメントーベントナイト相互作用の基礎研究, 電力中央研究所, 株式会社セレス, 2003-現在

・海外渡航

- (1) 柏谷健二, 韓国・ソウル・大田, 地表環境の変動に関する共同調査 (2005, 4)
- (2) 柏谷健二, 中国・延辺, 中国東北部における地表環境の変遷と歴史時代の環境変動に関する予備調査 (2005, 8)
- (3) 柏谷健二, 韓国・慶州, 国際シンポジウム「Terrestrial Environmental Changes and Adjacent Area」参加 (2005, 12)
- (4) 柏谷健二, 中国・延辺, 中国東北部における地表環境の変遷と歴史時代の環境変動に関する予備調査 (2006, 1)
- (5) 小村和久, NAMLS8 (8th Nuclear Analytical Methods in the Life Sciences)リオデジャネイロ, ブラジル(2005.4)
- (6) 小村和久, 大気中放射能の環境動態に関する研究打ち合わせ, 漢陽大学環境産業医学研究所, 韓国 (2005.7)
- (7) 小村和久, 2nd International Conference on Environmental Radioactivity & 6th International Conference on Environmental Radioactivity in the Arctic and Antarctic, ニース, フランス (2005.10)
- (8) 山本政義, 旧ソ連セミパラチンスク核実験場周辺地域の放射能汚染状況と住民の内部被曝線量評価 (科学研究費-海外), カザフスタン (2005.9)
- (9) 山本政義, 北投石発見 100 周年国際会議, 台北, 台湾 (2005.10)
- (10) 山本政義, 韓国-日本-ロシア-モンゴル共同国際会議, International Symp. on Terrestrial Environmental Changes in East Eurasia and Adjacent Areas, 慶州, 韓国 (2005. 12)
- (11) 佐藤 努, フィリピン, 調査 (2005.6.1~8)
- (12) 佐藤 努, イギリス, 研究打ち合わせおよび講演 (2005.11.23~29)
- (13) 長谷部徳子, 韓国, 湖沼堆積物の調査と採集 (2004,7)
- (14) 長谷部徳子, ロシアバイカル湖, 21 世紀 COE 環境スクールおよび湖沼堆積物調査 (2004,8)
- (15) 長谷部徳子, 韓国, 国際会議出席 (2004, 12)
- (16) 長谷部徳子, 中国, 国際会議出席, および環境変動に関する共同調査準備 (2005, 1)
- (17) 浜島靖典, 2nd International Conference on Radioactivity in the Environment & 6th International Conference on Environmental Radioactivity in the Arctic and Antarctic, ニース・フランス, (2005.10)
- (18) 井上睦夫, Asia-Pacific Symposium on Radiochemistry-05, 北京, 中国 (2005.10)

・訪問外国人研究者

- (1) Jordi Cama ,(ジョルディ・カーマ), ジャーメ アルメラ地球科学大学 ポストドクトラルフェロー, 研究打ち合わせおよび講演 (2005.8.21 ~ 27)
- (2) Roy A. Wogelius (ロイ・アルバート・ウォゲイリアス), マンチェスター大学, 地球・大気・環境科学部, 上級講師, 研究打ち合わせおよび講演 (2005.8.21 ~ 27)
- (3) Christophe Tournassat (クリストファー・トーナサット), BRGM (フランス地質調査所) 研究員, 研究打ち合わせおよび講演 (2005.8.21 ~ 27)
- (4) Roy A. Wogelius (ロイ・アルバート・ウォゲイリアス), マンチェスター大学, 地球・大気・環境科学部, 上級講師, 研究打ち合わせおよび講演 (2006.3.5 ~ 11)
- (5) Dave Polya (デイブ・ポーリャ), マンチェスター大学, 地球・大気・環境科学部, 上級講師, 研究打ち合わせおよび講演 (2006.3.5 ~ 11)

6) 各種活動

・学会活動

- 柏谷健二：日本地形学連合委員，日本地形学連合会長，IGU-GC21 委員，国際ワ - クショップ「現代の環境プロセスと歴史的環境変動」共同議長，地形学合同国際会議（モンゴル）実行委員長
- 小村和久：日本原子力学会評議員，近畿大学原子炉共同利用委員会委員，日本アイソープ協会理工学部会第常任委員
- 山本政儀：日本放射線影響学会幹事，兼 J. Radiat Res. 編集委員，日本原子力学会中部支部幹事，日本放射化学会の J. Nucl. Radiochem. Sci. 編集委員
- 佐藤 努：日本粘土学会常務委員，日本粘土学会評議委員，日本鉱物学会行事委員，日本鉱物学会評議委員，日本鉱物学会 JMPS 編集委員，土木学会エネルギー土木委員会低レベル放射性廃棄物の余裕深度処分に関する研究小委員会委員，日本原子力学会学会誌編集委員，資源・素材学会，岩石・鉱物の機能性評価と高度化利用に関する調査研究委員会委員
- 長谷部徳子：日本フィッシュントラック研究会ニュースレター編集幹事，日本地質学会編集委員，日本地質学会将来ビジョン委員

・社会活動

- 小村和久：石川県環境放射線測定技術委員会委員，核燃料サイクル開発機構大学との研究協力実施委員会委員，辰口国際交流協会副会長，能美市文化財保護審議会委員，国連科学委員会 UNSCEAR 報告書国内委員
- 山本政儀：福井県原子力安全専門委員，福井県美浜町原子力環境安全監視委員，福井県客員研究員，石川県環境試料測定法調査検討委員，国連科学委員会 UNSCEAR (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation: 国連放射線影響科学委員会) 報告書国内対応委員，財団法人日本分析センター放射能測定法マニュアル等専門委員会，財団法人日本分析センター環境放射線測定調査委員会，財団法人日本分析センター環境放射線分析研修委員会
- 佐藤 努：原子力環境整備センターベントナイト系充填材検討委員，原子力環境整備センターナチュラル・アナログ検討委員，原子力安全研究協会ニアフィールド要素の長期相互作用に関する調査

検討専門委員，(社)日本原子力産業会議 関西原子力懇談会原子燃料サイクル安全対策についての動向調査委員会委員，日本原燃株式会社人工バリア検討委員会委員，日本原子力研究所燃料サイクル安全研究委員会専門委員，日本原子力研究所研究嘱託(環境中の汚染物質の濃縮法と浄化に関する研究)，内閣府原子力安全委員会低レベル放射性廃棄物施設分科会専門委員

・地方自治体役員等

佐藤努：石川県環境審議会委員，石川県内灘町環境審議会委員，金沢子ども科学財団協力室委員
長谷部徳子：金沢子ども科学財団児童・生徒科学研究作品審査員

・招待講演

小村和久

- (1) 保健物理学会夏の学校 特別講演 「我が国の環境放射能研究の歴史」(2005.9)
- (2) 第 22 回希土類討論会(大阪) 特別講演「ランタノイド元素と放射能」(2005.5)
- (3) 日本放射線安全管理学会第 4 回学術大会，招待講演(パネル討論)「劣化ウラン弾の放射能」(2005.11)
- (4) 日本アイソトープ協会 理工学部会夏の学校，特別講演「劣化ウラン弾の放射能」(2005.8)
- (5) 日本応用物理学会 シンポジウム「広島・長崎原爆放射線新評価システム DS02 と環境放射線計測技術」極低レベル ^{152}Eu の測定と $^{108\text{m}}\text{Ag}$ を用いる新しい原爆中性子評価法(2006.3)

佐藤 努

- (1) A natural attenuation of arsenic in drainage from an abandoned arsenic mine dump : From scientific research to application and commercial use，環境浄化材料研究会，金沢工業大学 (2005.6.15)
- (2) 基礎研究こそ企業化のシーザー：基礎研究から生まれた新しい水・土壌浄化材料の誕生秘話，日本動物学会中部支部大会，金沢市 (2005.7.29)
- (3) Sato, T., Takada, M., Ito, K. and Fukushi, K. : Post-adsorption stability of minerals with high anion exchange capacity, International workshop on waste management in Sapporo (Sapporo conference 2005), 北海道大学 (2005.8)
- (4) 還日本海域における多環芳香族炭化水素と黄砂構成物質の相互作用およびそれらの長距離輸送 (玉村 修司, 唐 寧, 早川 和一), 環境科学会, 名古屋大学環境科学科, (2005.9.9)
- (5) 土壌浄化にかかわる日本の事情と今後の課題, 「地下水浄化」に関する特別講演会, 金沢エクセルホテル東急 (2005.9.22)
- (6) 日本海を渡る黄砂と私たち, サイエンスカフェ, 石川県立大学 (2005.10.29)
- (7) Arsenic Removal Methods Learned from Natural Attenuation Processes, Fourth NIMS-NEERI Workshop on "Environmental Materials" AML-NIMS, Tsukuba, Japan, 物質・材料研究機構 (2005.11.21)
- (8) Environmental Mineralogy: Lessons learned from natural processes, Manchester University Symposium, School of Earth, Atmospheric and Environmental Sciences, Manchester, UK. (2005.11.26)
- (9) Hyperalkaline Impacts on Radioactive Waste Disposal, Manchester University Symposium, School of Earth, Atmospheric and Environmental Sciences, Manchester, UK. (2005.11.26)

Pascua, C. S.

- (1) Arsenic mobility in the geothermal environment: Case studies from Japan and the Philippines. School of

エコテクノロジー研究部門

1) 学術論文

- (1) Zhang, D., Iwasaka, Y., Shi, G., Zhang, J., Hu, M., and Li, C.: Separated status of the natural dust plume and polluted air masses in an Asian dust storm event at coastal areas of China, *J. Geophys. Res.*, 110, D06302, doi: 10.1029/2004JD005305 (2005)
- (2) Hara, K., Osada, K., Kido, M., Matsunaga, K., Iwasaka, Y., Hashida, G., and Yamanouchi, T.: Variations of constituents of individual sea-salt particles at Syowa station, Antarctica, *Tellus*, 57B, 230-246 (2005)
- (3) Yamada, M., Iwasaka, Y., Matsui, A., Trochkin, D., Kim, Y.S., Zhang, D., Nagatani, T., Shi, G.-Y., Nagatani, M., Nakata, H., Shen, Z., Chen, B., and Li, G.: Feature of dust particles in the spring free troposphere over Dunhuang in northwestern China: Electron microscopic experiments on individual particles collected with a balloon-borne impactor, *Water, Air, and Soil Pollution, Focus*, 5, 231-250 (2005)
- (4) Matsui, A., Iwasaka, Y., Shi, G.-Y., Chen, H.-B., Osada, K., Zhang, D., Kido, M., Inomata, Y., Kim, Y.S., Trochkin, D., Nishita, C., Yamada, M., Nagatani, M., and Nakata, H.: Heterogeneous sulfate formation on the dust surface and its dependence on the mineralogy: Observational insight from the balloon-borne measurements in the surface atmosphere in Beijing, China, *Water, Air, and Soil Pollution, Focus*, 5, 101-132 (2005)
- (5) Zhang, D., Shi, G., Iwasaka, Y., Hu, M., and Zhang, J.: Anthropogenic calcium particles observed in Beijing and Qingdao, China, *Water, Air, and Soil Pollution, Focus*, 5, 261-276 (2005)
- (6) Matsuki, A., Iwasaka, Y., Shi, G.-Y., Zhang, D., Trochkin, D., Yamada, M., Kim, Y.S., Chen, B., Nagatani, T., Miyazawa, T., Nagatani, M., and Nakata, H.: Morphological and chemical modification of mineral dust: Observational insight into the heterogeneous uptake of acidic gases, *Geophys. Res. Lett.*, 32, L22806, doi:10.1029/2005GL024176 (2005)
- (7) Zhang, D., Iwasaka, Y., and Shi, G.: Sea salt shifts the range size of asian dust, *EOS Transactions, American Geophysical Union*, 86, 532, (2005)
- (8) Yamada, M., Iwasaka, Y., Shi, G.-Y., Matsuki, A., Trochkin, D., Zhang, D., Nagatani, M., Kim, Y.S., Nagatani, T., Nakada, H., Shen, Z., and Chen, B.: Classification of submicron particles and the change in their number fractions in the free troposphere over Dunhuang, China, *J. Echotech. Res.*, 11, 117-124 (2005)
- (9) Kimura, S.: Dynamic solidification in a water-saturated porous medium cooled from above, *Transport Phenomena in Porous Media III*, edited by D.W.Ingham and I. Pop, Pergamon Press, 399-417 (2005)
- (10) Li, L. and Kimura, S.: Numerical Simulation on Mixed Convection in a Porous Medium Heated by a Vertical Cylinder., *J. Mech. Eng.*, 51, 491-494 (2005)
- (11) Li, L. and Kimura, S.: Mixed convection around a heated vertical cylinder embedded in porous medium, *Progress in Natural Science*, 15, 661-664 (2005)
- (12) Kimura, S., Okajima, A., Kiwata, T. and Fusaoka, T.: Solidification in a Water-Saturated Porous Medium

- When Convection is Present (Response of Solid-Liquid Interface due to Time-Varying Cooling Temperature), Heat Transfer-Asian Research, in press
- (13) 藤井康彦,木村繁男,齋藤隆之,木綿隆弘,松村和彦: 膨張弁を通過した冷媒の気液二相流動現象の可視化,日本冷凍空調学会論文集, 23, 67-78 (2006)
- (14) Kanev, K. and Kimura, S.: Direct Point-and-Click Functionality for Printed Materials, The Journal of Three Dimensional Images, in press
- (15) 金岡佳充, 木村繁男, 木綿隆弘, 岡島厚, 木村修, 谷川純也: 周期的に温度変動する熱源を用いた新しい流速測定方法とMEMS技術により作成した流速センサーの特性: 日本機械学会誌, 印刷中
- (16) Utanohara, Y., Kimura, S. and Kiwata, T.: Numerical Study on Mountain Waves Generated by a Two-Dimensional Mountain and Their Effect on the Transport of Yellow Sand, JSME International Journal, Series B, in press
- (17) Tsukawak, S., Ohtaka, A., Tanaka, G. and Watanabe, M.: Preliminary results from sediment sampling of the R. V. Tansei-maru Cruise KT03-10 in the eastern marginal part of the Japan Sea off Akita and Niigata Prefectures. Bulletin of Japan Sea Research Institute, Kanazawa University, 36, 69-81 (2005)
- (18) Motomura, H. and Tsukawaki, S.: New species of the threadfin genus *Polynemus* (Teleostei: Polynemidae) from the Mekong River basin, Vietnam, with comments on the Mekong species of *Polynemus*. The Raffles Bulletin of Zoology (2006)
- (19) 小林史尚, 浅田元子, 中村嘉利: 重金属汚染土壌のファイトレメディエーションと有価金属の回収, 化学工学論文集, 31, 476-480 (2005)
- (20) Asada, C., Nakamura, Y., and Kobayashi, F.: Waste reduction system for production of useful materials from un-utilized bamboo using steam explosion followed by various conversion methods, Biochemical Engineering Journal, 23, 131-137 (2005)
- (21) Asada, C., Nakamura, Y., and Kobayashi, F.: Chemical characteristics and ethanol fermentation of the cellulose component in autohydrolyzed bagasse, Biotechnology and Bioprocess Engineering, 10, 346-352 (2005)
- (22) Take, H., Mtui, G.S., Kobayashi, F., and Nakamura, Y.: Additive effect of soybean curd residue, okara, for enhancement of methane production from pretreatment woody waste, Journal of Food Technology, 3, 535-537 (2005)
- (23) Kobayashi, F., Maki, T., Nakamura, Y., and Ueda, K.: Determination of Cu, Pb, Fe, and Zn in plant component polymers of a hyperaccumulating plant, Analytical Sciences, 21, 1553-1556 (2005)
- (24) Kobayashi, F., Kofuji, R., Yamashita, Y., and Nakamura, Y.: A novel treatment system of wastewater contaminated with copper by a moss, Biochemical Engineering Journal, 28, 295-298 (2006)
- (25) Take, H., Ando, Y., Nakamura, Y., Kobayashi, F., Kurimoto, Y., and Kuwahara, M.: Production of methane gas from Japanese cedar chips pretreated by various delignification methods, Biochemical Engineering Journal, 28, 30-35, (2006)
- (26) Kobayashi, F., Daidai, M., Suzuki, N., and Nakamura, Y.: Degradation of phenol in seawater using novel microorganism isolated from the intestine of *Aplysia kurodai*, International Biodeterioration and Biodegradation, in press
- (27) Kurozumi, A., Kobayashi, F., Mtui, G.S., and Nakamura, Y.: Development of optimal culture method of

Sparassis crispa mycelia and a new extraction method of antieoplastic constituent, Biochemical Engineering Journal, in press

2) 総説・資料・報告書

- (1) 早川和一, 岩坂泰信, 佐藤努: 黄砂と燃焼粉塵による東アジア地域の環境問題, 環境情報科学, 34-3, 17-28 (2005)
- (2) 岩坂泰信: 最近はじまった「黄砂予報」の意味するもの: 乾燥と付き合う, J. Echotech. Res., 11, 101-104 (2005)
- (3) 木村繁男, 直接利用と地熱ヒートポンプ, 日本地熱学会誌, 27, 126-127 (2005)
- (4) 木村繁男, 地中熱交換器からの対流熱伝達, 日本地熱学会誌, 印刷中
- (5) 歌野原陽一, 木村繁男, 安定成層山越え気流における黄砂の輸送過程 - 黄砂沈降メカニズムの一つのシナリオとして -, 「環日本海域の環境計測と長期・短期変動予測」, 掲載予定
- (6) Tsukawaki, S., Araki, Y. and Oyagi, H. eds., 2005, Proceedings of First International Symposium on Evaluation of Mechanisms Sustaining the Biodiversity in Lake Tonle Sap, Cambodia, Ministry of Industry, Mines and Energy, Phnom Penh, Cambodia, (2005)
- (7) 小林史尚, 岩井尚子, 鈴木信雄, 中村嘉利: クロシタナシウミウシの腸から単離された海洋細菌の同定, 金沢大学臨海実験施設研究概要・年次報告, 3, 18-19 (2005)
- (8) 中村嘉利, 小林史尚: 汚染土壌のファイトレメディエーションと有用資源化方法 - 汚染土壌の浄化及び回収した有価資源の再利用 -, 平成 17 年度ビジネスクリエイト工房講演資料, 1-6 (2005)

3) 著書

- (1) 岩坂泰信 (単著): 黄砂その謎を追う, 紀伊国屋書店 (2005)
- (2) Iwasaka, Y (ed): Water, Air, and Soil Pollution: Focus/Volume 5, Springer (2005)

4) 特許

- (1) 中村嘉利, 小林史尚: 汚染土壌のファイトレメディエーションと有用資源化方法, 出願 2004-009784(2004.1.16), 登録 2005-199209(2005.7.28)
- (2) 小林史尚, 中村嘉利, 鈴木信雄, 小藤累美子: 重金属存在下で有機物質を分解する方法, 出願 2005-300682(2005.10.14)

5) 学術発表

- (1) Iwasaka, Y.: Balloon-borne observation of dust particles, Proceeding of 2005 International Symposium on Environmental Monitoring in East Asia, 20-36, First Workshop on Asian Dust and Ocean Ecosystem, Weihai, China (2005. 10)
- (2) Iwasaka, Y., Shi, G.-Y., Trochkin, D., Matsuki, A., Kim, Y. -S., Yamada, M., and Nagatani, T.: Processes of Background KOSA outbreak: Lidar and Balloon-borne Measurements, Proceeding of First Workshop on Asian Dust and Ocean Ecosystem, 12005, International Symposium on Environmental Monitoring in East Asia -Remote Sensing and Forest-, Kanazawa, Japan (2005. 11)
- (3) Yamada, M., Iwasaka, Y., Shi, G.-Y., Matsuki, A., Trochkin, D., Kim, Y. -S., Nagatani, T., Zhang, D., Nagatani, M., Nakata, H., Shen, Z., and Chen, B.: Chemical elements and modification degree of dust

- particles collected over Dunhuang, China, Proc. of AAC 2005, 103-104, 4th Asian Aerosol Conference, Mumbai, India (2005, 12)
- (4) Trochkine, D., Iwasaka, Y., Matsuki, A., Yamada, M., Kim, Y. -S., Shi, G. -Y., Li, G., Chen, B., Zhang, D., Shen, Z., Nagatani, T., Shibata, T., Nagatani, M., and Nakata, H.: Variation of the mineralogical composition of individual dust particles in Dunhuang, China, Proceeding of AAC 2005, 103-104, 4th Asian Aerosol Conference, Mumbai, India (2005, 12)
 - (5) Matsuki, A., Iwasaka, Y., Shi, G. -Y., Zhang, D., Chen, B., Kim, Y. -S., Trochkine, D., Yamada, M., Nagatani, T., Miyazawa, T., Nagatani, M. and Nakata, H.: Spherical mineral dust: Modification of physicochemical properties through the heterogeneous uptake of acidic gases, Proceeding of AAC 2005, 379-380, 4th Asian Aerosol Conference, Mumbai, India (2005, 12)
 - (6) Tobo, Y., Iwakasaka, Y., Kim, Y. -S., Shi, G. -Y., Zhang, D., Chen, B., Trochkine, D., Yamada, M., Nagatani, T., Miyazawa, T., Nagatani, M., and Nakata, H.: Enhancement of aerosols near the tropopause region over the Tibetan Plateau in summer: Behavior of sulfate droplets under cold atmospheric condition, Proceeding of AAC 2005, 439-440, 4th Asian Aerosol Conference, Mumbai, India (2005, 12)
 - (7) Kim, Y. -S., Iwasaka, Y., Shi, G. -Y., Choi, B. -C., Kim, Y. -S., Trochkine, D., Matsuki, A., Yamada, M., and Nagatani, T.: Dust particles in the free atmosphere in the Asian continent: Four seasons balloon-borne measurements, Proceeding of AAC 2005, 481-482, 4th Asian Aerosol Conference, Mumbai, India (2005, 12)
 - (8) Li, J.-M., Iwasaka, Y., Kim, Y. -S., Shi, G.-Y., Matsuki, A., Trochkine, D., Yamada, M., Zhang, D., Nagatani, T., and Shen, Z.: Horizontal mass flux of mineral dust over Dunhuang, China: Based on the Balloon-borne measurements, Proceeding of AAC 2005, 489-490, 4th Asian Aerosol Conference, Mumbai, India (2005, 12)
 - (9) Kimura, S., Takeda, H., Nakamura, M., Kiwata, T., and Okajima, A. : Development of Groundwater Flowmeter, Proc. of the World Geothermal Congress, Antalya, Turkey, CD-ROM, 1-6 (2005, 4)
 - (10) Kiwata, T., Ishii, T., Okajima, A., and Kimura, S.: Flow Visualization and Characteristics of a Tabbed Coaxial Jet, Proc. Int. Conf. on Jets, Wakes and Separated Flows, 197-202 (2005, 10)
 - (11) Morimoto, T., Kimura, S., Kiwata, T., Utanohara, Y., and Komatsu, N.: Observation of Organized Flow Structure and Turbulent Diffusion within a Forest Canopy, Proc. of the Second BJ-K Symposium on Biomechanics, 104-111 (2006, 3)
 - (12) Utanohara, Y. and Kimura, S.: A Numerical Study of Yellow Sand Transport in Stably Stratified Flows over a Two-Dimensional Mountain, Proc. of 4th International Symposium of the Kanazawa University 21st-Century COE Program, Promoting Environmental Research in Pan-Japan Sea Area,- Young Researchers' Network -, Kanazawa, Japan, March, 50-51 (2006, 3)
 - (13) Rokugou, A., Yamamoto, H., Okajima, A., Kimura, S., and Kiwata, T.: Numerical Analysis of Aerodynamic Sound Radiated from Rectangular Cylinders with Various Side Ratios, Proc. of Int. Conf. on Jets, Wakes and Separated Flows (ICJWSF-2005), Toba, No.05-201, 739-744 (2005,10)
 - (14) Kanev, K. and Kimura, S.: Print Based Interface with Direct Point and Click Functionality, Proceedings of the 8th International Conference on Humans and Computers, 128-135 (2005,9)
 - (15) Kanev, K. and Kimura, S.: Linking to Dynamic Digital Content for Health Awareness, Proceedings of the Joint Meeting of International Workshop on EHealth and 2nd International Conference on Ubiquitous

Healthcare 2005, 37-40 (2005.11)

- (16) Kanev, K. and Kimura, S.: Surface Based Spatial Awareness for Mobile Robots, The 11th International Symposium on Artificial Life and Robotics, 292-295 (2006.1)
- (17) 安井 聡, 木綿隆弘, 岡島 厚, 木村繁男: 直列 2 円柱における上流側円柱の流れ方向振動, 日本風工学平成 17 年度年次研究発表会梗概集(日本風工学会誌第 103 号), 30, 173-174 (2005.4)
- (18) 六郷 彰, 上田俊弘, 山本浩輝, 木綿隆弘, 岡島 厚, 木村繁男: スパン方向に有限な長さを持つ円柱の流力振動に関する数値シミュレーション, 日本流体力学会 2005 講演論文集, 166, 工学院大学新宿キャンパス (2005.9)
- (19) 森本達也, 木村繁男, 木綿隆弘: 樹林内における乱流拡散に関する研究, 農業環境工学関連 7 学会 2005 年合同大会講演要旨集, 453, 金沢 (2005.9)
- (20) 岡島 厚, 木綿隆弘, 安井 聡, 木村繁男: 直列 2 円柱の流力振動に関する研究, 日本機械学会年次大会講演論文集, 7, 193-194 (2005.9)
- (21) 木綿隆弘, 宮崎勝也, 石井 崇, 木村繁男, 岡島 厚: タブを有する強制加振同軸噴流の流れに関する研究, 日本機械学会流体工学部門講演会講演論文集, 05-32, 102, 金沢 (2005.10)
- (22) 木綿隆弘, 木村繁男, 喜多哲義, 北村利博, 田中一男, 高田真映: 可変迎角リンク機構をもつ直線翼垂直軸風車の性能, 日本機械学会流体工学部門講演会講演概要集, 268, 金沢(2005.10)
- (23) 武田 浩, 木村 繁男, 木綿 隆弘, 寺島淳一: 地下水流動計測プローブの実用化に関する研究, 日本機械学会流体工学部門講演会講演概要集, 290, 金沢 (2005.10)
- (24) 金岡佳充, 木村繁男, 木綿隆弘, 嘉山春夫, 木村 修, 谷川純也: 単振動的な温度変化を利用した流速センサの提案, 日本機械学会流体工学部門講演会講演概要集, 291, 金沢(2005.10)
- (25) 武田 浩, 寺島 淳一, 木村繁男, 木綿 隆弘: 鉛直加熱円柱からの混合対流熱伝達に関する研究, 日本地熱学会平成 17 年学術講演会講演要旨集, A36, 雲仙小浜 (2005.11)
- (26) 歌野原陽一, 木村繁男, 木綿隆弘: 安定成層大気における黄砂の輸送と山岳波の干渉の 2 次元数値シミュレーション, 第 19 回数値流体力学シンポジウム講演論文集, C5-4, 171, (2005.12)
- (27) 野原庸平, 木村繁男, 木綿隆弘: 二成分系水溶液の周期的凝固融解プロセス, 第 55 回理論応用力学講演会講演論文集, NCTAM2006, 677-678, 京都 (2006.1)
- (28) 高橋洋平, 歌野原陽一, 木村繁男, 木綿隆弘: 海陸風による上空数千メートル大気中に存在するエアロゾルの拡散シミュレーション, 第 55 回理論応用力学講演会講演論文集, NCTAM2006, 547-548, 京都 (2006.1)
- (29) 安井 聡, 森快貴, 岡島 厚, 木綿隆弘, 木村繁男: 直列 2 角柱の流力振動に関する研究, 第 36 回北陸流体力学研究会, 福井大学工学部 (2006.3)
- (30) 高橋洋平, 木村繁男, 歌野原陽一, 木綿隆弘, 小松信義: 海陸風による上空数千メートル大気中に存在するエアロゾルの拡散シミュレーション, 第 36 回北陸流体力学研究会, 福井大学工学部 (2006.3)
- (31) 山本洋民, 日高慎吾, 木村繁男, 木綿隆弘: 角管路内の強制対流下における非定常凝固に関する研究, 日本機械学会北陸信越支部第 43 期講演会講演論文集, 067-1, 447-448 (2006.3)
- (32) 堂満華子, 加藤道雄, 塚脇真二, 尾田太良: 日本海南部における過去 6300 年間の浮遊 性有孔虫群集の時間的变化, 第 3 回金沢大学 21 世紀 COE シンポジウム COE 若手研究助成 金等研究成果発表会, 石川厚生年金会館 (2005.3)
- (33) 堂満華子, 尾田太良, 塚脇真二: 日本海対馬海盆 KT98-17 P-1 コアの浮遊性有孔虫群 集の時間的

- 変化，第3回有孔虫研究集会，北陸キャッスルバーデンホテル山乃湯（2005.3）
- (34) 伴野卓磨，神谷隆宏，小沢広和，金沢謙一，大路樹生，塚脇真二：日本海におけるブンブクウニの棘の奇妙な産状，日本古生物学会第155回例会，京都大学博物館（2006.2）
- (35) 大八木英夫，遠藤修一，奥村康昭，Monichoth, S. I.，塚脇真二，石川俊之，荒木祐二，向井貴彦，藤田浩介，森和紀：カンボジア・トンレサップ湖における乾季の水位低下に伴う水質変化について，日本陸水学会第70回大会，大阪教育大学（2005.9）
- (36) Tsukawaki, S., Araki, Y., Chhay, R., Drong, P., Im, S., Ishikawa, T., Mukai, T., Oyagi, H., and Im, M.S.: Tonle Sap EMSB-u32 Team (UNESCO MAB-IHP Joint Programme Ecological and Hydrological Research and Training for Young Scientist in Tonle Sap Biosphere Reserve, Cambodia: Research and Training for Young Scientists) in Lake Tonle Sap, Cambodia, and its field activity for 2004 - 2005. 2nd Workshop of Ecotone Phase II and 4rd Meeting of Southeast Asian Biosphere Reserve Network (SeaBRnet-3), Champasak Hotel, Pakse, Laos P. D. R., (2005.10)
- (37) 大八木英夫，遠藤修一，奥村康昭，Monichoth, S.I.，塚脇真二，石川俊之，荒木祐二，向井貴彦，藤田浩介，坂井健一，森和紀：トンレサップ湖における乾季の水位変化と水質分布．日本水文科学会2005年度学術大会，法政大学富士見校舎（2005.10）
- (38) Tsukawaki, S. and Members of EMSB & EMSB-u32 Teams: Introduction and Research activities of the EMSB and EMSB-u32 Teams in Lake Tonle Sap, Cambodia in 2003-2005. First International Symposium on Evaluation of Mechanisms Sustaining the Biodiversity in Lake Tonle Sap, Cambodia, Ministry of Industry, Mines and Energy, Phnom Penh, Cambodia, (2005.12)
- (39) Tsukawaki, S., Sotham, S. and Members of Tonle Sap 21 Programme: Formation of the present natural environment on Lake Tonle Sap and the lower courses of the Mekong River system in Cambodia, geological history of Cambodia during the last 20,000 years. First International Symposium on Evaluation of Mechanisms Sustaining the Biodiversity in Lake Tonle Sap, Cambodia, Ministry of Industry, Mines and Energy, Phnom Penh, Cambodia, (2005.12)
- (40) Tsukawaki, S., Sotham, S., Sim, I., Takebayashi, H., Ooji, A., Bunnarin, B. and Sambath, T.: Lithological features of cored sediments from the southern part of Lake Tonle Sap and the Tonle Sap River. First International Symposium on Evaluation of Mechanisms Sustaining the Biodiversity in Lake Tonle Sap, Cambodia, Ministry of Industry, Mines and Energy, Phnom Penh, Cambodia, (2005.12)
- (41) Endoh, S., Fujita, K., Nakai, S., Okumura, Y., Oyagi, H., Fujii, T., Tsukawaki, S. and Monichoth, S. I.: Continuous measurement of water temperature in Lake Tonle Sap. First International Symposium on Evaluation of Mechanisms Sustaining the Biodiversity in Lake Tonle Sap, Cambodia, Ministry of Industry, Mines and Energy, Phnom Penh, Cambodia, (2005.12)
- (42) Oyagi, H., Endoh, S., Okumura, Y., Monichoth, S. I., Tsukawaki, S., Ishikawa, T., Fujii, T., Fujita, K. and Mori, K.: Seasonal changes in water level and water quality in Lake Tonle Sap, Cambodia. First International Symposium on Evaluation of Mechanisms Sustaining the Biodiversity in Lake Tonle Sap, Cambodia, Ministry of Industry, Mines and Energy, Phnom Penh, Cambodia, (2005.12)
- (43) Araki, Y., Powkhy, D., Hirabuki, Y., Rachna, C., Tsukawaki, S., Tomita, M. and Suzuki, K.: Floodplain vegetation under severe human impact, succession pattern and invasion of exotic mimosa in Lake Tonle Sap, Cambodia. First International Symposium on Evaluation of Mechanisms Sustaining the Biodiversity in Lake Tonle Sap, Cambodia, Ministry of Industry, Mines and Energy, Phnom Penh, Cambodia, (2005.12)

- (44) Takebayashi, H., Luu, X. L., Egashira, S., Tsukawaki, S., Sim, I., Sambath, T., Sotham, S. and Ide, S.: Flow pattern and size distribution of bed material at Chaktomuk in Cambodia. First International Symposium on Evaluation of Mechanisms Sustaining the Biodiversity in Lake Tonle Sap, Cambodia, Ministry of Industry, Mines and Energy, Phnom Penh, Cambodia, (2005.12)
- (45) Ishikawa, T., Oyagi, H., Ohtaka, A., Narita, T., Sim, I. and Tsukawaki, S.: Primary production in Lake Tonle Sap. First International Symposium on Evaluation of Mechanisms Sustaining the Biodiversity in Lake Tonle Sap, Cambodia, Ministry of Industry, Mines and Energy, Phnom Penh, Cambodia, (2005.12)
- (46) Ohtaka, A., Katakura, H., Kamiya, T., Narita, T., Motomura, H., Ishikawa, T., Mukai, T., Kuwahara, Y., Tsukawaki, S., Sophorn, V., Rachna, C. and Vuthy, T.: Diversity of aquatic invertebrates in Lake Tonle Sap. First International Symposium on Evaluation of Mechanisms Sustaining the Biodiversity in Lake Tonle Sap, Cambodia, Ministry of Industry, Mines and Energy, Phnom Penh, Cambodia, (2005.12)
- (47) Narita, T., Ohtaka, A., Motomura, H., Mukai, T., Ishikawa, T., Sophorn, V., Rachna, C. and Vuthy, T.: Food web structure study by natural stable isotope in Lake Tonle Sap, Cambodia - a preliminary report -. First International Symposium on Evaluation of Mechanisms Sustaining the Biodiversity in Lake Tonle Sap, Cambodia, Ministry of Industry, Mines and Energy, Phnom Penh, Cambodia, (2005.12)
- (48) Furuuchi, M., Murase, T., Tsukawaki, S., Sotham, S., Peou, H. and Sakai, K.: Air Pollution in Angkor Monuments Area in Cambodia. First International Symposium on Evaluation of Mechanisms Sustaining the Biodiversity in Lake Tonle Sap, Cambodia, Ministry of Industry, Mines and Energy, Phnom Penh, Cambodia, (2005.12)
- (49) Hirabuki, Y., Araki, Y., Powkhy, D., Takehara, A., Tsukawaki, S., Suzuki, K., Sockrithy, I. and Rachna, C.: Herbaceous water-plant vegetation in flooding Lake Tonle Sap, Cambodia, distributional pattern and ecological implications. First International Symposium on Evaluation of Mechanisms Sustaining the Biodiversity in Lake Tonle Sap, Cambodia, Ministry of Industry, Mines and Energy, Phnom Penh, Cambodia, (2005.12)
- (50) Watanabe, R., Ohtaka, A., Katakura, H., Kamiya, T., Narita, T., Motomura, H., Ishikawa, T., Mukai, T., Tsukawaki, S., Sophorn, V., Rachna, C. and Vuthy, T.: Seasonal changes of net-plankton communities in Lake Tonle Sap. First International Symposium on Evaluation of Mechanisms Sustaining the Biodiversity in Lake Tonle Sap, Cambodia, Ministry of Industry, Mines and Energy, Phnom Penh, Cambodia, (2005.12)
- (51) Ohtaka, A. and Tsukawaki, S.: Red Euglena (Euglenozoa, Euglenophyceae) in Cambodian waters. First International Symposium on Evaluation of Mechanisms Sustaining the Biodiversity in Lake Tonle Sap, Cambodia, Ministry of Industry, Mines and Energy, Phnom Penh, Cambodia, (2005.12)
- (52) Mukai, T., Motomura, H., Ishikawa, T., Oyagi, H., Araki, Y., Ohtaka, A., Narita, T., Tsukawaki, S., Sotham, S., Sambath, T., Bunnarin, B., Sim, I., Rachna, C. and Powkhy, D.: DNA Analysis of Fishes in Lake Tonle Sap. First International Symposium on Evaluation of Mechanisms Sustaining the Biodiversity in Lake Tonle Sap, Cambodia, Ministry of Industry, Mines and Energy, Phnom Penh, Cambodia, (2005.12)
- (53) Motomura, H., Mukai, T., Ohtaka, A., Katakura, H., Kamiya, T., Narita, T., Ishikawa, T., Tsukawaki, S., Sotham, S., Sambath, T., Bunnarin, B., Sokhom, N., Rachna, C. and Powkhy D.: Fishes of Lake Tonle Sap and Tonle Sap River, Cambodia. First International Symposium on Evaluation of Mechanisms Sustaining the Biodiversity in Lake Tonle Sap, Cambodia, Ministry of Industry, Mines and Energy, Phnom Penh, Cambodia (2005.12)

- (54) Furuuchi, M., Murase, T., Tsukawaki, S., Sotham, S. and Yamashita, M.: Air Pollution in Phnom Penh, Concentration and Chemical Compositions of Ambient Particles. First International Symposium on Evaluation of Mechanisms Sustaining the Biodiversity in Lake Tonle Sap, Cambodia, Ministry of Industry, Mines and Energy, Phnom Penh, Cambodia (2005.12)
- (55) Furuuchi, M., Murase, T., Yamashita, M., Tsukawaki, S., Sotham, S., Jinno, T. and Sakai, K.: Ambient Air Temperature Distribution in Phnom Penh, Influences of Land Use and Mekong and Tonle Sap Rivers. First International Symposium on Evaluation of Mechanisms Sustaining the Biodiversity in Lake Tonle Sap, Cambodia, Ministry of Industry, Mines and Energy, Phnom Penh, Cambodia (2005.12)
- (56) Tsukawaki, S. and Sotham, S.: Formation of the Present Natural Environment on Lake Tonle Sap and the Lower Course of the Mekong River System in Cambodia: Geological History of Cambodia during the Last 20,000 years. International Conference on Forest Environment in Continental River Basins, with a Focus on the Mekong River, Sunway Hotel, Phnom Penh, Cambodia (2005.12)
- (57) Hirabuki, Y., Araki, Y., Takehara, A., Powkhy, D., Tsukawaki, S., Suzuki, K., Sockrithy, I. and Rachna, C.: Ecological significance of *Barringtonia*-dominant woodland around Lake Tonle Sap, Cambodia: An evaluation by herbaceous water-plants' distribution. International Conference on Forest Environment in Continental River Basins, with a Focus on the Mekong River, Sunway Hotel, Phnom Penh, Cambodia (2005.12)
- (58) Araki, Y., Powkhy, D., Hirabuki, Y., Rachna, C., Tsukawaki, S., Tomita, M. and Suzuki, K.: Vegetation structure and regeneration characteristics of *Barringtonia acutangula* on the floodplain of Lake Tonle Sap, Cambodia. International Conference on Forest Environment in Continental River Basins, with a Focus on the Mekong River, Sunway Hotel, Phnom Penh, Cambodia (2005.12)
- (59) 荒木祐二, 平吹喜彦, Powkhy, D., 塚脇真二, Rachna, C., Sockrithy, I., 富田瑞樹, 鈴木邦雄: カンボジア・トンレサップ湖の氾濫原植生: 季節的な水位変動とヒトの利用の空間で. 国際湿地再生シンポジウム, 大津市 (2006.1)
- (60) 荒木祐二, Powkhy, D., 平吹喜彦, Rachna, C., 塚脇真二, 富田瑞樹, 鈴木邦雄: 季節的な水位変動が著しいトンレサップ湖氾濫原において優先する *Barringtonia acutangula* の生態的特性. 第53回日本生態学会大会, 新潟大学 (2006.3)
- (61) Asada, C., Nakamura, Y., and Kobayashi, F.: Production of high functional materials from woody biomass waste, Proceeding of APBioChEC 2005, P1-033, 1-4, Asia Pacific BioChemical Engineering Conference, Jeju Island, Korea (2005.5)
- (62) Nakamura, Y., Kobayashi, F., Take, H., and Kurosumi, A.: Development of production process of energy and chemicals from softwood biomass, Proceeding of IAWPS, 2, 261-262, International Conference on Solid Waste Technology and Management 2005, Yokohama, Japan (2005.11)
- (63) Kobayashi, F., Asada, C., and Nakamura, Y.: Treatment system for phytoremediation and recovering iron and copper from contaminated soil using *Phytolacca americana*, Proceeding of 7th WCChE, C13-009, 1-8, 7th World Congress of Chemical Engineering, Glasgow, UK (2005.7)
- (64) Nakamura, Y., Kobayashi, F., Take, H., and Asada, C.: Development and application of waste reduction method for effective conversion of utilized plant biomass, Proceeding of 21st ICSWTM, 1059-1067, 21st International Conference on Environmental Biotechnology and Engineering Applied Microbiology, Philadelphia, USA (2006.3)

・招待講演

- (1) Tsukawaki, S.: Introduction and Research activities of the EMSB and EMSB-u32 Teams in Lake Tonle Sap, Cambodia in 2003-2005. Seminar on the Results from Scientific Research on Environmental Treats over Cambodian Cultural Legacy of Angkor Area, Office of the Council of Ministers, Phnom Penh, Cambodia (2005.12)
- (2) Tsukawaki, S. and Sotham, S.: Formation of the present natural environment on Lake Tonle Sap and the lower courses of the Mekong River system in Cambodia, geological history of Cambodia during the last 20,000 years. Seminar on the Results from Scientific Research on Environmental Treats over Cambodian Cultural Legacy of Angkor Area, Office of the Council of Ministers, Phnom Penh, Cambodia (2005.12)
- (3) Ishikawa, T., Oyagi, H., Ohtaka, A., Narita, T., Sim, I. and Tsukawaki, S.: Primary production in Lake Tonle Sap. Seminar on the Results from Scientific Research on Environmental Treats over Cambodian Cultural Legacy of Angkor Area, Office of the Council of Ministers, Phnom Penh, Cambodia (2005.12)
- (4) Furuuchi, M., Murase, T., Tsukawaki, S., Sotham, S., Peou, H. and Sakai, K.: Air Pollution in Angkor Monuments Area in Cambodia. Seminar on the Results from Scientific Research on Environmental Treats over Cambodian Cultural Legacy of Angkor Area, Office of the Council of Ministers, Phnom Penh, Cambodia (2005.12)
- (5) Tsukawaki, S.: A Present State of Pollution and Destruction of Natural Environment in the Angkor Monumnet Area, Cambodia - Montoring and Evaluation - New Research Programme, Seminar on the Results from Scientific Research on Environmental Treats over Cambodian Cultural Legacy of Angkor Area, Office of the Council of Ministers, Phnom Penh, Cambodia (2005.12)

6) 研究交流

・共同研究

- (1) 岩坂泰信，中国科学院大気物理研究所 国際プロジェクト ADOES(Asian Dust and Ocean Ecosystem)/SOLAS の共同推進
- (2) 岩坂泰信，韓国気象研究院 国際プロジェクト ABC (Anthropogenic Brown Cloud) に連携した日韓共同気球実験の実施

・海外渡航

- (1) 岩坂泰信，インドネシア，アジアヨーロッパ環境フォーラムに出席 (2005.11)
- (2) 岩坂泰信，中国，第3回国際ワークショップ (International Workshop on Sandstorm and Associated Dust Fall) 出席 (2005.8)
- (3) 岩坂泰信，中国，長白山環境モニタリング計画予備調査 (2005.8)
- (4) 岩坂泰信，中国，第1回アジアダストと海洋生態系ワークショップに出席 (2005.10)
- (5) 岩坂泰信，インド，第4回アジアエアロゾル会議出席 (2005.12)
- (6) 岩坂泰信，中国，長白山環境モニタリング計画予備調査および延辺大学でのシンポジウム出席 (2006.1)
- (7) 木村繁男，トルコ，アンタルヤ，国際地熱会議 (2005.4)

- (8) 木村繁男, 韓国, 大田, 招待講演, K A I S T (2006.2)
- (9) 塚脇真二, タイ, 南タイのスマトラ地震津波堆積物調査 (2005.4)
- (10) 塚脇真二, カンボジア, トンレサップ湖南部における生物多様性維持機構調査(2005.5-6)
- (11) 塚脇真二, カンボジア, トンレサップ湖南部における生物多様性維持機構調査 (2005.7-8)
- (12) 塚脇真二, タイ, ゴムプランテーション大気汚染調査 (2005.9-10)
- (13) 塚脇真二, タイ, スマトラ地震津波調査 (2005.9-10)
- (14) 塚脇真二, カンボジア, トンレサップ湖における生物多様性維持機構調査 (2005.9-10)
- (15) 塚脇真二, ラオス, 第2回エコトーン・フェイス ワークショップ, ならびに第4回東南アジア生物特別保護区ネットワーク会議 (2005.9-10)
- (16) 塚脇真二, カンボジア, トンレサップ湖における生物多様性維持機構調査国際シンポジウム (2005.11-12)
- (17) 塚脇真二, カンボジア, トンレサップ湖における生物多様性維持機構調査 (2005.11-12)
- (18) 塚脇真二, タイ, スマトラ地震津波堆積物調査(2006.2-3)
- (19) 塚脇真二, タイ, ゴムプランテーション周辺の大気汚染調査(2006.2-3)
- (20) 塚脇真二, カンボジア, トンレサップ湖における生物多様性維持機構調査 (2006.2-3)
- (21) 小林史尚, 英国, 第7回世界化学工学会 (World Congress of Chemical Engineering) (2005.7)

・訪問外国人研究者

- (1) Dr. D. Trochkine, Russia Academy (2006.3)
- (2) 石 広玉, 中国科学院大気物理研究所教授 (2005.5)
- (3) 洪 天祥, 光州科学技術研究院研究員 (2005.6)
- (4) Michael Vynnycky, Associate Professor, Faxen Laboratory, Department of Mechanics Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden, 国際ワークショップ「流体力学でビジネスは可能か」 (2005.10)
- (5) Robert McKibbin, Professor of Applied Mathematics & Head of Institute of Information and Mathematical Sciences Massey University, Albany Campus, New Zealand, 「樹木からの花粉の拡散に関する渦拡散係数の評価」 (2006.3)
- (6) Sharleen Cooper, PhD student, Institute of Information and Mathematical Sciences Massey University, Albany Campus, New Zealand, 「大気中に放出された粒子状汚染物質の輸送と拡散・沈降過程」 (2006.3)
- (7) Michael Vynnycky, Associate Professor, Faxen Laboratory, Department of Mechanics Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden, 「自然対流に関する研究」(日本学術振興会外国人招聘研究者(長期)) (2006.2-11)

7) 各種活動

・学会活動

岩坂泰信: 日本気象学会 機関誌 SOLA 編集委員, アジアエアロゾル研究協議会 会長
 木村繁男: 日本機械学会北陸信越支部庶務幹事, 日本流体力学会代議員, 日本機械学会流体工学部門講演会実行委員長, 日本機械学会北陸信越支部「北陸流体工学研究会」幹事, JSME Int. Journal 'Environmental Fluid Flows' 特集号編集委員長 A member of International Editorial Board of

“Transport in Porous Media”

塚脇真二：日本応用地質学会中部支部評議員

・社会活動

岩坂泰信：環境省 黄砂問題検討会 座長，環境省 オゾン層保護検討会 科学分科会 委員，文部科学省 南極地域観測推進統合本部委員，財団法人環境創造センター 理事，みなと振興財団 運営委員，国立極地研究所 運営協議委員，国立総合地球環境科学研究所 評価委員，住友財団 評価委員，海洋科学技術開発機構 フロンティア研究センター 評価委員

木村繁男：泉ヶ丘高等学校生（SSH）に対する数値解析に関する特別授業（2005.10）

塚脇真二：金沢市教育委員会平成17年度中学校理科学教育専門家招聘事業講師「地層と化石の観察（サマースクール理科1年）」金沢市立犀生中学校，金沢市教育委員会平成17年度中学校理科学教育専門家招聘事業講師「地層と化石」金沢市立大徳中学校，カンボジア王国閣僚評議会招待セミナー「トンレサップ湖とアンコール遺跡の環境汚染の現状と今後の対策」，カンボジア国立教育学研究所特別講義「トンレサップ湖の歴史」

陰地章仁：金沢市教育委員会平成17年度中学校理科学教育専門家招聘事業講師「地層と化石の観察（サマースクール理科1年）」金沢市立犀生中学校，金沢市教育委員会平成17年度中学校理科学教育専門家招聘事業講師「地層と化石」金沢市立大徳中学校

小林史尚：北陸ライフクラスター研究会学術会員，金沢大学「角間の里山自然学校」里山研究員

生物多様性研究部門

1) 学術論文

- (1) Akaishi Daisuke & Nakamura Koji: Seasonal occurrence and food resources of *Muscina angustifrons* (Loew) in a temperate broad-leaved secondary forest in Kanazawa, Japan. *Med. Entomol. Zool.* 56, 135-137 (2005).
- (2) 赤石大輔・鎌田直人・中村浩二：コナラ・アベマキ二次林におけるカシノナガキクイムシの初期加害状況 日本森林学会誌 88, 印刷中 (2005).
- (3) Amin Setyo LEKSONO, Nakagoshi Nobukazu, Takada Kenta and Nakamura Koji: Vertical and seasonal variation in the abundance and the species richness of Attelabidae and Cantharidae (Coleoptera) in a suburban mixed forest. *Entomological Science* 8, 235-243 (2005).
- (4) Amin Setyo LEKSONO, Kenta TAKADA, Shinsaku KOJI, Nobukazu NAKAGOSHI, Tjandra ANGGRAENI and Koji NAKAMURA: Vertical and seasonal distribution of flying beetles in a suburban temperate deciduous forest collected by water pan trap. *Insect Science* 12, 199-206 (2005).
- (5) Kholin, S.K., Storozhenko, S.Yu., Sidorenko, V.S., Lafer, G.Sh. & Tanabe, S.: The ground beetles (Coleoptera: Carabidae) assemblages on the Muravjev-Amursky peninsula, Russian Far East. *Far Eastern Entomologist* 156, 1-11 (2005).
- (6) Koji Shinsaku and Nakamura Koji Seasonal fluctuation, age structure and annual changes

- in a population of *Cassida rubiginosa* (Coleoptera: Chrysomelidae) in a natural habitat. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 99, 292-299 (2006).
- (7) Takada, Kenta, Shoji Takaba & Koji Nakamura: Seasonal occurrence and spatial distribution of some latridiid species (Latridiidae, Coleoptera) on the Kakuma Hills, Kanazawa, Japan. *Elytra* 33, 433-441 (2005).
- (8) Katsuyama, H., Otsuki, T., Tomita, M., Fukunaga, M., Fukunaga, T., Suzuki, N., Saijoh, K., Fushimi, S. and Sunami S.: Menaquinone-7 regulates the expressions of osteocalcin, OPG, RANKL and RANK in osteoblastic MC3T3E1 cells. *Int. J. Mol. Med.*, 15: 231-236 (2005)
- (9) Yoshikubo, H., Suzuki, N., Takemura, K., Hosono, M., Yashima, S., Iwamuro, S., Takagi, Y., Tabata, M.J. and Hattori, A.: Osteoblastic activity and estrogenic response in the regenerating scale of goldfish, a good model of osteogenesis. *Life Sci.*, 76: 2699-2709 (2005)
- (10) Numoto, N., Nakagawa, T., Kita, A., Sasayama, Y., Fukumori, Y. and Miki, K.: Crystallization and preliminary X-ray crystallographic analysis of extracellular giant hemoglobin from pogonophoran *Oligobranchia mashikoi*. *Biochim. Biophys. Acta*, 1750: 173-176 (2005)
- (11) Numoto, N., Nakagawa, T., Kita, A., Sasayama, Y., Fukumori, Y. and Miki, K.: Structure of an extracellular giant hemoglobin of the gutless beard worm *Oligobranchia mashikoi*. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 102:14521-14526 (2005)
- (12) 北村敬一郎, 鈴木信雄, 瀬川泰子, 服部淳彦, 根本 鉄, 清水宣明, 和田重人, 近藤 隆: 骨粗鬆症予防に関する基礎的検討: 低強度超音波刺激によるキングヨのウロコの骨芽細胞及び破骨細胞活性への影響. 第20回生体・生理工学シンポジウム論文集, 209-212 (2005)
- (13) Suzuki, N., Tabata, M.J., Kambegawa, A., Srivastav, A.K., Shimada, A., Takeda, H., Kobayashi, M., Wada, S., Katsumata, T. and Hattori, A.: Tributyltin inhibits osteoblastic activity and disrupts calcium metabolism through an increase in plasma calcium and calcitonin levels in teleosts. *Life Sci.*, 78: 2533-2541 (2006)
- (14) Mita, M., Deguchi, M. and Sasayama, Y.: Lipid composition of the trophosome in the beard worm, *Oligobranchia mashikoi* (Pogonophora). *J. Mar. Biolog. Assoc. U.K.*, 86: 283-286 (2006)
- (15) Kobayashi, F., Daidai, M., Suzuki, N. and Nakamura, Y.: Degradation of phenol in seawater using novel microorganism isolated from the intestine of *Aplysia kurodai*. *Int. Biodeterior. Biodegradation*, in press
- (16) Wada, S., Tazawa T., Suzuki, N., Furuta, I. and Nagano, I.: Pulp ablation therapy by inductive heating: Heat generation characteristics in the pulp cavity. *Oral Dis.*, in press
- (17) Somei, M., Iwaki, T., Yamada, F., Tanaka, Y., Shigenobu, K., Koike, K., Suzuki, N. and Hattori, A.: An ideal synthetic method aimed at the leads for a β_2 -blocker, an inhibitor of blood platelet aggregation, and an anti-osteoporosis agent. *Heterocycles*, in press

2) 総説・資料・報告書

- (1) 中野真理子, 木下栄一郎, 植田邦彦: 交雑起源種トウカイコモウセンゴケにみられる生活史戦略の多様性. 生物の科学・遺伝 59, 44-49 (2005).
- (2) 鈴木信雄: 魚類のカルシトニンの特徴. Clinical Calcium, 15: 459-466 (2005)
- (3) 服部淳彦, 鈴木信雄, 染井正徳: メラトニンUp to Date - 骨とメラトニン. 日本抗加齢医学会雑誌, 2: 78-86 (2006)

3) 著書

- (1) 笹山雄一, 鈴木信雄: カルシトニン, カルシトニン関連ペプチド, 副甲状腺ホルモン, 副甲状腺ホルモン関連蛋白及びそれらの受容体. 新ホルモンハンドブック, 南江堂, 東京, 印刷中

4) 学術発表

- (1) Akaishi Daisuke and Koji Nakamura. Comparative study of mycophagous fly communities between two different altitude zones in Ishikawa, Japan. 4th International Symposium of Kanazawa University 21 Century COE Program/IICRC Promoting Environment Research in Pan-Japan Sea Area. (March, 2006).
- (2) Ida Kinasih & Koji Nakamura. Change in the Diversity and Structure of Soil and Litter Animal during the Restoration of Satoyama in Kanazawa, Japan. 2nd Scientific Congress of East Asian Federation of Ecological Societies, Niigata (March 2006).
- (3) Indah Trisnawati & Koji Nakamura. Changes in the diversity and structure of Diptera communities during the restoration of *satoyama* in Kanazawa, Japan. The 53rd Meeting of Ecological Society of Japan, Niigata (March 2006).
- (4) 菊池知子, 中村浩二. 里山の棚田復元に伴う水田の昆虫類・クモ類の変化について. 日本生態学会第 53 回大会, 新潟 (2006, 3).
- (5) 木村一也, 田辺慎一, 大脇 淳, 中村浩二. 里山林の分断化が鳥による種子散布パターンに及ぼす影響: 果実の豊凶と鳥飛来数の関係. 日本生態学会第 53 回大会, 新潟 (2006, 3).
- (6) Kimura, K. Tanabe, S. and Nakamura, K. Frugivorous bird distribution in relation to fruit abundance of secondary forests in the Japan sea coast side of central Japan. 4th International Symposium of the Kanazawa University 21st-Century COE Program "Promoting Environmental Research in Pan-Japan Sea Area", Kanazawa (March, 2006).
- (7) Linawati and Koji Nakamura: Change in the diversity and structure of ground arthropod communities during the restoration of satoyama. The XXII IUFRO World Congress, 8-13, Brisbane Convention and Exhibition Centre, Brisbane, Queensland, Australia (August 2005).
- (8) Linawati and Koji Nakamura. Change in the diversity and structure of ground beetle assemblages (Coleoptera, Carabidae) during the restoration of a satoyama in Kanazawa. 22nd Symposium of Society of Population Ecology. Biodiversity and population ecology: Spreads of invasive species and influences of human disturbance on biodiversity. Society for Population Ecology, Kaga (Oct., 2005).

- (9) 中村浩二 . 『里山の自然から見た北陸地域の環境問題』 . 第 1 回大学連携ライフサイエンスセミナー . 石川県産業創出支援機構 (ISICO) . 石川県立大学 (2005.07).
- (10) 中村浩二 . 『石川県の里山生態系 : 管理による生物多様性保全』 . 「里山と水辺環境を守るための協働シンポジウム」 . 珠洲市野々江町「JA すずし会館」(2005.09).
- (11) 中村浩二 . 『里山が守る生物多様性』 . 農業環境工学関連 7 学会 2005 年合同大会 合同シンポジウム ? 市民開放? 「中山間地域の活性化に果す農業環境工学の役割」 . 金沢市市民ホール (2005.09).
- (12) 中村浩二 . 『石川の里山 : 生物多様性と問題点』 . "第 4 回北陸現地ワークショップ in 金沢「加賀の風土」 ~ 水と生き物を考える」 . 応用生態工学会 . 金沢市観光会館 (2005.11).
- (13) 中村浩二 . 『石川県の里山問題 : 能登半島にトキは復活するか』 . 野生生物保護学会公開シンポジウム「野生生物保護の可能性と未来」 . 野生生物保護学会 . 金沢工業大学 (2005.11).
- (14) 中村浩二 . 「大学と地域をつなぐ , 『角間の里』 から加賀・能登の里山へ」 . 朝日・大学パートナーズシンポジウム「人をつなぐ 未来をひらく 大学の森—里山を『いま』に生かす」 . 朝日新聞社・金沢大学・龍谷大学 . 金沢大学・龍谷大学(2005.12).
- (15) Nakamura Koji. "Experiences of Satoyama Conservation in Southeast Asia and Japan. Ishikawa International Cooperation Research Centre (IICRC) (いしかわ国際協力研究機構 , IICRC) . 第 2 回いしかわラウンドテーブル・セミナー「里山の保全 : 東南アジアと日本の経験」 . 角間の里(2005.10).
- (16) Nakamura Koji. Satoyama problems in Ishikawa Prefecture: Biodiversity Research, Conservation and Regional Cooperation. First Ishikawa Roundtable Seminar on "Responsive Institutions and Sustainable Development" . 金沢市 (いしかわ国際協力研究機構 , IICRC) (2005.04).
- (17) Nakamura Koji. Biodiversity in satoyama: monitoring, assessment and conservation in the Pan-Japan Sea. 第 3 回「東北アジア環境保護回復」国際学術会議 . 主催 : 延辺大学都市環境生態研究所 , 延辺大学分析測定中心 , 共催 : 金沢大学自然計測応用研究センター , 金沢大学 21 世紀 COE プログラム「環日本海域の環境計測と長期・短期変動予測」 . 延辺大学(中国 吉林省 延吉市) (2006.1).
- (18) Nakamura Koji. Conservation and Restoration Efforts of Satoyama in Ishikawa Prefecture, Japan. In "Conservation of Satoyama (Traditional Rural Landscape): Cases from Ishikawa, Japan and Parana, Brazil" . Eighth Ordinary Meeting of the Conference of the Parties to the Convention on Biological Diversity (COP 8) 生物多様性条約第 8 回締約国会議 , 2006.3.20? 3.31 , クリチバ市 (ブラジル) (2006.3).
- (19) Nakamura Koji. Introduction to Session II. Effects of habitat changes caused by human activities on species populations and its management. 22nd Symposium of Society of Population Ecology. Biodiversity and population ecology: Spreads of invasive species and influences of human disturbance on biodiversity. Society for Population Ecology, Kaga (Oct., 2005).
- (20) 中野真理子・木下栄一郎 . 多回繁殖を行う短命多年生草本トウカイコモウセンゴケの種子異型性 . 日本生態学会第 53 回大会 , 新潟 (2006, 3).
- (21) Ohwaki, A., Tanabe, S., Kimura K. and Nakamura, K. The Effects of Anthropogenic

- Disturbances on the Butterfly Assemblage in An Urban Green Area: Monitoring The Decrease and Recovery from 1990 to 2005 in Kanazawa Castle Park, Japan. 4th International Symposium of the Kanazawa University 21st-Century COE Program "Promoting Environmental Research in Pan-Japan Sea Area", Kanazawa (March, 2006).
- (22) PUTRA, R.E. and Nakamura, Koji. Effects of Satoyama Restoration on Pollination System in Terraced Paddies in Kanazawa. 22nd Symposium of Society of Population Ecology. Biodiversity and population ecology: Spreads of invasive species and influences of human disturbance on biodiversity. Society for Population Ecology, Kaga (Oct., 2005).
- (23) Putra, Ramadhani Eka & Koji Nakamura. Effects of Satoyama Restoration on Pollination System in Terraced Paddies in Kanazawa. 4th International Symposium of Kanazawa University 21th Century COE Program / IICRC "Promoting Environment Research in Pan-Japan Sea Area". 2. 4th International Symposium of Kanazawa University 21 Century COE Program/IICRC Promoting Environment Research in Pan-Japan Sea Area. (March, 2006).
- (24) Putra, Ramadhani Eka & Koji Nakamura. Plant-pollinators relationship in restored Satoyama paddy fields in Kanazawa, Japan. The 53rd Meeting of Ecological Society of Japan, Niigata (March, 2006).
- (25) Ramadhani Eka Putra and Koji Nakamura. Plant-pollinators relationship in restored satoyama paddy fields in Kanazawa, Japan. The 53rd Meeting of Ecological Society of Japan, Niigata (March, 2006).
- (26) Tanabe, S., Kimura, K., Ohwaki, A. and Nakamura, K. Effects of forest fragmentation on flower abortion, predispersal acorn predation and acorn production in a temperate deciduous oak (*Quercus serrata*): a comparison between mast and non-mast years. 4th International Symposium of the Kanazawa University 21st-Century COE Program "Promoting Environmental Research in Pan-Japan Sea Area", Kanazawa (March, 2006).
- (27) 田辺慎一・木村一也・大脇淳・中村浩二．分断化がコナラの受粉効率と散布前堅果捕食に及ぼす影響：豊凶年度間の比較．日本生態学会第 53 回大会，新潟（2006，3）．
- (28) Utsunomiya Daisuke and Koji Nakamura . Effects of anthropogenic disturbances on the biodiversity and pollination system in Kanazawa Castle Park. Session II. Effects of habitat changes caused by human activities on species populations and its management. 22nd Symposium of Society of Population Ecology. Biodiversity and population ecology: Spreads of invasive species and influences of human disturbance on biodiversity. Society for Population Ecology, Kaga (Oct., 2005).
- (29) 山口順司・小藤累美子・植田邦彦・木下栄一郎．手取川水系に生育するオオミズヒキモの形態と生活史．日本植物学会第 69 回大会，富山（2005，9）．
- (30) 鈴木信雄，服部淳彦：酢酸トリブチルスズはカルシウム代謝を攪乱する．平成17年度日本水産学会大会，東京（2005，4）
- (31) 鈴木信雄，柿川真紀子，橋本松進，山田外史，北村敬一郎，服部淳彦，岩坂正和，上野照剛磁界と骨代謝に関する研究：魚のウロコを用いたモデル系による解析．日本生体医工学第44回大会，

- シンポジウム：電磁場環境と生体影響に関する最近の動向，つくば（2005，4）（招待講演）
- (32) Suzuki, N.: Physiological role of calcitonin in cartilaginous fish and cyclostomes. The 5th International Satellite Symposium on the Comparative Endocrinology of Calcium Regulation. Second Joint Meeting of the European Calcified Tissue Society and the International Bone and Mineral Society, Switzerland, (2005, 6), Bone 36: S467-S468 (2005)
（招待講演）
- (33) Suzuki, N., Yashima, S., Iwamuro, S. and Hattori, A.: Physiological role of melatonin in the scale of teleost. Second Joint Meeting of the European Calcified Tissue Society and the International Bone and Mineral Society, Switzerland, (2005, 6), Bone 36: S302 (2005)
- (34) 鈴木信雄，坂本竜哉，池亀美華，山本敏男，高橋明義，森山俊介，川内浩司，服部淳彦：プロラクチンはキンギョのウロコに存在する破骨細胞の活性を抑制する．第76回日本動物学会，つくば（2005，9），Zool. Sci., 22: 1498 (2005)
- (35) 八島さやか，岩室祥一，鈴木信雄，服部淳彦：繁殖期の雌キンギョにおけるウロコ内メラトニン濃度とその動き．第76回日本動物学会，つくば（2005，9），Zool. Sci., 22: 1498-1499 (2005)
- (36) 小林雅樹，東恭一，鈴木信雄，服部淳彦，中村正久：キンギョの破骨細胞マーカー，TRAP，カテプシンKのcDNAクローニング．第76回日本動物学会，つくば（2005，9），Zool. Sci., 22: 1499 (2005)
- (37) 東恭一，服部淳彦，鈴木信雄，中村正久：魚類破骨細胞の分化・活性化に関わるTimp-2遺伝子の発現調節．第76回日本動物学会，つくば（2005，9），Zool. Sci., 22: 1499 (2005)
- (38) 西村明紘，菊山榮，鈴木信雄，原正幸，服部淳彦：キンギョのウロコにおける破骨細胞の誘導及び多核化過程で発現する特異的遺伝子の解析．第76回日本動物学会，つくば（2005，9），Zool. Sci., 22: 1499 (2005)
- (39) 出口真理子，久保田憲宏，松野あきら，金森正明，福森義宏，笹山雄一：有鬚動物マシコヒゲムシにおけるバクテリオサイト(BC)の視覚化．第76回日本動物学会，つくば（2005，9），Zool. Sci., 22: 1432-1433 (2005)
- (40) 角明子，笹山雄一：有鬚動物と環形動物の脳に分布するカルシトニン免疫陽性細胞．第76回日本動物学会，つくば（2005，9），Zool. Sci., 22: 1433 (2005)
- (41) 山田哲也，笹山雄一，松野あきら，福森義宏，金森正明：有鬚動物マシコヒゲムシの宿主細胞と共生細菌とのクロストーク：細胞構造学的観察．第76回日本動物学会，つくば（2005，9），Zool. Sci., 22: 1444 (2005)
- (42) 砂田聡，鈴木信雄，柿川真紀子，橋本松進，山田外史，北村敬一郎，服部淳彦，岩坂正和，上野照剛：破骨・骨芽細胞の活性における交流磁界効果．平成17年度電気関係学会北陸支部連合大会，石川（2005，9）
- (43) 鈴木信雄，北村敬一郎，瀬川泰子，根本鉄，清水宣明，和田重人，近藤隆，井尻憲一，服部淳彦：メカニカルストレスの骨芽・破骨細胞に対する作用：ウロコを骨のモデルとした解析．第30回日本比較内分泌学会，熊本（2005，11），Proc. Japan Soc. Comp. Endocrinol., 20:28 (2005)

- (44) 勝又敏行, 岡崎三代, 鈴木信雄, 服部淳彦: キンギョのウロコにおけるヘパラン硫酸プロテオグリカンの解析. 第30回日本比較内分泌学会, 熊本(2005,11), Proc. Japan Soc. Comp. Endocrinol., 20:29 (2005)
- (45) 杉浦領, 東恭一, 小林雅樹, 中村正久, 鈴木信雄, 服部淳彦. キンギョの破骨細胞に対するメラトニンの作用: 破骨細胞誘導系を用いた解析. 第30回日本比較内分泌学会, 熊本(2005,11), Proc. Japan Soc. Comp. Endocrinol., 20:30 (2005)
- (46) 八島さやか, 岩室祥一, 鈴木信雄, 服部淳彦: 卵黄形成期にキンギョのウロコで合成されるメラトニンとその役割. 第30回日本比較内分泌学会, 熊本(2005,11), Proc. Japan Soc. Comp. Endocrinol., 20:31 (2005)
- (47) 鈴木信雄, 服部淳彦: トリプチルスズはカルシウム代謝を攪乱する. 第5回カルシトニン/副甲状腺ホルモン研究会, 東京(2005, 12), 「第5回カルシトニン/副甲状腺ホルモン研究会」要旨集, 株式会社メド・ウイズ, 東京, p35
- (48) 鈴木信雄, 染井正徳, 関あづさ, 服部淳彦: 新規メラトニン誘導体の破骨細胞及び骨芽細胞に対する作用. 第126回日本薬学会, 仙台(2006, 3)
- (49) 染井正徳, 山田文夫, 岩木貴子, 服部淳彦, 鈴木信雄, 重信弘毅, 田中芳夫: 独自の合成哲学に基づく創薬研究: 有望な対骨粗鬆症, α_2 -ブロッカー等の知的財産の創造. 第126回日本薬学会, 仙台(2006, 3)
- (50) 照内友也, 杉山稔恵, 八木敬広, 鈴木信雄, 楠原征治: 鶏カルシトニン受容体遺伝子の解析と発現. 第106回日本畜産学会, 福岡(2006, 3)

・受賞等

- (1) 鈴木信雄: 財団法人 中部電力基礎技術研究所研究助成(90万円), 魚のウロコを用いた 磁場による新規骨疾患治療システムの研究開発 (2006, 3)

5) 研究交流

・共同研究

- (1) 木村一也: 種子散布研究会および「みのりプロジェクト」(種子分散全国一斉調査ネットワーク)
- (2) 木下栄一郎: マムシグサにおける父性繁殖成功度の集団間変異に関する研究(独立行政法人国立環境研究所生態遺伝研究室)
- (3) 中村浩二: 西太平洋・アジア生物多様性研究機構(DIWPA)/国際生物多様性観測年(IBOY)
- (4) 中村浩二: 鴨池総合研究(加賀市鴨池観察館, 金沢工大, 北陸先端大, 国立歴史民俗学博物館)
- (5) 中村浩二: 環日本海? 北陸地域の里山生態系の生態と保全(韓国・韓南大学, 韓国・モッポ大学, ロシア科学アカデミー, 石川県立大)
- (6) 中村浩二: インドネシアにおける昆虫類の多様性と個体群長期動態(インドネシア科学院, バンドン工科大学: アンダラス大学, スカラム農業技術試験場, 英国オックスフォード大学)
- (7) 中村浩二: インドネシア・西スマトラ州のチョウ類の生態と保全(アンダラス大学, 広島修道大学)

- (8) 中村浩二：金沢城公園の生態系における生物多様性の保全（河北潟湖沼研究所，環境公害研究センター）
- (9) 田辺慎一：ミズナラを取り巻く生物群集をモデル系とした生物多様性インベントリーと生態的分類（北海道大学）
- (10) 田辺慎一：持続的森林利用オプションの評価と将来像（総合地球環境学研究所）
- (11) 笹山雄一：タイ・バンコク郊外におけるメダカの雌雄性を指標にした環境汚染の研究，国立スリナカリンウイロット大学（タイ）Dr. Wichian Magtoon
- (12) 笹山雄一：マシコヒゲムシ栄養体のバクテリオサイト微細構造の研究，島根大学生物資源科学部教授 松野あきら氏
- (13) 笹山雄一：マシコヒゲムシ栄養体の脂肪酸組成の研究，東京学芸大学教授 三田雅敏氏
- (14) 笹山雄一：特殊な生理機能を有する海産無脊椎動物のデータベースの構築，広島大学理学部教授 道端齊氏
- (15) 鈴木信雄：魚類の副甲状腺ホルモンに関する研究，メルボルン大学（オーストラリア）Prof. T. John Martin, Dr. Janine A. Danks
- (16) 鈴木信雄：魚類のカルセミックホルモン（カルシトニン，ビタミン D，スタニオカルシン）に関する研究，ゴラクプール大学（インド）Dr. Ajai K. Srivastav
- (17) 鈴木信雄：メラトニンの骨代謝に関する研究，東京医科歯科大学教授 服部淳彦氏
- (18) 鈴木信雄：重金属の骨芽・破骨細胞に及ぼす影響：ウロコのアッセイ系による解析，国立水俣病研究センター主任研究員 山元恵氏
- (19) 鈴木信雄：ニワトリのカルシトニンレセプターのクローニングとその発現に関する研究，新潟大学農学部教授 楠原征治氏，同助手 杉山稔恵氏
- (20) 鈴木信雄：ウロコの破骨細胞に関する研究，岡山大学大学院医歯学総合研究科教授 山本敏男氏，同助教授 池亀美華氏
- (21) 鈴木信雄：プロラクチンの骨組織に対する作用，岡山大学理学部附属臨海実験所教授 坂本竜哉氏，北里大学水産学部教授 川内浩司氏，同助教授 高橋明義氏，同助教授 森山俊介氏
- (22) 鈴木信雄：再生ウロコに関する研究，北海道大学大学院水産科学研究院教授 都木靖章氏，鹿児島大学大学院医歯学総合研究科助教授 田畑純氏
- (23) 鈴木信雄：円口類と軟骨魚類のカルシトニンの構造決定，東京大学海洋研究所教授 竹井祥郎氏，同助教授 兵藤晋氏
- (24) 鈴木信雄：交流磁場の骨代謝に及ぼす影響，東京大学大学院医学系研究科教授 上野照剛氏，千葉大学工学部助教授 岩坂正和氏
- (25) 鈴木信雄：魚類の鰓後腺に存在するエストロゲンレセプターに関する研究，早稲田大学教育学部教授 菊山榮氏，早稲田大学人間総合研究センター研究員 山本和俊氏
- (26) 鈴木信雄：ヒラメの初期発生におけるカルシトニンの作用，東北大学農学研究科教授 鈴木徹氏，独立行政法人水産総合研究センター養殖研究所発育制御チーム長 黒川忠英氏
- (27) 鈴木信雄：脂肪酸の石灰化に対する作用，富山医科薬科大学 和漢薬研究所教授 浜崎智仁氏
- (28) 鈴木信雄：超音波の骨代謝に及ぼす影響，富山医科薬科大学医学部教授 近藤隆氏，同大学医学部講師 和田重人氏
- (29) 鈴木信雄：ウロコの破骨細胞で発現している遺伝子の解析，早稲田大学教育学部教授 中村正久氏

- (30) 鈴木信雄：重力及び微小重力の骨組織に対する作用，東京大学 アイソトープ総合センター 助教授 井尻憲一氏
- (31) 鈴木信雄：歯の石灰化に関する研究，高知学園短期大学教授 三島弘幸氏
- (32) 鈴木信雄：静磁場の骨代謝に及ぼす影響，独立行政法人 物質・材料研究機構 強磁場研究センター 研究員 廣田憲之氏，同研究センター 特別研究員 木村史子氏

・海外渡航

- (1) 中村浩二：ドイツ黒森・環境都市スタディツアー（ドイツ・フライブルグ市，フランス・ストラスブール市等）（2005.9-10）
- (2) 中村浩二・田辺慎一・R. E. Putra・菊池知子：生物多様性に関する国際トレーニングコース出席の組織・出席（インドネシア科学院生物学研究所動物学部門）（2005.12）。
- (3) 中村浩二：第3回「東北アジア環境保護回復」国際学術会議及び環日本海の里山の生物多様性調査（予備視察）（延辺大学，中国吉林省延吉市）

・訪問外国人研究者

- (1) Nusyirwan Hasan（インドネシア，国立スカラミ農業技術研究所研究員），日本学術振興会論博事業による研究指導（課題名：スマトラの高原における食葉性テントウムシの個体群の長期動態）（2005.6-12）。
- (2) Sei-Woong Choi（韓国，モッポ大学助教授），日韓の里山の生物多様性比較研究のための研究打合せ（2005.6）。
- (3) Amin Setyo Leksono（インドネシア，ブラビジャヤ大学，講師，広島大学博士課程留学中），里山の生物多様性調査に関する研究打合せ（2005.8）。
- (4) 朱衛紅（中国，延辺大学，講師，現在，京都大学で日本学術振興会外国人特別研究員として滞在中），日中の里山比較研究のための研究会。
- (5) Thomas Rainus（スウェーデン，スウェーデン農科大学，講師），個体群生態学に関する研究打合せ（2005.10）。
- (6) Gulay Chetinkaya（トルコ国籍，日本学術振興会外国人特別研究員）。研究課題名：北陸の里山生態系における生物多様性：現状，問題点および保全・活用に向けての提言（2005.11.1? 2007.10.31）。
- (7) Turker Altan（トルコ，Cukurova 大学教授），トルコ及び日本の里山に関する研究打合せ（2006.2）。

6) 各種活動

・学会活動

中村浩二：日本熱帯生態学会評議員・編集委員，日本昆虫学会評議員
 木下栄一郎：植物地理・分類学会庶務幹事
 笹山雄一：日本動物学会中部支部長
 鈴木信雄：日本動物学会中部支部地区委員

・社会活動

中村浩二：(国土交通省北陸地方整備局)利賀ダム環境検討委員会，手取川水系流域委員会委員，(石川県)石川県環境審議会委員，石川県犀川水系流域委員会委員，白山地域自然保護懇話会委員，いしかわ自然学校長アドバイザー会議委員，希少種・外来種問題検討会，いしかわレッドデータブックフォローアップ調査委員会委員長，いしかわレッドデータブック県民参加調査計画検討委員会，石川県河川整備計画検討委員会，千里浜海岸保全対策検討委員会，砂浜海岸の生態的基礎調査検討会，石川県景観マスタープラン策定委員会，鹿野の里検討委員会(環境配慮の検討委員)，石川県特定鳥獣保護管理計画検討会，(金沢市)環境保全審議会委員，農林業振興協議会委員および農林環境部会長，森づくり市民会議

木下栄一郎：金沢市文化財保護審議会委員，石川県環境影響評価技術審査会委員

笹山雄一：石川県環境影響評価委員会委員，石川県原子力発電温排水検討委員会委員，のと海洋ふれあいセンター研究報告編集委員会委員，石川県立七尾高等学校スーパーサイエンススクール運営委員会委員，石川県公共事業評価監視委員会委員

7) その他

中村浩二：金沢大学「角間の里山自然学校」代表

木下栄一郎：同 研究員

人間計測制御研究部門

1) 学術論文

- (1) Dadjour, M.F., Ogino, C., Matsumura, S., Shimizu, N. Kinetics of disinfection of *Escherichia coli* by catalytic ultrasonic irradiation with TiO₂. *Biochem. Eng. J.* 25, 243-248, 2005.
- (2) K.Chomsuwan, S. Yamada, M. Iwahara, H. Wakiwaka, S. Shoji, PCB Conductor Dimension and Alignment Inspection Using an ECT Probe with an SV-GMR Sensor, *Trans. Magn. Soc. Japan.* 5. 93-96. 2005
- (3) A. Hussien, T. Okada, M. Iwahara, S. Yamada, Improvement of the Measurement Characteristics of a Magnetic Bearing Balance System, *Trans. Magn. Soc. Japan.* 5. 97-100. 2005
- (4) H. Tian, S.Yamada, M.Iwahara, H.Tooyama, K.Miya, Eddy-Current Model and Detection in a Thick Stainless Steel Plate, *Trans. Magn. Soc. Japan.* 5, 39-42, 2005
- (5) T.Okada, A.Hussien, T. Ohji, S.Yamada and M. Iwahara, A Permanent Magnet Repulsive Type magnetic Bearing Balance System, *JSAEM Studies in Applied Electromagnetics and Mechanics*,15, Applications of Electrimagnetic Phenomena in Electrical and Mechanical Systems , 53-57, 2005
- (6) M. Kakikawa, R. Hosono, S. Hashimoto, M.Iwahara, S.Yamada, Mutagenic and physiological effects on the bacterial cell by exposure to magnetic fields, *JSAEM Studies in Applied Electromagnetics and Mechanics*, 15, Applications of Electrimagnetic Phenomena in Electrical and Mechanical Systems , 199-202, 2005
- (7) S.C. Mukhopadhyay, J.D.M. Woolley, S. Yamada, Planar Electromagnetic Sensors to Inspect Saxophone Reeds, *JSAEM Studies in Applied Electromagnetics and Mechanics*, 15, Applications of Electrimagnetic Phenomena in Electrical and Mechanical Systems , 65-71, 2005

- (8) T. Ohji, S. Ichiyama, K. Amei, M. Sakui, S. Yamada, A permanent magnet repulsive type conveyor having vertical and horizontal contactless rollers, *JSAEM Studies in Applied Electromagnetics and Mechanics*, 15, Applications of Electromagnetic Phenomena in Electrical and Mechanical Systems, 73-78, 2005
- (9) S.C.Mukhopadhyay, M.Iwahara, S.Yamada, Design philosophies of magnetic current limiter and high temperature superconducting fault current limiter-A comparative study, *JSAEM Studies in Applied Electromagnetics and Mechanics*, 15, Applications of Electromagnetic Phenomena in Electrical and Mechanical Systems , 85-92, 2005
- (10) S.C.Mukhopadhyay, T. Ohji, S. Yamada, Development of repulsive type magnetic bearing - A review of permanent magnet configuration, *JSAEM Studies in Applied Electromagnetics and Mechanics*, 15, Applications of Electromagnetic Phenomena in Electrical and Mechanical Systems , 117-124, 2005
- (11) T.Hagino, S.Yamada, M.Iwahara, Detection of metallic bead by Eddy-Current probe with GMR sensor, *JSAEM Studies in Applied Electromagnetics and Mechanics*, 15, Applications of Electromagnetic phenomena in Electrical and Mechanical Systems , 211-216, 2005
- (12) K. Chomsuwan, Y. Fukuda, S. Yamada, M. Iwahara, H.Wakiwaka, S. Shoji, Inspection of the PCB Defects by using ECT technique with GMR sensor, *JSAEM Studies in Applied Electromagnetics and Mechanics*, 15, Applications of Electromagnetic Phenomena in Electrical and Mechanical Systems , 217-222, 2005
- (13) H.Toyama, S.Yamada, M.Iwahara, D.Roy, K.Miya, Eddy-Current Testing For A Thick Sus Plate, *JSAEM Studies in Applied Electromagnetics and Mechanics*, 15, Applications of Electromagnetic Phenomena in Electrical and Mechanical Systems , 223-229, 2005
- (14) S.Harada, T.Ikeda S.Yamada, Gene expression profiling of nematode *C. elegans* by exposing the magnetic fields, *JSAEM Studies in Applied Electromagnetics and Mechanics*, 15, Applications of Electromagnetic Phenomena in Electrical and Mechanical Systems , 247-253, 2005
- (15) B.Rezaeealam , S.Sotoshj , J.Faiz, Harmonic balance hybrid finite element-boundary element method including time periodic movement, *The fifth International symposium on Linear Drives for Industry Applications*, 25-28, 45-48, 2005
- (16) J.Faiz , B.Rezaeealam , S.Yamada, Analysis of reciprocating self-excited induction generator using harmonic balance finite element method, *The fifth International symposium on Linear Drives for Industry Applications*, 25-28 , 156-159, 2005
- (17) K.Chomsuwan, S.Yamada, M.Iwahara, H.Wakiwaka, S.Shoji, Application of Eddy-Current Testing Technique for High-Density Double-Layer Printed circuit Board Inspection, *IEEE Transactions on Magnetism*, 41, 10, 3619-3621, 2005
- (18) S.Yamada, K.Chomsuwan, T.Hagino, H.Tian, K.Minamide, M. Iwahara, **C o n d u c t i v e** Microbead Array Detection by High-Frequency Eddy-Current Testing Technique With SV-GMR Sensor, *IEEE Transactions on Magnetism*, 41, 10, 3622-3624, 2005
- (19) T.Nishimura, Y.Miyamoto, S.Yamada, M.Iwahara, Optimum Structure of CT Probe and spectral Components in 2-D Magnetic Field Visualization Based on the Magnetic CT Method, *IEEE Transactions on Magnetism*, 41, 10, 3637-3639, 2005
- (20) S.C.Mukhopadhyay, C.P.Gooneratne, G.Sen Gupta, S.Yamada, Characterization and Comparative

- Evaluation of Novel Planar Electromagnetic Sensors, IEEE Transactions on Magnetics, 41, 10, 3658-3660, 2005
- (21) T.Nisimura, Y.Miyamoto, S.Yamada, M.Iwahara, Measurement and Visualization of Three-Dimensional Radial and Vecteded Magnetic Field Distribution by Use od the Magnetic CT Method, IEEE Transactions on Magnetics, 41, 10, 3739-3740, 2005
- (22) Alaa.A.Hussien, S.Yamada, M.Iwahara, Application of the Repulsive-Type Magnetic Bearing for Manufacturing Micromass Measurement Balance Equipment, IEEE Transactions on Magnetics, 41, 10, 3802-3804, 2005
- (23) K.Chomsuwan,.S.Yamada. T.Somsak,K.Minamide, M.Iwahara, Recognitions of Micro Non-Magnetic and Ferromagnetis Material with SV-GMR Sensor, 1st International Conference on Sensing Technology, 2005
- (24) Jawad Faiz, Behrooz Rezaeealam, Sotoshi Yamada, Coupled Finite-Element/Boundary-Element Analysis of a Reciprocating Self-Excited Induction Generator in a Harmonic Domain, IEEE Transactions on Magnetics, 41, 11, 4250-4256, 2005
- (25) R.Koggalage, K.Chomsuwan, S.Yamada, M.Iwahara, U.R.Abeyratne, Giant Magnetoresistance Based Eddy-Current Sensor for High-Speed PCB Defect, International Conference on Information 2005.12
- (26) Somsak Teerasak, Conductive Microbead Detection by Helmholtz Coil Technique With SV-GMR Sensor, The Third IEEE International Workshop on Electronic Design, Test & Applications, 17-19, 2006
- (27) 館 聡, 柿川真紀子, 橋本松進, 岩原正吉, 山田外史, 超長波交流磁界曝露による細菌細胞への影響, 日本応用磁気学会誌 29, 356-359, 2005
- (28) 本井幸介, 柳原裕一, 東 祐二, 岡本明男, 野川雅道, 田中志信, 山越憲一: ガススプリング式起立・着席動作支援システムの試作と性能評価, ライフサポート, 17(4), 111-116, (2005)
- (29) S. Tanaka, S. Gao, M. Nogawa and K. Yamakoshi: Noninvasive measurement of instantaneous radial artery blood pressure, IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine, 24(4), (2005)
- (30) 田中志信, 岸上博俊, 村田和香, 山越憲一: 高齢者における日常の活動性と循環機能との関係について—無拘束計測装置 2 種を用いた定量評価の試み—, 日本生理人類学会誌, 10(4), 273-279, (2005)
- (31) T. Yamakoshi, K. Yamakoshi, S. Tanaka, M. Nogawa, Y. Sawada, P. Rolfe , M. Kusakabi: Assessing the Effectiveness of Increased FIO2 for Enhancing Driver 1 s Activation State Using Simulated Monotonous Driving, Proceedings of the 27th Annual International Conference of the IEEE EMBS, 1004-1007, (2005)
- (32) K. Motoi, Y. Higashi, Y. Kuwae, T. Yuji, S. Tanaka, K. Yamakoshi: Development of a Wearable Device Capable of Monitoring Human Activity for Use in Rehabilitation and Certification of Eligibility for Long-Term Care, Proceedings of the 27th Annual International Conference of the IEEE EMBS, 2634-2637, (2005)
- (33) S. Tanaka, S. Gao, M. Nogawa, and K. Yamakoshi: Fully Automatic System for Monitoring Blood Pressure from a Toilet-Seat Using the Volume-Oscillometric Method, Proceedings of the 27th Annual International Conference of the IEEE EMBS, 3939-3941, (2005)
- (34) M. Nogawa, S. Tanaka, K. Yamakoshi: Development of an Optical Arterial Hematocrit Measurement Method : Pulse Hematometry, Proceedings of the 27th Annual International Conference of the IEEE EMBS, 6706-6708, (2005)

2) 総説・資料・報告書

- (1) 清水 宣明, 荻野 千秋, M.F. Dadjour, 二酸化チタン・超音波照射による大腸菌殺菌メカニズム, 化学工業 Vol.56, No. 2, 106-111, 2005
- (2) 清水 宣明, 荻野 千秋, M.F. Dadjour, 二酸化チタンへの超音波照射によって発生するラジカルの応用, マテリアルインテグレーション Vol.18, No. 3, 31-36, 2005
- (3) 山田 外史, 他, 細菌細胞の DNA 損傷及び生理状態への影響, 電気学会技術報告 (生体内物質・機能に関する磁気効果調査専門委員会), 1047
- (4) 山越憲一, 高田重男, 田中志信, 野川雅道: 無拘束循環動態連続計測・自律神経活動解析システムに関する開発研究, 平成 14? 16 年度科学研究費補助金(基盤研究 A-2)研究成果報告書, (2005)
- (5) 本井幸介, 東 祐二, 桑江 豊, 湯時忠彦, 田中志信, 山越憲一: ウェアラブル活動計測装置の開発とリハビリテーション・要介護認定支援への応用, 第 20 回生体・生理工学シンポジウム論文集, 219/222 (2005)

3) 著書

- (1) 清水 宣明, 荻野 千秋, M.F. Dadjour, 超音波と二酸化チタンを用いた有害微生物の殺菌, 超音波利用技術集成 - ソノケミストリーの環境・医療応用から最新のセンシング動向まで -, p115-125, エヌ・ティー・エス, 2005

4) 特許

- (1) 流体の殺菌装置及び殺菌方法 特願 2006-108876, 出願人 清水宣明

5) 学会発表

- (1) 山岸紗弥花, 高木圭子, Farshbaf, M.D., 荻野千秋, 清水宣明 二酸化チタン・超音波触媒法によるがん細胞傷害と増殖抑制. 化学工学会第 71 年会, 東京 (2006・3)
- (2) 野瀬律子, 高木圭子, Farshbaf, M.D., 中川晋作, 荻野千秋, 清水宣明 組織認識能をもつ二酸化チタン内包リポソームの創製. 化学工学会第 71 年会, 東京 (2006・3)
- (3) 大石多佳子, 伊藤吉基, 高田奈充子, 荻野千秋, 清水宣明 リン脂質代謝酵素の蓋構造変化における活性相関に関する研究 (). 化学工学会第 71 年会, 東京 (2006・3)
- (4) 清水 宣明, 光触媒・超音波化学のカップリングとその環境浄化・医療への応用. 「高機能光触媒の創製と応用技術研究会」第 20 回講演会 講演要旨集 (主催: 高機能光触媒の創製と応用技術研究会, 招待講演), 大阪 (2005・10)
- (5) Farshbaf M., 荻野 千秋, 清水 宣明 有害微生物の超音波殺菌に対する二酸化チタンの増強効果. 第 14 回ソノケミストリー討論会講演論文集, pp.13-14, 豊橋 (2005・10)
- (6) 藤平 敦司, 荻野 千秋, Farshbaf M., 清水 宣明. 二酸化チタン/超音波法による OH ラジカルの生成と溶存アルゴンの促進効果 第 14 回ソノケミストリー討論会講演論文集 pp.91-93, 豊橋 (2005・10)
- (7) 清水 宣明. 機能性バイオ融合ナノ粒子の応用. 第 5 回バイオサイエンスシンポジウム「生体機能と生体の物理化学計測」, 金沢(2005・3)
- (8) Sotoshi Yamada, Komkrit Chomswan, Takeshi Hagino, Haiyan Tian, Masayoshi Iwahara, Conductive micro-bead array detection by high-frequency Eddy-current testing technique with SV-GMR sensor,

- International Magnetism Conference , 名古屋 , 2005.4.4-8
- (9) Makiko Kakikawa, Satoshi Tachi, Shoushin Hashimoto, Masayoshi Iwahara, Sotoshi Yamada ,
- (10) Effects on bacterial cells by exposure to VLF magnetic fields, International Magnetism Conference, 名古屋 , 2005.4.4-8
- (11) Komkrit Chomsuwan, Sotoshi Yamada, Masayoshi Iwahara, Hiroyuki Wakiwaka, Shigeru Shoji, Application of Eddy-current testing technique for high-density double-layer printed circuit board inspection, International Magnetism Conference , 名古屋 , 2005.4.4-8
- (12) Hian Tian, Sotoshi Yamada, Masayoshi Iwahara, H. Watanabe, Hirotake Tooyama , Eddy-current scratch inspection with high probe lift-off, International Magnetism Conference, 名古屋, 2005.4.4-8
- (13) Takashi Nishimura, Yoshihiro Miyamoto, Masayoshi Iwahara, Sotoshi Yamada , Number of detecting probe and spectral components in two-dimensional magnetic field visualization based on the projection method, International Magnetism Conference, 名古屋, 2005.4.4-8
- (14) Alaa A. Hussien, Sotoshi Yamada, Masayoshi Iwahara, Tomotada Okada, Takahisa Ohji , Application of the repulsive-type magnetic bearing for manufacturing micro-mass measurement balance equipment , International Magnetism Conference, 名古屋, 2005.4.4-8
- (15) Yoshihiro Miyamoto, takashi Nishimura, Masayoshi Iwahara, Sotoshi Yamada , Measurement and Visualization of Three-Dimensional Radial and Vectored Magnetic Field Distribution by Use of the Magnetic CT Method , International Magnetism Conference, 名古屋, 2005.4.4-8
- (16) Chinthaka P. Gooneratne, Subha C. Mukhopadhyay, Sotoshi Yamada , Novel planar electromagnetic sensors-characterization and comparative evaluation, International Magnetism Conference, 名古屋, 2005.4.4-8
- (17) 萩野剛, チョムスワン・コムクリット, 山田外史, 岩原正吉, 高周波 ECT 技術の線・球状導電体への適用, 第 17 回「電磁力関連のダイナミクス」シンポジウム, 高知, 2005.6.22-24
- (18) 中道勇人, 山田外史, 岩原正吉, 磁気式限流器の磁心寸法比と直流動作点, 平成 17 年電気学会産業応用部門大会, 福井, 2005.8.29-31
- (19) 前田航, 山田外史, 岩原正吉, 磁性微粒子を対象とする磁気分離用傾斜磁界コイルの開発, 平成 17 年電気学会産業応用部門大会, 福井, 2005.8.29-31
- (20) 小林正幸, 山田外史, 岩原正吉, 磁気マイクロポンプの構成と動作特性に関する研究, 平成 17 年電気学会産業応用部門大会, 福井, 2005.8.29-31
- (21) Alaa Hussien, Sotoshi Yamada, Masayoshi Iwahara, Takahisa Ohji , Development of a single-axis controlled repulsive-type magnetic bearing micro-mass measurement system, 平成 17 年電気学会産業応用部門大会, 福井, 2005.8.29-31
- (22) Rezaealam Behrooz , 山田外史, Faiz Jawad, Reciprocating self-excited linear induction generator for free piston application, 平成 17 年電気学会産業応用部門大会, 福井, 2005.8.29-31
- (23) 萩野剛, Chomsuwan Komkrit , 山田外史, 岩原正吉, 高空間分離能を持つマイクロ渦電流探傷検査システムの応用, 平成 17 年電気学会産業応用部門大会, 福井, 2005.8.29-31
- (24) Komkrit Chomsuwan , 山田外史, 岩原正吉, 脇若弘之, 庄司 茂 , High-Density Double-Layer Printed Circuit board Inspection by Using High-Frequency Eddy-Current Probe, 平成 17 年電気学会産業応用部門大会, 福井, 2005.8.29-31
- (25) 中道勇人, 山田外史, 岩原正吉, 磁気式限流器の直流動作点とその等価透磁率, 第 29 回日本応用

磁気学会,19pE-13.2005.9.19-22

- (26) 前田秀一, 柿川真紀子, 岩原正吉, 山田外史, 磁界曝露による神経機能への影響, 第 29 回日本応用磁気学会,20aC-5.2005.9.19-22
- (27) 西村貴士, 林 晃平, 山田外史, 岩原正吉, 磁界投影法を用いた球面磁界分布計測・可視化手法, 第 29 回日本応用磁気学会,21aB-6,2005.9.19-22
- (28) H.Tian, S.Yamada, M.Iwahara, H.Watanabe, Scratch Detection by Eddy-Current Testing with High Lift-Off Height, 第 29 回日本応用磁気学会,22aB-3,2005.9.19-22
- (29) K.Chomsuwan, S.Yamada, M.Iwahara, Study on high-speed PCB inspection with high-frequency ECT probe, 第 29 回日本応用磁気学会,22aB-4,2005.9.19-22
- (30) Takahisi Ohji, Takashi Shinkai, Kenji Amei, Masaki Sakui, Application of Lorentz force to a magnetic levitation system for a non-magnetic thin plate, 4th Japanese-Mediterranean Workshop an Applloed Electromagnetic Engineering for Magnetic, Superconducting and Nano Materials, Egypt.2005.9.17-20
- (31) Sotoshi Yamada, Komkrit Chomsuwan, Takashi Hagino, Haiyan Tian, Kenhachiro Minamide, Masayoshi Iwahara, Analytical of Metallic Microbead Detection based on High-Frequency Eddy-Current Probe, 4th Japanese-Mediterranean Workshop an Applloed Electromagnetic Engineering for Magnetic, Superconducting and Nano Materials,Egypt.2005.9.17-20
- (32) Alaa A.Hussien, Sotoshi Yamada, Masayoshi Iwahara, Desigh and Control of a Micro-Mass Measurement System Employing Permanent Magnet Repulsive-Type Magnetic Bearing, 4th Japanese-Mediterranean Workshop an Applloed Electromagnetic Engineering for Magnetic, Superconducting and Nano Materials, Egypt,2005.9.17-20
- (33) 館聡, 柿川真紀子, 橋本松進, 岩原正吉, 山田外史, 超長波交流磁界に伴う渦電流の生体影響, 平成 17 年度電気関係学会北陸支部連合大会, 2005.9.24-25
- (34) 砂田聡, 鈴木信雄, 柿川真紀子, 橋本松進, 山田外史, 北村敬一郎, 服部敦彦, 岩坂正和, 上野照剛, 破骨・骨芽細胞の活性における交流磁界効果, 平成 17 年度電気関係学会北陸支部連合大会, 2005.9.24-25
- (35) 南出健八郎, K.Chomsuwan, T.Somsak, 山田外史, GMR センサを用いた渦電流探傷技術による微小金属球の検出, 平成 17 年度電気関係学会北陸支部連合大会, 2005.9.24-25
- (36) Ravindra Koggalage, K.Chomsuwan, 山田外史, 岩原正吉, High-Speed PCB Defect Detection by Eddy Current Testing, 平成 17 年度電気関係学会北陸支部連合大会, 2005.9.24-25
- (37) Komkrit Chomsuwan, Teerasak Somsak, Utilization ofHelmholtz Coil Technique for Conductive Microbead Detection Based on ECT technique, 平成 17 年度電気関係学会北陸支部連合大会, 2005.9.24-25
- (38) 山田外史, K.Chomsuwan, 西野仁展, R.Koggalage, 岩原正吉, GMR センサ付渦電流探傷プローブによるプリント基板の高速検査手法の検討, 平成 18 年電気学会全国大会, 153, 2006.3.15-17
- (39) 前田航, 山田外史, 岩原正吉, 磁性微粒子分離用傾斜磁界コイルの開発, 平成 18 年電気学会全国大会, 179, 2006.3.15-17
- (40) T. Yamakoshi, K. Yamakoshi, S. Tanaka, M. Nogawa, Y. Sawada, P. Rolfe, M. Kusakabi: Assessing the Effectiveness of Increased FIO2 for Enhancing Driver 1 s Activation State Using Simulated Monotonous Driving, 27th Annual International Conference of the IEEE EMBS, Shanghai, China, (Sep., 2005)
- (41) K. Motoi, Y. Higashi, Y. Kuwae, T. Yuji, S. Tanaka, K. Yamakoshi: Development of a Wearable Device

- Capable of Monitoring Human Activity for Use in Rehabilitation and Certification of Eligibility for Long-Term Care, 27th Annual International Conference of the IEEE EMBS, Shanghai, China, (Sep., 2005)
- (42) S. Tanaka, S. Gao, M. Nogawa, and K. Yamakoshi: Fully Automatic System for Monitoring Blood Pressure from a Toilet-Seat Using the Volume-Oscillometric Method, 27th Annual International Conference of the IEEE EMBS, Shanghai, China, (Sep., 2005)
- (43) M. Nogawa, S. Tanaka, K. Yamakoshi: Development of an Optical Arterial Hematocrit Measurement Method : Pulse Hematometry, 27th Annual International Conference of the IEEE EMBS, Shanghai, China, (Sep., 2005)
- (44) K. Yamakoshi, Y. Yamakoshi, T. Ohsawa., M. Nogawa, T. Yamakoshi, S. Tanaka: Feasibility Study on Non-invasive Measurement of Blood Glucose Concentration Using Instantaneous Differential Near-infrared Spectrophotometry, 3rd European Medical & Biological Engineering Conference, Prague, Czech Republic, (Nov., 2005)
- (45) T.Yamakoshi, K.Yamakoshi, S.Tanaka, M.Nogawa, Y.Sawada, P.Rolfe, M.Kusakabe: A New Proposal of Driver 's Activation State Index Based on Physiological Monitoring Under Simulated Monotonous Driving, 3rd European Medical & Biological Engineering Conference, Prague, Czech Republic, (Nov., 2005)
- (46) S. Tanaka, S. Gao, M. Nogawa and K. Yamakoshi: Evaluation of a Non-invasive Device for Monitoring Instantaneous Blood Pressure in Radial Artery Using the Volume-compensation Method, Proceedings of 3rd European Medical & Biological Engineering Conference, Prague, Czech Republic, (Nov., 2005)
- (47) K. Motoi, Y. Kuwae, T. Yuji, Y. Higashi, S. Tanaka and K. Yamakoshi: Preliminary study for human posture monitoring in the field of rehabilitation, 6th Asian-Pasific Conference on Medical and Biological Engineering, Tsukuba, Japan, (April, 2005)
- (48) T. Yamakoshi, K. Yamakoshi, S.Tanaka, M.Nogawa, M.Kusakabe, Y.Sawada and P.Rolfe: A Newly Proposed Physiological Index for Automobile Driver ' s Activation State Using Simulated Monotonous Driving, 6th Asian-Pasific Conference on Medical and Biological Engineering, Tsukuba, Japan, (April, 2005)
- (49) 野川雅道, 田中志信, 山越憲一: 無侵襲光計測による組織酸素代謝計測, 第 44 回日本生体医工学会大会, つくば (4 月, 2005)
- (50) 伏見祐哉, 岡本明男, 野川雅道, 田中志信, 山越憲一, 田中茂雄: 近赤外分光法による骨密度計測の基礎的検討, 第 44 回日本生体医工学会大会, つくば (4 月, 2005)
- (51) 南 武志, 岸本雄也, 長久 純, 岡本明男, 野川雅道, 田中茂雄, 田中志信, 山越憲一: 光電容積脈波二波長分光法を用いた無侵襲ヘマトクリット計測法に関する研究, 第 44 回日本生体医工学会大会, つくば (4 月, 2005)
- (52) 田中茂雄, 杉谷雅人, 澤島庸介, 野川雅道, 田中志信, 山越憲一: エアリーク式気泡緩衝材を用いた新規ヒッププロテクタの基礎的検討, 第 44 回日本生体医工学会大会, つくば (4 月, 2005)
- (53) 西尾 崇, 野川雅道, 丸山美知郎, 田中志信, 山越憲一, 高田重男: 容積補償法による手首連続血圧計測システムの開発, 第 44 回日本生体医工学会大会, つくば (4 月, 2005)
- (54) 大江純平, 松本啓嗣, 岡本明男, 野川雅道, 田中志信, 山越憲一: 部分圧迫法を用いた容積振動型上腕血圧計測システムの開発, 第 44 回日本生体医工学会大会, つくば (4 月, 2005)
- (55) 松本啓嗣, 本井幸介, 岡本明男, 野川雅道, 田中志信, 山越憲一: トイレ便座を利用した自動血

圧計測システムの開発 ? 超音波センサを用いた水頭圧補正法の検討? , 第 44 回日本生体医工学会大会, つくば (4 月, 2005)

- (56) 五十嵐朗, 宋 義林, 諸江輝義, 野川雅道, 田中志信, 山越健弘, 山越憲一, 丸山美知郎 4), 高田重男, 南 順一: 電気的アドミタンス式無拘束心拍出量計測における最適電極配置と精度評価, 第 44 回日本生体医工学会大会, つくば (4 月, 2005)
- (57) 宋 義林, 五十嵐朗, 諸江輝義, 野川雅道, 田中志信, 山越健弘, 山越憲一, 丸山美知郎, 高田重男, 南 順一: 容積補償法及び電気的アドミタンス法を併用した多用途小型循環動態モニターシステム, 第 44 回日本生体医工学会大会, つくば (4 月, 2005)

6) 研究交流

・共同研究

- (1) 山田外史, GMR 素子を用いた渦流探傷法の微小キズ検出への適用, 大同特殊鋼株式会社
- (2) 田中志信 (分担), ユビキタスヘルスマニター技術の開発, 大韓民国三星電子株式会社
- (3) 田中志信 (分担), 非侵襲血糖計測法に関する開発研究, TYT 技研株式会社
- (4) 田中志信 (分担), 睡眠時の非侵襲生体計測に関する研究, SRI 研究開発株式会社

・訪問外国人研究者

- (1) Dr. Francis Dawson, Professor, カナダ, トロント大学電気工学科, 電磁環境分野 (2005.4.17-20)
- (2) Dr. Krissanapong Kirtikara, タイ・モンクット王工科大学, 学長, 電磁環境分野 (2005.9.15)
- (3) Dr. Somchai Chanchaona, タイ・モンクット王工科大学, 副学長, 電磁環境分野 (2005.9.15)
- (4) Dr. Kosin Chamnongthai, タイ・モンクット王工科大学, 電気通信科講師, 電磁環境分野 (2005.9.15)
- (5) Dr. Anak Khantachawana, タイ・モンクット王工科大学, 機械工学科講師, 電磁環境分野 (2005.9.15)
- (6) Dr. Abhijit Mukherjee, Professor, インド ジャバプール大学電気工学科, 電磁環境分野 (2005.9.1-30)
- (7) Dr. Subhas C. Mukhopadhyay, ニュージーランドマッシー大学, 理学学域講師, 電磁環境分野 (2005.12.4-2006.2.6)
- (8) Dr. Peter Rolfe, Professor, Department of Communication, Computer and System Sciences, University of Genova, 生体情報計測分野 (2005. 10)

・海外渡航

- (1) 清水宣明, 米国, Washington, DC, Society for Neuroscience 35th Annual Meeting (2005, 11)
- (2) 山田外史, ニュージーランド, パーマスノース, International conference of Sensor Technology (2005, 11)
- (3) 田中志信, 中華人民共和国・上海, IEEE 国際医用生体工学会議 (2005, 9)
- (4) 田中志信, チェコ共和国・プラハ, 欧州医用生体国際会議 (2005, 11)

7) 各種活動 (学会・社会)

・学会活動

清水宣明: 日本生理学会評議員, ソノケミストリー研究会運営委員

山田外史: 電気学会マイクロ磁気ドライブ技術調査専門委員会委員, 電気学会生体内物質・機能に対

する磁気効果調査専門委員会委員，電気学会リニア電磁駆動装置解析手法の体系化調査専門委員会委員，日本応用磁気学会論文委員，日本 AEM 学会評議委員，Chairman of International Steering Committee of Asia-Pacific Symposium on Applied Electromagnetics and Mechanics，電気学会北陸支部代表監査委員，次世代センサ協議会北陸支部幹事

田中志信：日本エム・イー学会評議員，日本バイオマテリアル学会評議員，日本生活支援工学会評議員，計測自動制御学会生体・生理工学部会運営委員，電子情報通信学会バイオサイバネティクス研究会委員

・社会活動

山田外史：北陸電気使用合理化委員会委員，電気保安功労者表彰専攻北陸委員会委員，北陸グリーン電力基金運営委員会

5. 研究費

自然計測研究部門

1) 科学研究費

- (1) 小村和久, 文部科学省特別教育研究 極低レベル放射能測定による新領域の開発と全国共同利用微弱放射能測定拠点の形成 10,100 千円
- (2) 山本政儀(代表)基盤(B)(1),旧ソ連セミパラチンスク核実験場周辺地域の放射能汚染状況と住民の内部被曝線量, 4,600 千円(平成 16 年度-平成 17 年度)
- (3) 山本政儀(代表)基盤(C)(2), 湖底堆積物中のウラン・トリウム同位体変動と古環境解析の基礎研究, 1,100 千円(平成 16 年度-平成 17 年度)
- (4) 佐藤 努(代表), 基盤研究 B(一般)「多環芳香族炭化水素と大気浮遊微細鉛物の相互作用およびその運搬媒体の解明」12,363 千円
- (5) 佐藤 努(分担), 文部科学省, 研究拠点形成費補助金「環日本海域の環境計測と長期・短期変動予測 モニタリングネットワークの構築と人為的影響の評価」200,200 千円
- (6) 長谷部徳子(代表), 萌芽研究 鉛物中の放射線損傷量をどう見積もるか? ラマン分光法と FT 法を用いた研究, 1,500 千円

2) 研究助成金等

- (1) 小村和久, 学長戦略経費(重点研究経費), 極低レベル放射能測定による新領域の開発と全国共同利用微弱放射能測定拠点の形成, 20,000 千円
- (2) 小村和久, 財団法人放射線影響協会研究奨励助成金, ^{108m}Ag を用いる新しい原爆中性子評価法の開発, 350 千円
- (3) 小村和久, 長瀬ランダウア共同研究, 個人線量計の自己照射評価 100 千円
- (4) 佐藤 努(代表), (財)鉄鋼業環境保全技術開発基金 平成 17 年度研究助成(一般)「鉄鋼スラグを用いた陰イオン吸着材の合成とその吸着特性」, 1,500 千円
- (5) 佐藤 努(代表), 平成 17 年度金沢大学重点研究経費(若手の萌芽的研究)「天然微細鉛物の共生効果によるアミノ酸重合触媒作用」, 383 千円

3) 共同研究費

- (1) 佐藤 努(代表), 共同研究費, 東邦レオ株式会社, 腐植がアルカリ緩衝に及ぼすメカニズムに関する研究, 500 千円
- (2) 佐藤 努(代表), 太平洋コンサルタント株式会社, セメントーベントナイト相互作用の基礎的研究, 500 千円
- (3) 佐藤 努(代表), 株式会社セレス, セメントとベントナイト界面におけるイオン交換における相互特性の調査, 840 千円
- (4) 佐藤 努(代表), 日本ポリプロ株式会社, 粘土鉛物の構造に関する基礎的研究, 1050 千円

4) 受託研究費

- (1) 小村和久, 気象研究所受託研究, 海洋環境における放射性核種の長期挙動に関する研究, 5,254 千円
- (2) 小村和久, 石川県受託研究, 極低レベル放射能の検出方法の開発と実証に関する基礎研究, 2,000 千円

- (3) 佐藤 努(代表), 核燃料サイクル開発機構, スメクタイトのアルカリ変質挙動の速度論的研究, 2,500 千円

5) 奨学寄付金

- (1) 佐藤 努, 奨学寄付金, 株式会社ベスト工房, 600 千円
(2) 佐藤 努, 奨学寄付金, ガッスールジャパンジャミーラ, 200 千円
(3) 佐藤 努, 奨学寄付金, (社)資源・素材学会, 100 千円
(4) 佐藤 努, 奨学寄付金, クニミネ工業株式会社, 1000 千円
(5) 佐藤 努, 奨学寄付金, 株式会社ベスト工房, 600 千円
(6) 佐藤 努, 奨学寄付金, 日本ポリプロ株式会社, 1050 千円
(7) 佐藤 努, 奨学寄付金, (株)ボルクレイ ジャパン, 400 千円
(8) 佐藤 努, 奨学寄付金, T・L・O (金沢大学 TLO) 450 千円
(9) 佐藤 努, 奨学寄付金, ソフィア, 500 千円
(10) 佐藤 努, 奨学寄付金, T・L・O (金沢大学 TLO) 150 千円
(11) 佐藤 努, 奨学寄付金, ソフィア, 1700 千円
(12) 佐藤 努, 奨学寄付金, セレス 800 千円
(13) 佐藤 努, 奨学寄付金, 太平洋 500 千円
(14) 長谷部徳子(代表), (財)三谷研究開発支援財団研究助成, 地球科学試料の年代決定のための手法の開発・改良, 1,400 千円

エコテクノロジー研究部門

1) 科学研究費

- (1) 岩坂泰信 (代表), 特別研究員奨励費, アジアダストの環日本海域環境への関わりに関する研究 1,500 千円
(2) 塚脇真二 (代表), 基盤研究 (B), カンボジアのトンレサップ湖における生物多様性維持機構の評価 3,900 千円
(3) 塚脇真二 (分担), 基盤研究 (B), 東南アジア地域の天然ゴムプランテーションで発生する大気汚染物質の特性と影響評価
(4) 小林史尚 (代表), 若手研究 (B), 重金属含有有機性廃水のリデュース (廃棄物発生抑制) 型高度処理システムの開発, 3,700 千円
(5) 小林史尚 (分担), 萌芽研究, ヨウシュヤマゴボウを用いた低濃度重金属汚染土壌の浄化と有価金属回収システムの構築, 3,100 千円

2) 研究助成金等

- (1) 小林史尚 (代表), 平成 17 年度ゼネラル石油研究奨励財団研究助成, 「リグノセルロース資源からの燃料電池用メタンの生産」, 800 千円

3) 共同研究費

- (1) 木村繁男（代表），太平洋工業株式会社「バルブ内の気液二相流れに関する研究」，1,000 千円
- (2) 木村繁男（代表），矢崎総業株式会社「熱振動式超小型フローセンサーの開発研究」，500 千円
- (3) 木村繁男（分担），(株)キャンパスクリエート「リンク機構式自己揺動翼による高効率垂直軸型風車発電装置の研究開発」，8,537 千円

4) 奨学寄付金

- (1) 小林史尚（分担），株式会社アクトリー，525 千円

5) その他

- (1) 塚脇真二（代表），UNESCO Japanese Fund-in-Trust (MAB-IHP Joint Programme) ,MAB-IHP Joint Programme Ecological and Hydrological Research and Training for Young Scientist in Tonle Sap Biosphere Reserve, Cambodia: Research and Training for Young Scientists , 12,000USD
- (2) 小林史尚（代表），金沢大学重点研究経費，重金属含有有機性廃水のリデュース（廃棄物発生抑制）型高度処理システムの開発，400 千円

生物多様性研究部門

1) 奨学寄付金

- (1) 鈴木信雄（代表），財団法人 磁気健康科学研究振興財団研究助成，500 千円，磁界による骨形成機構の解明：魚類のウロコを用いた新規モデルシステムの開発．

2) 受託研究費

- (1) 鈴木信雄（代表），(財)日本宇宙フォーラム，2,432千円，微小重力に対する骨芽及び破骨細胞の影響：魚類のウロコを用いた解析．
- (2) 鈴木信雄（代表），独立行政法人 科学技術振興機構 平成17年度「シーズ育成試験」，2,000 千円，磁場による骨疾患治療システムの研究開発．
- (3) 鈴木信雄（分担）(代表：染井正徳，金沢大学大学院自然科学研究科薬学系・教授)，独立行政法人 科学技術振興機構 平成17年度「シーズ育成試験」，2,000千円，新規骨粗鬆症治療薬の卵巣摘出マウスモデルでの効果判定試験．

3) その他

- (1) 中村浩二（代表）：文部科学省地域貢献支援特別経費（金沢大学「角間の里山自然学校」），5600 万円．
- (2) 鈴木信雄（代表），学長戦略経費（重点研究経費）若手の萌芽的研究，495千円，超音波による骨治療システムの研究開発．

人間計測制御研究部門

1) 科学研究費

- (1) 清水宣明 (代表), 特定領域研究, 組織認識能を有する二酸化チタン・ナノ粒子の新規がん治療への応用, 7,500 千円
- (2) 清水宣明 (代表), 基盤研究, 新規ラジカル生成系と高勾配磁気分離を融合した環境保全システムの構築, 3,800 千円
- (3) 清水宣明 (代表), 萌芽的研究, 機能性バイオ融合ナノ粒子の創製とその医療への応用, 1,400 千円
- (4) 田中志信 (分担), 基盤研究(B)(2) 無拘束循環動態連続計測・自律神経活動解析システムに関する研究, 3,500 千円

2) 共同研究費

- (1) 山田外史(代表), 大同特殊鋼(株), GMR 素子を用いた渦流探傷法の微小キズ検出への適用に関する研究, 1,000 千円
- (2) 田中志信 (分担), 大韓民国三星電子株式会社, 「ユビキタスヘルスマニター技術の開発」, 平成 17 年 12 月～18 年 7 月, 7,000 千円
- (3) 田中志信 (分担), TYT 技研株式会社 「非侵襲血糖計測法に関する開発研究 (分担)」, 平成 16～18 年度, 7,500 千円
- (4) 田中志信 (分担), SRI 研究開発株式会社 「睡眠時の非侵襲生体計測に関する研究 (分担)」, 平成 17 年度, 1,000 千円

3) 奨学寄付金

- (1) 田中志信 (代表), (有) 安久工機, 400 千円
- (2) 柿川真紀子 (代表), 竹中工務店, 500 千円

4) 受託研究費

- (1) 清水宣明 (代表), H17 シーズ育成試験研究 (JST), 光触媒・超音波化学のカップリング技術とその環境浄化システムへの応用, 2,000 千円
- (2) 山田外史 (代表) 研究成果活用プラザ石川 可能性試験 (FS 委託研究), 磁気センサ付うず電流探傷技術の電子産業への展開を目指したデータ処理技術の研究, 研究金額: 100 万円
- (3) 田中志信 (分担), 文部科学省知的クラスター創成事業: 石川ハイテク・センシング・クラスター構想, 「先進的生体計測技術に基づく健康回復支援プロトコルの開発 - 無侵襲生体計測法を用いた健康回復支援システムの開発 - 」, 30,000 千円

5) その他

- (1) 清水宣明 (分担), 産学官連携イノベーション創出事業費補助金, 二酸化チタン・バイオ融合ナノ粒子の研究開発と環境浄化へのアプローチ, 9,100 千円
- (2) 田中志信 (分担), 金沢大学重点化プロジェクト経費, 生体情報の無侵襲的測定法の開発と保健・医療・福祉への応用, 1,500 千円

6. 研究指導

自然計測研究部門

1) 博士論文

- (1) 玉村 修司, Long Range Transport of PAHs with Aeolian Dusts from Eastern Asian Continent to Japan-Adsorption and Stability of PAHs on Mineral Surfaces (和訳) 東アジア大陸から日本への黄砂に伴う PAHs の長距離運搬 鉱物表面における PAHs の吸着とその安定性, 自然科学研究科地球環境科学専攻, 博士(理学), 佐藤 努
- (2) Chelo Supnet Pascua: Mineralogical and Geochemical Constraints on Arsenic Mobility in the Geothermal Environment, 自然科学研究科地球環境科学専攻, 博士(理学), 佐藤 努
- (3) 太郎田融, 脳成長過程におけるマンガン, 鉄, 銅および亜鉛の局在分布と脳変性疾患への影響, 自然科学研究科物質科学専攻, 博士(理学), 山本政儀

2) 修士論文

- (1) 桑原雄宇, 宇宙線誘導核種の挙動とトレーサー利用への試み, 修士(理学), 小村和久
- (2) 渡部諭, 日本海沿岸海水における $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$ 比の季節変動, 自然科学研究科物質化学専攻, 修士(理学), 山本政儀
- (3) 大田 由貴恵, 鉱物表面におけるアミノ酸の吸着とその重合, 自然科学研究科生命地球学専攻, 修士(理学), 佐藤 努
- (4) 湊 美緒, ハイドロタルサイトによる陰イオンの吸着とその安定性, 自然科学研究科生命地球学専攻, 修士(理学), 佐藤 努
- (5) 筒井 政則, 高アルカリ環境におけるスメクタイト溶解の圧縮による影響, 自然科学研究科生命地球学専攻, 修士(理学), 佐藤 努

3) 卒業研究

- (1) 糸野妙子, 湖沼堆積物情報に基づく琵琶湖周辺の過去 2000 年間における水文環境変動, 理学部地球学科, 学士(理学), 柏谷健二
- (2) 犬飼将成, 堆積物情報に基づいた地域環境変動とその展開, 理学部地球学科, 学士(理学), 柏谷健二
- (3) 角野 玄, バイカル流域湖沼堆積物情報の解析に基づく環境変動の推定, 理学部地球学科, 学士(理学), 柏谷健二
- (4) 浅井篤史, 低温における層状珪酸塩の生成に対するアルミニウムの影響, 理学部地球学科, 学士(理学), 佐藤 努
- (5) 片桐有由未, ステンレス鋼スラグを用いた陰イオン吸着剤の合成と六価クロム・ホウ素・フッ素イオンの吸着特性, 理学部地球学科, 学士(理学), 佐藤 努
- (6) 高山英樹, 原子間力顕微鏡の画像解析と鉱物の溶解速度算出ツールとしての応用, 理学部地球学科, 学士(理学), 佐藤 努
- (7) 荒武康治, ジルコンのメタミクト化? ラマン分光と FT 法による研究?, 理学部地球学科, 学士(理学), 長谷部徳子

- (8) 伊藤一充, 湖沼堆積物のルミネッセンス特性, 理学部地球学科, 学士(理学), 長谷部徳子
- (9) 伊藤健太郎, 段階エッチングを用いた第四紀火山ガラスのフィッション・トラック年代測定を試み, 理学部地球学科, 学士(理学), 長谷部徳子

エコテクノロジー研究部門

1) 博士論文

- (1) 山田 丸, Aerosol mixing states over KOSA source regions: Single particle analysis of free tropospheric particles collected with a balloon-borne sampler over Dunhuang, China, 博士(理学), 岩坂泰信, 柏谷健二, 佐藤 努, 大谷吉生, 早川和一

2) 修士論文

- (1) 高橋洋平, 海陸風のドップラーソーダによる観測と数値シミュレーション, 自然科学研究科機械科学専攻, 修士(工学), 木村繁男
- (2) 野原庸平, 2成分系水溶液における凝固融解プロセス制御, 自然科学研究科機械科学専攻, 修士(工学), 木村繁男
- (3) 森本達也, 森林内における乱流構造に関する研究, 工学部機能機械工学科, 修士(工学), 木村繁男
- (4) 大植靖士, 富山県氷見市南東部～高岡市北西部地域における地質学的研究, 自然科学研究科社会基盤工学専攻, 修士(工学), 塚脇真二
- (5) 竹内朝美, 北海道沖日本海における古海洋学的研究, 自然科学研究科社会基盤工学専攻, 修士(工学), 塚脇真二
- (6) 寺西博則, セルロース物質を原料とした乳酸生産プロセスの開発, 自然科学研究科物質工学専攻, 修士(工学), 中村嘉利, 小林史尚
- (7) 村田隼一, 植物性芳香族化合物からの機能性物質の合成と特性, 修士(工学), 中村嘉利, 小林史尚
- (8) 山下 祐哉, 褐色腐朽菌の効率的生産と -1,3-グルカンの抽出方法の確立, 自然科学研究科物質工学専攻, 修士(工学), 中村嘉利, 小林史尚

3) 卒業研究

- (1) 元井博康, 冷却円筒周りの水の凝固プロセスに関する研究, 工学部機能機械工学科, 学士(工学), 木村繁男
- (2) 海野峻太郎, 山越え風の流れに関する数値シミュレーション, 工学部機能機械工学科, 学士(工学), 木村繁男
- (3) 高道勇成, 森林内流れの乱流構造特性に関する研究, 工学部機能機械工学科, 学士(工学), 木村繁男
- (4) 坂井健一, カンボジアのシェムリアプ市の開発にともなう自然環境ならびに地域社会への影響評価, 工学部土木建設工学科, 学士(工学), 塚脇真二
- (5) 長屋圭尚, 石川県津幡町南部倶利伽羅～南横根地域の地質, 工学部土木建設工学科, 学士(工学),

塚脇真二

- (6) 竹下幸美,カンボジアのメコン河水系における河床堆積物の分布と組成 - 河道変動解析のための基礎資料として, 工学部土木建設工学科, 学士(工学), 塚脇真二
- (7) 芦田和信,木質系バイオマスのメタン発酵と余剰汚泥の減量化,工学部物質化学工学科, 学士(工学), 中村嘉利, 小林史尚
- (8) 中本泰教, 廃水処理のための銅ゴケ原糸体の増殖特性に関する研究, 工学部物質化学工学科, 学士(工学), 中村嘉利, 小林史尚
- (9) 富田裕昭, オゾンと二酸化チタン光触媒を用いた有機塩素化合物の分解処理, 工学部物質化学工学科, 学士(工学), 中村嘉利, 小林史尚
- (10) 吉田有良, 天然機能性物質の新規製造・抽出法の開発と抗酸化活性の評価, 工学部物質化学工学科, 学士(工学), 中村嘉利, 小林史尚
- (11) 中村和雅, 重金属耐性を持つ海洋細菌を用いたフェノールの分解, 工学部物質化学工学科, 学士(工学), 中村嘉利, 小林史尚
- (12) 林洋平, *Candida parapsilosis* を用いた植物性バイオマスからのキシリトール生産, 工学部物質化学工学科, 学士(工学), 中村嘉利, 小林史尚
- (13) 谷口康幸, 担子菌に含まれる抗腫瘍性成分の新規抽出方法の確立, 工学部物質化学工学科, 学士(工学), 中村嘉利, 小林史尚

生物多様性研究部門

1) 博士論文

- (1) 赤石大輔: 金沢市の里山におけるキノコ類とキノコ食昆虫の生物多様性と相互作用: 博士(理学), 中村浩二 .
- (2) 井下田寛: カシノナガクイムシの移動と分布に影響を及ぼす要因の解明: 博士(理学), 中村浩二 .
- (3) 宇都宮大輔: 金沢市角間丘陵と金沢城公園の送粉生態系の比較研究: 博士(理学), 中村浩二 .
- (4) Henny Herwin : Seasonal changes in species composition and abundance of ants in small yard grounds in West Java, Indonesia (インドネシア西ジャワ州の庭園におけるアリ類の種構成と個体数の季節変化): 博士(学術), 中村浩二 .
- (5) Nusyirwan Hasan: Population dynamics of the phytophagous lady beetle *Epilachna vigintioctopunctata* (Coleoptera: Coccinellidae: Epilachninae) in a Sumatran highland, Indonesia [インドネシア, スマトラ島の高地に生息する食葉性テントウムシ *Epilachna vigintioctopunctata* (甲虫目: テントウムシ科: マダラテントウ亜科) の個体群動態]

2) 修士論文

- (1) 吉本敦子: ガマズミ属4種の開花および結実フェノロジーと繁殖様式の比較: 修士(教育学), 木下栄一郎 .
- (2) Arin Ngamniyom : A morphometrical study of the intersex of Thai medaka, *Oryzias minutillus*, inhabiting suburbs of Bangkok, Thailand and its histological view of the gonads ,

自然科学研究科 生命・地球学専攻, 修士(理学), 笹山雄一

- (3) 出口真理子: 有鬚動物門マシコヒゲムシの栄養体の形態生理学的研究, 自然科学研究科 生命・地球学専攻, 修士(理学), 笹山雄一

3) 卒業研究

- (1) 飯田順一郎: 金沢市角間・依周辺の止水域における水生昆虫の分布と多様性: 学士(理学), 中村浩二.
- (2) 角 明子: 有鬚動物マシコヒゲムシの栄養体における抗アポトーシス関連酵素抗体による免疫組織学的研究, 理学部生物学科, 学士(理学), 笹山雄一
- (3) 岡田アキ: 能登半島九十九湾において有鬚動物マシコヒゲムシが生息する土壤中の硫化水素濃度, 理学部生物学科, 学士(理学), 笹山雄一
- (4) 山田哲也: 有鬚動物マシコヒゲムシのバクテリオサイトにおける共生細菌の分布と細胞骨格との関係, 理学部生物学科, 学士(理学), 笹山雄一
- (5) 榎本 洸: 有鬚動物マシコヒゲムシの cDNA ライブラリーの作製とその配列解析, 理学部生物学科, 学士(理学), 笹山雄一

人間計測制御研究部門

1) 博士論文

- (1) Komkrit Chomsuwan, Inspection System of High-Density Printed Circuit Board Based on Eddy-Current Testing Technique with Spin-Valve Giant Magnetoresistance Sensor (山田外史), 自然科学研究科電子情報科学専攻, 博士(工学)

2) 修士論文

- (1) 大石 多佳子, PhospholipaseDの遺伝子シャッフリングによる基質特異性改変に関する研究(清水宣明), 自然科学研究科物質工学専攻, 修士(工学)
- (2) 野瀬 律子, 光触媒ナノ粒子を内包するウイルス融合リポソームの構築(清水宣明), 自然科学研究科物質工学専攻, 修士(工学)
- (3) 山岸 紗弥花, 光触媒ナノ粒子の腫瘍細胞内融合と超音波誘導細胞傷害機構の解析(清水宣明), 自然科学研究科物質工学専攻, 修士(工学)
- (4) 萩野剛, マイクロウズ電流探傷プローブによる線状導体の検査技術に関する研究(山田外史), 自然科学研究科電子情報科学専攻, 修士(工学)
- (5) 小林正幸, スクリュー形磁気マイクロポンプの構成と流量特性に関する研究(山田外史), 自然科学研究科電子情報科学専攻, 修士(工学)
- (6) 南出健八郎, GMRセンサを用いた非磁性微小金属球検出に関する研究(山田外史), 自然科学研究科電子情報科学専攻, 修士(工学)
- (7) 中道勇人, 実用設計を想定した磁気式限流器の数値解析と設計に関する研究(山田外史), 自然科学研究科電子情報科学専攻, 修士(工学)
- (8) 西村貴士, 磁界投影法による2次元・3次元磁界分布計測・可視化手法とその再現精度に関する研究

(山田外史), 自然科学研究科電子情報科学専攻, 修士(工学)

- (9) 館聡, 超長波交流磁界曝露による細菌細胞の生理状態への影響に関する研究(山田外史, 柿川真紀子), 自然科学研究科電子情報科学専攻, 修士(工学)
- (10) 大澤 剛士, 近赤外差分スペクトル分光法による無侵襲血糖値計測法に関する研究(田中志信), 自然科学研究科人間・機械科学専攻, 修士(工学)
- (11) 菱 亨, 大血管内手術支援のための側視鏡型血管壁可視化システムの開発研究(田中志信), 自然科学研究科人間・機械科学専攻, 修士(工学)
- (12) 平井 栄太, ウェアラブル連続姿勢変化・行動計測システムの開発と医療・福祉への応用(田中志信), 自然科学研究科人間・機械科学専攻, 修士(工学)
- (13) 松本 啓嗣, 在宅下無意識生体情報モニタシステムの開発研究(田中志信), 自然科学研究科人間・機械科学専攻, 修士(工学)
- (14) 南 武志, 光電容積脈波を用いた無侵襲ヘマトクリット・酸素飽和度計測法に関する研究(田中志信), 自然科学研究科人間・機械科学専攻, 修士(工学)

3) 卒業研究

- (1) 伊藤 吉基, 分子進化法によるリン脂質代謝酵素の触媒機能改変～基質特異性改変～(清水宣明) 工学部物質化学工学科, 学士(工学)
- (2) 岩田 純一, 二酸化チタン・超音波照射法による環境保全システム構築に関する基礎研究(清水宣明) 工学部物質化学工学科, 学士(工学)
- (3) 崎山 和亨, 二酸化チタンへの超音波照射によるOHラジカル生成機構の解析(清水宣明) 工学部物質化学工学科, 学士(工学)
- (4) 笹井 良祐, 生物機能性材料による磁性微粒子の表面修飾(清水宣明) 工学部物質化学工学科, 学士(工学)
- (5) 下宮 琢也, B型肝炎ウイルス由来PreS1/S2タンパク質の精製とその光触媒ナノ粒子表面への修飾(清水宣明) 工学部物質化学工学科, 学士(工学)
- (6) 高田 奈充子, リン脂質代謝酵素の酵素学的特性の解析～立体構造についての解析～(清水宣明) 工学部物質化学工学科, 学士(工学)
- (7) 吉野 和慶, 放線菌を用いた新しいタンパク質発現システムの構築(清水宣明) 工学部物質化学工学科, 学士(工学)
- (8) 浅井良太, 磁気マイクロポンプの駆動に用いる回転磁界の研究(山田外史) 工学部電気電子システム工学科, 学士(工学)
- (9) 三浦哲也, SUS厚板検査のためのうず電流探傷プローブに関する研究(山田外史) 工学部電気電子システム工学科, 学士(工学)
- (10) 西野仁展, 高周波うず電流探傷における高速データ処理法の研究(山田外史) 工学部電気電子システム工学科, 学士(工学)
- (11) 大野晋吾, 液体中の磁性粒子の磁気分離に関する研究(山田外史) 工学部電気電子システム工学科, 学士(工学)
- (12) 高田幸永, 磁気分離に用いる磁界発生装置の磁気分布評価と分離容器設計(山田外史) 工学部電気電子システム工学科, 学士(工学)
- (13) 打越達也, CAIプログラム開発のための磁気アクチュエータモデルに関する研究(山田外史) 工学部

電気電子システム工学科，学士（工学）

- (14) 林晃平,大型球面プローブを用いた3次元磁界分布測定の自動化とその可視化に関する研究(山田外史)工学部電気電子システム工学科，学士（工学）
- (15) 四辻和也,数値解析に基づく積鉄心型磁気式限流器の設計と試作(山田外史)工学部電気電子システム工学科，学士（工学）
- (16) 小多雄太,骨芽細胞と破骨細胞におよぼす交流磁場効果(山田外史, 柿川真紀子, 鈴木信雄)工学部電気電子システム工学科，学士（工学）
- (17) 永田真矢,交流磁場による薬効調節に関する研究(山田外史, 柿川真紀子)工学部電気電子システム工学科，学士（工学）

- (18) 川口 道寛,近赤外光を用いた無侵襲ヘマトクリット・酸素飽和度計測に関する研究(田中志信),工学部人間・機械工学科，学士（工学）
- (19) 北本 麻希,医療・福祉支援のための睡眠時無意識生体情報モニタシステムの開発研究(田中志信),工学部人間・機械工学科，学士（工学）
- (20) 窪田 伸之助,水没事故予防のための浴槽内無意識生体計測法に関する基礎的研究(田中志信),工学部人間・機械工学科，学士（工学）
- (21) 榊原 千枝美,ラット骨折モデルの構築と力学刺激の骨折治癒効果に関する基礎的検討(田中志信),工学部人間・機械工学科，学士（工学）
- (22) 佐藤 伸幸,容積補償型手首連続血圧計測法における測定精度向上のための改良化研究(田中志信),工学部人間・機械工学科，学士（工学）
- (23) 佐藤 真,自己血糖計測デバイスのための血管探査・刺入確認法に関する研究(田中志信),工学部人間・機械工学科，学士（工学）
- (24) 清水 貴幸,自己血糖計測デバイスのための血管探査・刺入確認法に関する研究(田中志信),工学部人間・機械工学科，学士（工学）
- (25) 俵 健一郎,単調運転時におけるドライバーの活性度評価と高濃度酸素負荷効果に関する研究(田中志信),工学部人間・機械工学科，学士（工学）
- (26) 虎井 総一郎,近赤外光を用いた無侵襲骨密度計測法に関する基礎的検討(田中志信),工学部人間・機械工学科，学士（工学）
- (27) 森脇 嘉之,大血管内視鏡手術支援のための血管壁可視化法に関する研究(田中志信),工学部人間・機械工学科，学士（工学）

7. その他

自然計測研究部門

1) 新聞等報道

小村和久

- 2005年6月6日 放射能研究所を視察，馳代議士，小松・尾小屋測定室へ：北國新聞
- 2005年6月6日 測定技術向上を目指す：北陸中日新聞
- 2005年7月30日 被爆線量 新方式で推定，広島・長崎 10%多く：朝日新聞
- 2005年9月22日 被爆の強さ銀で解明：北國新聞
- 2005年10月3日 宇宙からの“手紙” 雨の中から発見 上空の現象解明のてがかりに：北陸中日新聞
- 2005年10月19日 銀が語る被爆のつめ跡：HAB スーパーJ チャンネル
- 2005年11月19日 尾小屋から世界に「驚き」：北陸中日新聞
- 2005年12月3日 広島・長崎の原爆放射線量 銀製品から測定：広島読売新聞

佐藤 努

- 2005年4月26日 ホウ素やフッ素 土壤汚染物質不溶化の薬剤 金沢大発ベンチャー・ソフィアが開発 来月，環境展出品へ：北陸中日新聞
- 2005年9月14日 実用化事業県が3件採択・鉱物で水質浄化：北国新聞
- 2005年10月14日 土壤浄化で新システム提案 ヒ素無毒化資材を投入：化学工業日報
- 2005年11月 不溶化で実績，水処理も視野に技術の幅広げる：日報アイビー
- 2006年2月25日 ヒ素を除去するフィルター・金沢発ベンチャーが開発・家庭用浄水器で製品化：北国新聞

エコテクノロジー研究部門

1) 新聞等報道

塚脇真二

- 2005年5月22日 地震津波 急深の海底被害大 金大・塚脇助教授タイ調査：北陸中日新聞朝刊
- 2005年7月31日 10年間の努力が結実 金沢と周辺地質図年内にも出版へ：北陸中日新聞朝刊
- 2005年12月1日 ニュース「トンレサップ湖生物多様性総合調査国際シンポジウム開催」：アプサラチャンネル（カンボジア）
- 2006年1月2日 みまっしワイドいしかわ610「金沢の地質図完成」：NHK 金沢放送局
- 2006年1月10日 おはよう日本「いしかわのニュース：カンボジアのトンレサップ湖で魚の新属発見」：NHK 金沢放送局
- 2006年1月25日 トンレサップ湖 特異性はっきり カンボジア 魚の新発見 金沢大中心の調査チーム 本村助教授（鹿児島大）が報告：北陸中日新聞朝刊
- 2006年1月29日 トンレサップ湖の魚たち 金大塚脇助教授チーム調査研究 外来種と人間が影響 本村・鹿児島大助教授が指摘 分類調査必要訴え：北陸中日新聞朝刊

- 2006年 1月 30日 姿変える神秘の巨大湖 カンボジアトンレサップ湖 アンコール支えた宝庫 都市化やダム影：毎日新聞朝刊「世界遺産からのSOS」
- 2006年 3月 4日 石川の活躍 世界へ命名 カンボジアの新種魚 調査尽力の金大助教授 栄誉「ツカワキイ」：北陸中日新聞朝刊
- 2006年 3月 24日 金沢発イブニング・ファイブ「あなた出番ですよ」：北陸放送

小林史尚

- 2005年 12月 22日 廃棄物出さぬ廃水処理，細菌と植物で分解，コスト減・残さも資源活用：北陸中日新聞朝刊
- 2005年 12月 22日 重金属・有機物，県産微生物で浄化：北国新聞朝刊

人間計測制御研究部門

1) 新聞等報道

田中志信

- 2005年 6月 7日 無呼吸，枕が診断．いつも通り寝るだけでOK：北國新聞
- 2005年 6月 15日 知らず知らずに健診：北国新聞
- 2005年 11月 22日 金沢大学ベンチャービジネスプランコンテスト 水没アラーム及びベッドモニター紹介：石川テレビスーパーニュース
- 2005年 11月 24日 起業プラン競う．金沢大でコンテスト．水没アラーム1位：読売新聞
- 2005年 12月 9日 浴槽で心電図を自動計測．高齢者ら水没事故防止へ：建設工業新聞
- 2005年 12月 16日 自動計測モデルルーム開設：建設工業新聞
- 2005年 12月 16日 「心臓機能・血圧」24時間計測：日本経済新聞

日本海沿岸海水の $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$ 比の季節変動

井上睦夫¹・渡部諭¹・田中究¹・小藤久毅²・山本政儀¹・小村和久¹

¹〒923-1224 石川県能美市 金沢大学 K-INET, LLRL

²〒035-0064 青森県むつ市港町 日本海洋科学振興財団

Mutsuo INOUE¹, Satoru WATANABE¹, Kiwamu TANAKA¹, Hisaki KOFUJI², Masayoshi YAMAMOTO¹
and Kazuhisa KOMURA¹: Seasonal variation of $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$ ratio for coastal water within the Sea of Japan

1. はじめに

日本海沿岸海域は、豊富な漁場を多くかかえている一方で、原子力発電所事故やタンカー座礁事故など人為的な汚染物質の流入の懸念に加え、最近ではエチゼンクラゲの被害といった新たな問題にも直面している。沿岸汚染事故などに対処するにおいて、沿岸域の海水循環に関する情報は不可欠である。われわれのグループは、海水に溶存する ^{226}Ra (半減期 1600 年) と ^{228}Ra (5.75 年) を、海水循環のトレーサーとして利用することにより、この問題に取り組んできた。第一段階として、低バックグラウンドγ線測定法および化学処理法の確立により、少量 (10-20 リットル) の海水試料での $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$ 比の精密測定を可能とした (Inoue et al., 2005)。本研究では、この手法を能登半島を中心とした日本海沿岸海水に適用、海水循環解明のため、短期間 (1-3 ヶ月) に採取された海水試料のデータを用いた、高分解能な議論をおこなう。

2. 試料および実験

2-1. 沿岸海水採取地点

2003 年 4 月より 2005 年 9 月にかけて、能登半島沿岸とその周辺の 5 地点 (通常の海岸線に加え、河口部や閉鎖系湾内; AT, MN, SZ, TK, TY), および輪島沖 50 km に位置する舳倉島 (HG) において 1-3 ヶ月間隔で海水試料 20 L を採取した。さらに島根県松江市沿岸 (MT), また太平洋および津軽海峡に面する静岡県御前崎市 (OM), 青森県大間町 (OH) で 2004 年 5-9 月より沿岸海水試料を採取した。

2-2. 実験手順

20 L の沿岸海水を試料とし、Ra 汚染の少ない Ba キャリア (^{226}Ra ; 1.5 mBq/g-Ba) を使用し、 BaSO_4 沈殿により Ra を共沈回収した。尾小屋地下測定室に設置した検出効率の高い井戸型 Ge 検出器を使用し、極低バックグラウンドγ線測定を適用、 ^{226}Ra および ^{228}Ra 濃度を測定した。

3. 結果および考察

3-1. $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$ 比の経時変動

3-1-1. 能登半島沿岸海水

能登半島沿岸海水の $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$ 比においては、主に ^{228}Ra 濃度の季節変動 (1-4.5 mBq/L) を反映し、夏期に最小値を示し (0.7), 秋期から冬期にかけて高くなる (1.7-2) の特徴が、能登半島沿岸全地点に共通してみられた (Fig. 1)。さらに塩分濃度が低い河口付近や閉鎖系湾内の海水試料においても、 $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$ 比の特徴に違いはみられない。能登半島全体が、大きな海水循環の季節変動にさらされていることを示す。

3-1-2. 本州沿岸海水

能登半島 (平均値) と他地域の沿岸海水における $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$ 比を、Fig. 2 に比較した。能登半島沿岸海水でみられ

た $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$ 比の季節変動が、舳倉島および対馬海流の能登半島への通り道である松江市 (MT 地点) の沿岸海水でも得られた (Fig. 2a)。一方、黒潮の寄与の大きい御前崎市 (OM 地点) の沿岸海水における $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$ 比には、明らかな季節変動はみられず、その値も小さい (0.2-0.6) (Fig. 2b)。 $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$ 比の季節変動は、本州全沿岸域の海水に共通した特徴ではない。本結果は、日本海西部沿岸 (松江-能登半島) を含む沿岸支流の海水循環系が季節的に異なることを示唆する。

3-2. 日本海沿岸海水循環

冬期に ^{228}Ra が日本海沿岸へと供給されていることが考えられる。日本海沿岸は、東シナ海から対馬海峡を經由し、沿岸に沿って北上する沿岸支流にさらされている。また東シナ海大陸側は、日本海沿岸海水よりも大きなラジウム濃度を示す ($^{226}\text{Ra}=2.5$ mBq/L; $^{228}\text{Ra}=7$ mBq/L; $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}=3.5$; 5-6 月, 1987) (Nozaki et al., 1989)。一つには、冬期に東シナ海西域の ^{228}Ra -rich な海水の日本海への混入比が増加し、それが松江市沿岸を通過し、能登半島にもたらされるとするモデルが提案される。

謝辞

本研究で用いた一部の海水試料は、静岡県環境放射線監視センター鈴木敦雄博士および島根県産業技術センター中島剛博士に採取をご協力いただいた。本研究の一部は、石川県保健環境センターからの受託研究としておこなわれた。

参考文献

- 1) Inoue, M., Kofuji, H., Yamamoto, M. and Komura, K. *J. Environ. Radioactivity* **80**, 341-355 (2005)
- 2) Nozaki, Y., Kasemsupaya, V. and Tsubota, H. *Geophys. Res. Lett.* **16**, 1297-1300 (1989)

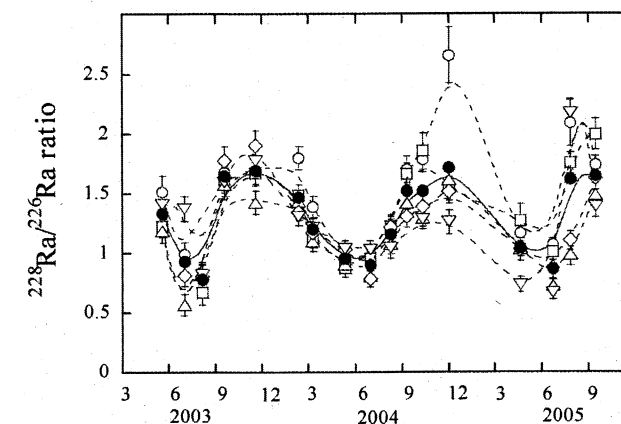


Fig. 1 Temporal variation in $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$ ratio of coastal surface water around Noto Peninsula, as measured from May 2003 until September 2005.

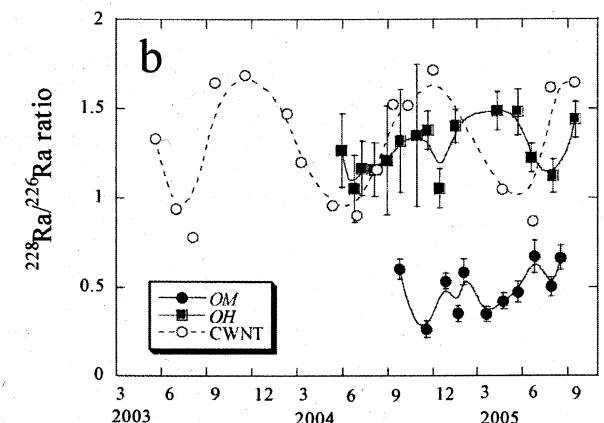
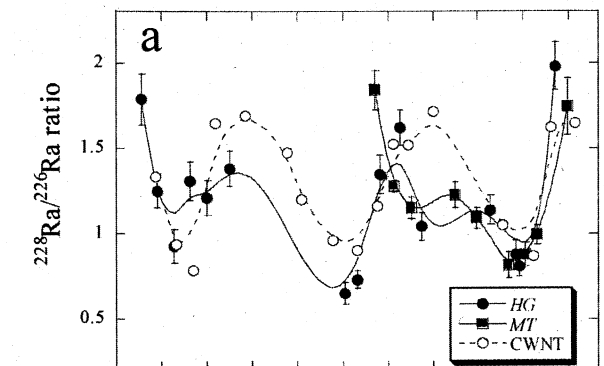


Fig. 2 Comparison of temporal variations in $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$ ratio between the mean value for coastal water samples of Noto Peninsula and coastal surface water around Honshu Island from a) HG and MT sites, and b) OM and OH sites.

天然放射性元素ウラン・トリウム湖底堆積物情報-バイカル湖：
同位体比を活用する環境変動解析・堆積年代測定

坂口 綾¹、山本政儀¹、富田純平¹、落合伸也²、中川裕文²、柏谷健二²

¹〒923-1224 石川県能美市和気町金沢大学自然計測応用研究センター低レベル放射能実験施設

²〒923-1192 石川県金沢市角間町金沢大学自然計測応用研究センター

A. Sakaguchi, M. Yamamoto, J. Tomita, S. Ochiai, H. Nakagawa and K. Kashiwaya: Lacustrine sediment information on U and Th isotopes -Lake Baikal.

[はじめに] バイカル湖は世界で最も典型的な内陸性気候を示すという地理的条件から、気候変動の将来予測を目的とし、湖底堆積物からの短期・長期的気候変動復元がロシア・日本などでの共同プロジェクト研究により進められてきた。その中でも珪藻殻を主成分とする生物起源シリカ(Bio-SiO₂)およびウラン(U)は、気候変動に敏感なプロキシとして注目され、さらにUの生物濃縮という観点からも興味を持たれている。しかし、気候変動と珪藻(一次生産物質)の生産性、さらに珪藻との関係を主としたUの沈降・堆積挙動についても未だに不明瞭な点が多い。また、自然環境変化が激しく、人類の進化も含め自然-人間が深く関与している第四紀・更新世における数万～数十万年の堆積絶対年代決定法が確立されていない。そこで、この時代の詳細な堆積年代決定法として、²³⁸U-²³⁴U法、アイオニウム(²³⁸U-²³⁰Th)法の適応、およびU・Thの古環境復元プロキシとしての確立を目的とし、これら元素の沈降・堆積挙動の課題に取り組んでいる。これまでに得てきた成果の一部を報告する。

[方法] 本研究では、バイカル湖アカデミッシャンリッジ(53°44'46" N, 108°24'38" E)において1998年9月に採取した全長約10mの柱状堆積物試料VER98-1st6を用いた。含水率、有機物含有量、炭酸塩含有量、Bio-SiO₂含有量、中央粒径の詳細な測定を行い、全岩中央粒径による北緯65度・7月の日射量変動をターゲットとしたオービタルチューニング法により堆積年代決定を行った。また、U・Th同位体および化学的情報を得るため、全分解・逐次抽出後(炭酸塩、Fe-Mn 酸化物、有機物、Bio-SiO₂、土壌・鉱物フラクション)、U・Th同位体(²³⁸U, ²³⁴U, ²³²Th, ²³⁰Th)の化学分離・α線測定、ICP-AESによる安定元素の測定を行った。さらに2003、2005年8月に南湖盆の数地点採取した湖水試料(表層、堆積物直上水)のほか、バイカル湖西岸オリホン島、アヤ湾周辺で採取した陸上表層土壌のU・Th同位体分析も併せて行った。

[結果・考察] 湖水中溶存²³⁸U濃度は、試料採取地点や深度にかかわらず約6mBq/L、²³⁴U/²³⁸U放射能比は約2.0(Ave. 2.13)でほぼ一定であった。集水域表層土壌の²³⁸U、²³²Th濃度は、それぞれ16 - 37 mBq/g (1.3 - 3.0 ppm)、17 - 42 mBq/g (4.2 - 10.5 ppm) の範囲で見出され、²³⁴Uと²³⁸Uは放射平衡(²³⁴U/²³⁸U=ca.1)の状態であった。

オービタルチューニング法による年代決定の結果、柱状堆積物試料(VER98-1st6)は過去約230 kyrまでカバーしており、平均堆積速度は4.31 cm/kyrであった。堆積物中²³⁸U、²³²Th濃度はそれぞれ46 - 403 mBq/g(3.7 - 32.6 ppm)、37 - 108 mBq/g(9.2 - 26.8 ppm)、これら元素の同位体比も大きく変動していた。堆積物中²³⁴U-²³⁸Uは放射非平衡であり²³⁴U/²³⁸U放射能比は²³⁸U濃度変動と類似していること、²³⁰Th/²³⁸U放射能比が深度と共に明かに大きくなることから、バルクUに対する過剰Uすなわち自生性U(溶存U起源；²³⁴U/²³⁸U=2.13)の寄与が大きいことが示唆された。

湖水溶存Uの²³⁴U/²³⁸U放射能比が過去230kyr一定であったとの仮定の下に、モデル式で堆積物中のUを陸源Uと湖水中溶存Uを起源とする自生性Uに識別した。陸源²³⁸U、²³²Th、鉱物、Bio-SiO₂フラックスを併せてFig. 1に示す。陸源²³⁸Uフラックスは、寒冷期に比較的多く温暖期に少ないという²³²Th、鉱物フラックスの変動と一致しており陸源物質の指標となりうる。これらフラックスの定量

的解釈については、鉱物中央粒径や他のパラメータと共に現在解析中である。寒冷期に少なく温暖期に多い自生性²³⁸Uフラックスは、Bio-SiO₂フラックスと非常によく相関があり、warm-stackとしての²³⁸Uは陸源²³⁸U

の影響を取り除いた自生性²³⁸Uであることが明らかになった。湖水中溶存Uの堆積メカニズムには主に①一次生産者などの生物濃縮による水柱からの除去・沈積、②還元状態でのU(VI)→U(IV)による沈積、③共沈(固溶体生成・吸蔵・吸着)が考えられる。堆積物中U逐次抽出実験、琵琶湖でのU-動物プランクトンの分配係数Kdの観察・吸着実験の結果、Bio-SiO₂フラクションにはバルクUの数パーセント程度しか含まれていないこと、Uのプランクトンに対するKd(10³-10⁴)では蓄積しているU量を賅えないことから、温暖期の高Uフラックスの主原因は湖内一次生産者による濃縮・除去でないことが示唆された。また、②については一次生産者・有機物の急激かつ大量な沈積により、一時的に湖底が還元雰囲気になった可能性はあるが、湖底DO濃度の高いバイカル湖で温暖期にその状態が長く続いたとは考え難い。淡水系溶存Uの特徴、湖内自生性鉱物の性質や成因環境、陸源鉱物組成などを考慮すると、水柱溶存Uは③の鉱物-鉄酸化水酸化物-有機物の複雑な相互作用による吸着(表面錯体)・除去メカニズムが働き湖底に沈積していると考えられる。今後、OMS、XRD、XRF、SEM、FE-TEM、EPMAでの分析結果、琵琶湖で毎月回収しているセジメントトラップ、湖水、河川水および懸濁物質の分析から溶存Uの吸着・除去メカニズムについて詳細な解析を行う予定である。

堆積物は自生性成分以外の陸源成分の寄与も大きい上に、それぞれの成分は上記したように気候変動に対応して変化する。そのため自生性のU・Th同位体濃度を用いる²³⁸U-²³⁴U法、アイオニウム(²³⁸U-²³⁰Th)年代決定法の適応時に最も問題となるのは、岩石由来のU・Th同位体成分の見積もり(除去)である。本研究では岩石中のU系列は放射平衡が成立していること、Th同位体にフラクシオネーションがないという仮定の下、²³⁰Thの成長量が無視できる表層堆積物の²³⁰Th/²³²Th放射能比(1.05)を基準に自生性(成長)U・Thを見積もり、以下の式に代入することで平均堆積速度を試算した。

$$({}^{234}\text{U}/{}^{238}\text{U})_a = 1 + (R_0 - 1) \cdot \exp(-\lambda_{234} \cdot D/S) \quad \text{----(1)}$$

$$({}^{230}\text{Th}/{}^{238}\text{U})_a = [1 - \exp(-\lambda_{230} \cdot D/S)] + (R_0 - 1) [\lambda_{230}/(\lambda_{230} - \lambda_{234})] \cdot [\exp(-\lambda_{234} \cdot D/S) - \exp(-\lambda_{230} \cdot D/S)] \quad \text{----(2)}$$

ここで(²³⁴U/²³⁸U)_a、(²³⁰Th/²³⁸U)_aは自生性放射能比、R₀は溶存²³⁴U/²³⁸U放射能比、λ₀、λ₄は²³⁰Th、²³⁴Uの壊変定数、DおよびSはそれぞれ深度(cm)と堆積速度(cm/kyr)を表す。(1)、(2)式を同時に満たす非線形最小二乗法より平均堆積速度は4.47±0.37 cm/kyrと試算され、オービタルチューニング法により求めた4.31 cm/kyrとよく一致する値が得られた。今後、アイソクロン法の適応や自生性鉱物・成分の抽出を行うことで、個々の堆積層における年代決定法の確立を目指し課題に取り組んで行く予定である。

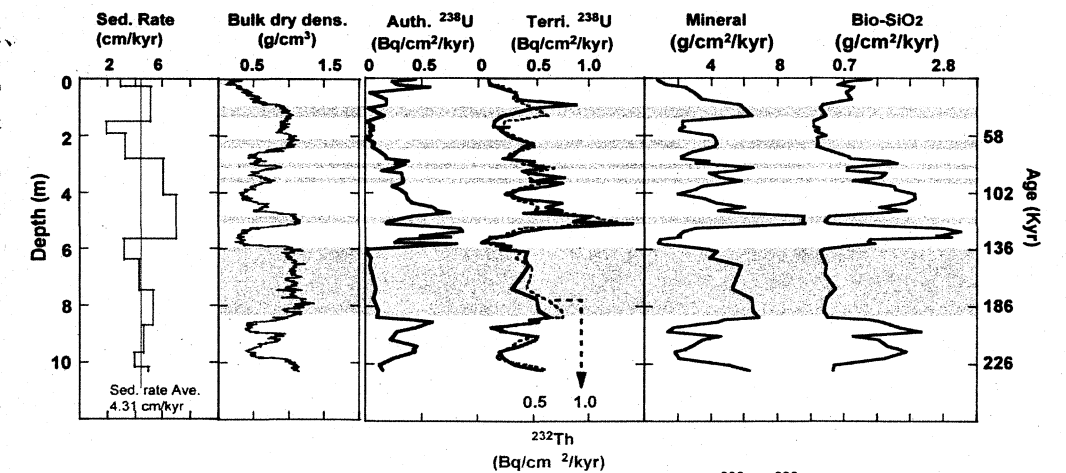


Fig. 1 Comparison of fluxes between authigenic and terrigenous ²³⁸U, ²³²Th, mineral and Bio-SiO₂ in the sediment core.

金の中性子自己吸収の評価と中性子束測定への適用

村田祥全・小村和久

〒923-1224 能美市和気町オ 24 金沢大学自然計測応用研究センター・低レベル放射能実験施設
Yoshimasa Murata and Kazuhisa Komura: Evaluation of neutron self-absorption in gold and application to measurement of neutron flux

[はじめに]

金の安定同位体である ^{197}Au の中性子捕獲反応 ($^{197}\text{Au}(n, \gamma)^{198}\text{Au}$) を利用する中性子検出器は、電気およびメンテナンスが不要であり、コストパフォーマンスや携帯性に優れ、あらゆる場所に設置可能であるという大きな利点がある。金沢大学低レベル放射能実験施設が保有する、尾小屋地下測定室に導入した極低バックグラウンド高純度ゲルマニウム半導体検出器を利用することにより、環境中の中性子束レベル (約 $10^{-2} \text{ n}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) の照射でも、生成する ^{198}Au を測定することが可能になった。しかし、 ^{197}Au の反応断面積の大きさゆえに、中性子の自己吸収があり、 ^{198}Au 生成量から中性子束を計算する際に、過小評価するという問題が生じるため、 ^{198}Au を中性子検出器として実際に利用する際には、中性子の自己吸収の程度をあらかじめ把握し、これを補正する必要がある。

これまでに筆者らは、金粒や重ねた金板を環境中性子および近畿大学原子炉内および炉外中性子による照射を行い、中性子の自己吸収を実験的に評価してきた。本研究では、近畿大学原子炉を用いて過去の実験よりも多数枚重ねた金板の中性子放射化を行った。生成する ^{198}Au の金 1 g あたりの放射能を比較することにより、金の厚みによる自己吸収の影響について評価し、金を検出器として用いる中性子束測定への補正の適用を目指した。

[実験方法]

約 $10 \times 10 \times 0.15 \text{ mm}$ 、重量約 290 mg の 30 枚の純金板を重ねたものを、近畿大学原子炉内の中央ストリング付近 (熱中性子束: $1 \times 10^7 \text{ n}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) で約 10 分間中性子照射を行った。照射後、高純度 Ge 半導体検出器を用いて、炉内照射した金板は 1 時間、炉外照射した金板は 3 日間 ^{198}Au の放射能をそれぞれ測定した。壊変補正を行い、金 1 g あたりの相対的な放射能を計算した。

[実験結果]

炉内照射した金板の ^{198}Au 放射能が最も強い外側の試料を 1 としたときの相対放射能の値をプロットしたものを Fig. 1 に示す。両側からそれぞれ 1 mm までは減少が大きいが、それより内側は 0.5~0.6 の間でほぼ一定の値であった。これは、金板に進入してきた中性子束は、金による吸収により減少していくが、中心に近い部分は両方向からの照射の影響を同程度に受けるため、見かけ上一定になっていると考えられる。

両側から中性子照射を受ける場合、 ^{198}Au 放射能は次式で表すことができる。

$$y = A \cdot e^{-ax} + B \cdot e^{-a(T-x)} \quad (1)$$

ここで、 y は ^{198}Au 放射能、 $A \cdot B$ は各側の相対的な中性子束、 a は中性子吸収係数、 T は重ねた金板の総厚、 x は金板の位置である。各側の最も外の金試料の ^{198}Au

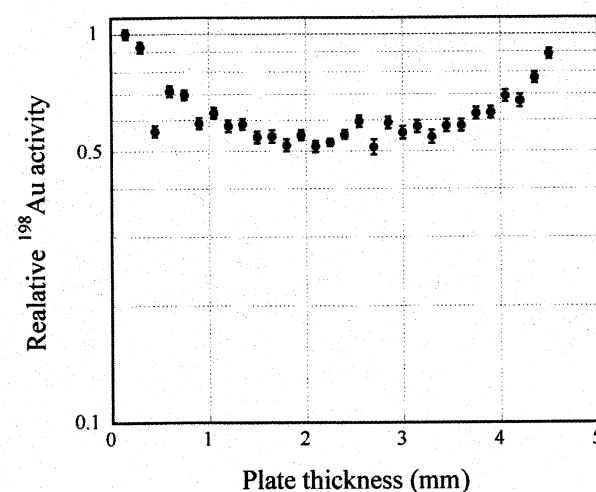


Fig. 1 Relative ^{198}Au activity in pure gold plates irradiated by neutron of UTR-KINKI

放射能の測定値より、 $A=1.0$ 、 $B=0.9$ とした。さらに $T=4.5$ を代入して、回帰分析により a の値を求めた。 $a=0.618$ を式(1)に代入して、式(2)が得られる。

$$y = 1.0e^{-0.618x} + 0.9e^{-0.618(4.5-x)} \quad (2)$$

両側からの中性子束が等しい場合、式(1)は式(3)ようになる。

$$y = e^{-0.618x} + e^{-0.618(T-x)} \quad (3)$$

自己吸収を求めるために、式(3)を x について 0 から T の範囲で積分すると式(4)ようになる。

$$\frac{2}{0.618} (1 - e^{-0.618T}) \quad (4)$$

自己吸収が全く存在しないと仮定すると、式(3)は $y=2$ となりこれを積分すると $2x$ となり式(4)を $2x$ で割ることにより、自己吸収を示す式(5)が得られる。

$$\frac{1}{0.618T} (1 - e^{-0.618T}) \quad (5)$$

式(5)を近畿大学原子炉内、炉外および環境中性子照射で行なった過去の中性子自己吸収の実験結果と併せて Fig. 2 にプロットする。図中に実線で示した式(5)は、近畿大学原子炉内で照射した金粒の実験結果とよく一致していることがわかる。しかし、環境中性子の実験結果とは多少ずれがあり、これは近畿大学原子炉内と環境中性子のエネルギースペクトルの差に起因すると思われる。とはいえ、差はそれほど大きくないことから、式(5)は環境中性子の自己吸収の補正の際の指標として利用可能であると思われる。

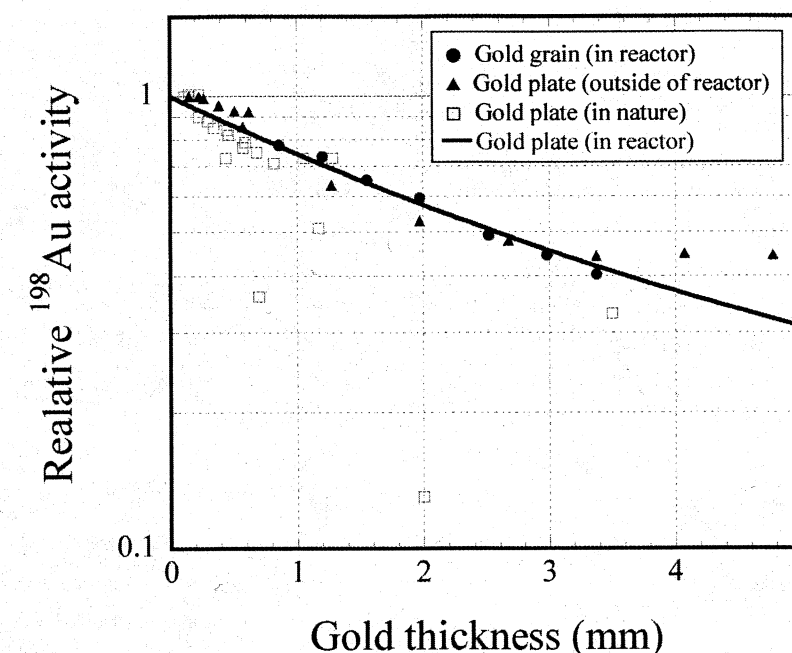


Fig. 2 Relative ^{198}Au activity obtained by many experimental to investigate neutron self-absorption of gold.

謝辞

本研究は、「平成 17 年度近畿大学原子炉等利用共同研究」の一部として行われ、実験の際には近畿大学原子炉研究所・森嶋彌重 所長ならびに古賀妙子 教授にご協力をいただいた。

日本海側（石川県辰口）における過去 15 年間の放射性核種 ^{40}K と ^{137}Cs 降下量の変動

山本政儀¹, 坂口 綾², 富田 純平³

〒923-1224 石川県能美市和気町オ-24, 金沢大学自然計測応用計測センター・低レベル放射能実験施設¹, 金沢大学大学院自然科学研究科^{2,3}

M. YAMAMOTO, A. SAKAGUCHI and J. TOMITA, Seasonal Variation of Atmospheric ^{40}K and ^{137}Cs Deposition in the past 15 years at Tatsunokuchi of Ishikawa Pref. facing the Sea of Japan

1. はじめに

我が国は、極東アジアの中緯度に位置するため、偏西風が卓越し、風上側のアジア大陸から日本海を経由して自然・人為起源物質が日本列島さらに北太平洋に輸送される。人為起源物質のエアロゾルによる気候変動の影響については、定量的な議論を行うための研究が精力的に進められている。最近では、自然起源の風送ダスト（黄砂）についてもその放射強制力による気候変動や海洋表層のプランクトン等の一次生産への影響評価、さらに大気中汚染物質のスカベンジャー等の面から実態把握と輸送モデルによる研究が重要視されている。

大気中には、種々の放射性核種、宇宙線起源の ^{35}S , ^7Be , ^{10}Be , ^{22}Na , や陸起源の ^{222}Rn , ^{210}Pb (^{210}Po)、U や Th 同位体、 ^{40}K さらに大気圏核実験起源の ^{90}Sr , ^{137}Cs , $^{239,240}\text{Pu}$ などが存在している (Fig. 1)。これらの放射性核種は、一定の物理的半減期で減少することに加え、供給源や供給量がよく把握されているために、大気の循環と混合過程、気団の移動、エアロゾルの挙動、汚染物の輸送や除去過程研究等のトレーサーとして多用されている。 ^{40}K は一般的には地殻起源である。黄砂を含む粘土鉱物中にイライトの占める割合が非常に高いことが知られている。イライトはその層状構造の間に K を取り込んだ粘土鉱物であり、その意味で K, ひいてはその同位体の放射性 ^{40}K は黄砂の主成分と関係があり黄砂降下量の指標になる。 ^{137}Cs は、1960 年代の大気圏核実験からの放射性降下物であり、1980 年代までにその殆どが地上に降下沈積し、現在大気中に見出せる ^{137}Cs は地上表層土壌からの再浮遊による。それ故、この核種も土壌起源の指標として見なせる。本研究は、大陸からの汚染物質の影響が最も懸念される日本海域に着目し、 ^{40}K および ^{137}Cs をトレーサーとして特に日本海側の大陸からの黄砂を含む土壌起源物質の長距離輸送の実態把握とその結果を長期・短期環境変動解析・予測に役立てることを目的として降下量の連続観測を進めている。ここでは、石川県辰口町（当実験施設、LLRL）で 1991~2005 年にかけて毎月測定してきた過去 15 年間の長期降下量の推移を報告する。

2. 試料採取・分析

降下物試料は、当実験施設屋上に設置した大型水盤（ステンレス製、受水面積 0.5m^2 ）で 1991

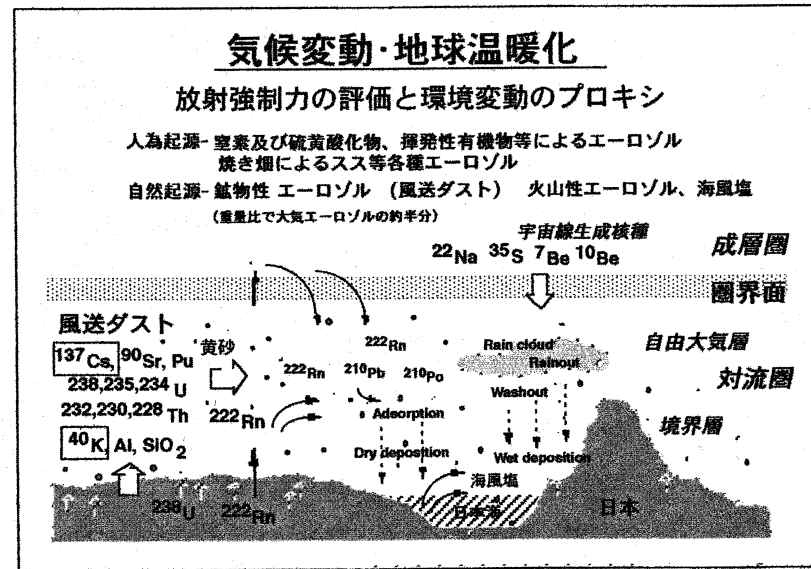


Fig. 1 Useful radioactive tracers used in the fields of atmosphere

年から月に採取した。試料は、陽・陰イオン交換樹脂（POWDEX）を充填した 2 段カラム（直径 5cm, 上部カラムに各 30g, 下部カラムに各 40g の樹脂）に直接通し放射性核種を含むダストや溶存成分を殆ど 100% の収率で捕集した。カラムから樹脂を取りだし乾燥・灰化 ($\leq 450^\circ\text{C}$)・混合後、一定の容器に詰めたものを測定線源として γ 線スペクトロメトリーにより ^{40}K および ^{137}Cs を定量した。2002 年以降は別途採取した雨水降下物試料を用いて溶存イオン (Na^+ , K^+ , Cl^- , SO_4^{2-} など) をイオンクロマトグラフィーで定量した。

3. 測定結果と考察

過去 15 年間の石川県辰口での ^{40}K および ^{137}Cs 月間降下量の推移を Fig. 2 に示す。 ^{40}K 月間降下量は、0.23~9.07, 平均 2.51 Bq/m^2 , 一方 ^{137}Cs のそれは、0.005~3.77, 平均 0.086 Bq/m^2 であった。 ^{40}K は冬から春先にかけて高く、夏季に低くなる明瞭な季節変動を示す。 ^{137}Cs は、 ^{40}K とは多少異なり春先の黄砂飛来時期（3~4 月頃）に高く、夏季は ^{40}K 同様に低く、全体として季節変動は示すものの降下量が漸減しつつある。1991 年 9, 11 月の異常に高い ^{137}Cs 降下量については、その原因は不明である。 ^{40}K 年間降下量は、25.8~46.6 Bq/m^2 （大部分は 30 Bq/m^2 前後）で、2002 年に高い降下量 (46.6 Bq/m^2) を示した。

K の発生源として、海塩粒子、土壌（表層土壌の舞上り、火山噴火、黄砂）、森林火災エアロゾル、さらに森林などの植物葉表面気孔からの放散（気温・湿度が高い時に顕著）が挙げられる。

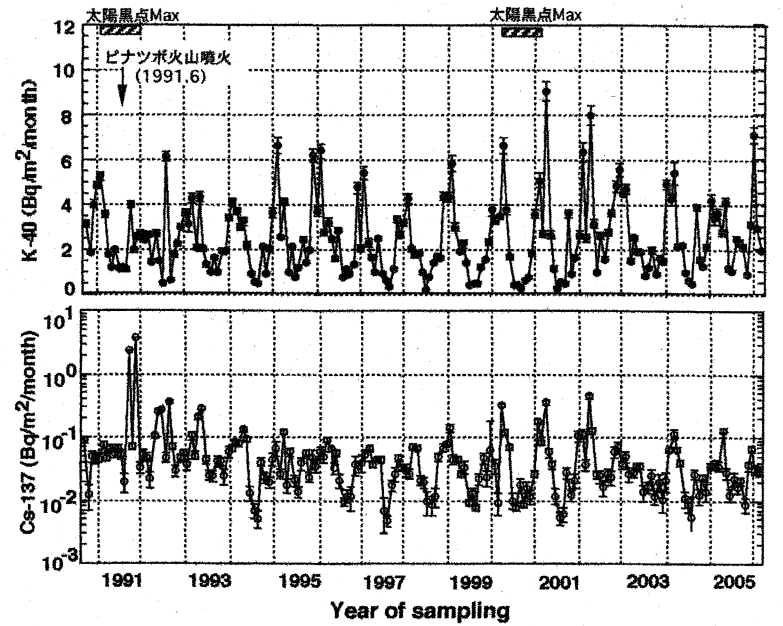


Fig. 2 Monthly depositions of ^{40}K and ^{137}Cs observed at Tatsunokuchi during 1991-2005.

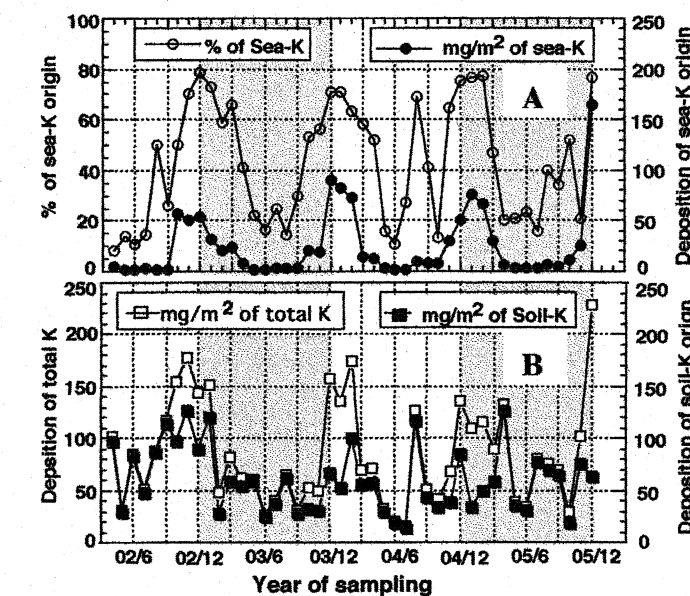


Fig. 3 Contribution of sea-salt K and soil-derived K in the K deposition observed at Tatsunokuchi in 2002-2005.

Fig. 3 に、 $0.45\mu\text{m}$ ミリポアフィルターでろ過した溶存成分について測定した海水起源 K 寄与%とその降下量、および全 K 降下量 (^{40}K (Fig. 2) より K 降下量に換算) と海水起源 K を差し引いた主に土壌に由来すると考えられる K 月間降下量を示した。採取期間中、降水に含まれる土壌からの K (Na) の溶出および溶存 K (Na) の土壌などへの吸着は無視できると仮定した。Fig. 3 の (A) に示すように、冬期には海水起源 K の割合が 60~80% と高い。海水起源 K 降下量は夏季には低く、冬期には $20\text{--}40\text{ mg/m}^2$ (2002 年 12 月を除去) もある。2003~2005 年の主に土壌に由来する K 降下量は $0.83\text{--}1.11\text{ g-K/m}^2/\text{y}$, 土壌換算で $23\text{--}27\text{ g-soil/m}^2/\text{y}$ と推定される (Fig. 3 (B))。K は発生源が幾つか有り、きめ細かな測定を通じての発生源別の変動解析が重要であり、特に土壌降下量の推移は環境変動解析のプロキシになる可能性を秘めている。

雨水中の短寿命宇宙線誘導核種の測定

桑原雄宇、阿部琢也、小村和久

自然計測応用研究センター 自然計測研究部門 低レベル放射能実験施設

Y. Kuwahara, T. Abe, K. Komura

はじめに

宇宙線と大気成分との反応によって生成する宇宙線誘導核種が1950-60年代に相次いで発見された。これまで半減期1時間以下の短寿命のものから100万年を超える長寿命のものまで約20の宇宙線誘導核種が知られている。大気の主成分である窒素や酸素原子から生成する ^3H , ^7Be , ^{14}C は比較的濃度が高く、地球化学トレーサーとして広く利用されているが、 ^{40}Ar から生成する質量数が18-39の宇宙線誘導核種のうち、半減期1日以下の短寿命核種は濃度が極めて低いのでトレーサー利用は皆無に近い。測定には、多量の雨水の短時間採取、迅速な化学分離濃縮、極低バックグラウンド放射能測定のための3条件をクリアすることが不可欠であり、同一試料で複数核種を同時測定したという報告はない。

通常のGe検出器より約2桁バックグラウンド計数の低い尾小屋地下測定室を利用して、雨水中の極微量の短寿命宇宙線誘導核種の γ 線測定を試みた。Table 1に検出できた宇宙線誘導核種を示す。

Table 1. 雨水中の宇宙線誘導核種

Nuclide	Half-life	Energy (keV)	abundance (%)
Cl-39	55.6m	1267.185	100
S-38	170.3m	1941.944	100?
Cl-38	37.24m	2167.405	42.4
Cl-34	32.0m	2127.492	100
Mg-28	20.91h	1342.25	52.6
(Al-28)	2.241m	1778.85	100
Na-24	14.96h	1368.63	100
Na-22	2.6019y	1274.53	99.94
F-18	109.77m	511	100
Be-7	53.29d	477.59	10.52

実験

[多量の雨水の迅速採取]

種々の方法を試みたがなかなか成功しなかった。最終的に到達したのは、雨樋を通して研究所屋上の一部29m²を集水域として雨を集める方法である。この方法によって、通常の降雨時で約30分、激しい降雨時には5分以内に50Lの雨を採取することが可能になった。

[迅速化学分離]

多量の雨水から短時間で宇宙線誘導核種を定量的に化学分離・濃縮する方法としてイオン交換法を採用した。宇宙線誘導核種は陰及び陽イオン形で存在していると考えられるので、陰イオンと陽イオン交換樹脂を同時に使用する必要がある。そのため、原子力施設の汚染水処理に使われている陰イオン交換樹脂POWDEX-POHと陽イオン交換樹脂Powdex-FCHの同時使用することにした。予備実験により、雨水10L当たり各樹脂2g以上を使えば、20-30分の攪拌(パッチ法)で陰イオン形および陽イオン形で存在する宇宙線誘導核種を定量的に分離できることを確認した。この方法で30分以内に50Lの雨水から約20mLの樹脂への2500倍濃縮が可能となった。ポリエチレン袋に回収した樹脂を封入したものを γ 線測定に用いた。

[極低バックグラウンド γ 線測定]

Table 1に示すように、短寿命宇宙線誘導核種には高エネルギー γ 線を放出するものが多いので、測定には尾小屋地下測定室に設置してある相対効率93.5%及び90%の同軸型Ge検出器を使用した。

辰口の研究室から約25分で尾小屋地下測定室へ運び1時間半以内に測定開始できるようになった。はじめの数時間は、 ^{39}Cl , ^{38}Cl 及び ^{18}F の測定を目的に約30分間隔で、以降は ^{24}Na と ^{28}Mg の測定を目的に数時間間隔で1-2日間(通常は1日)測定した。Fig. 1に γ 線スペクトルの例を示す。

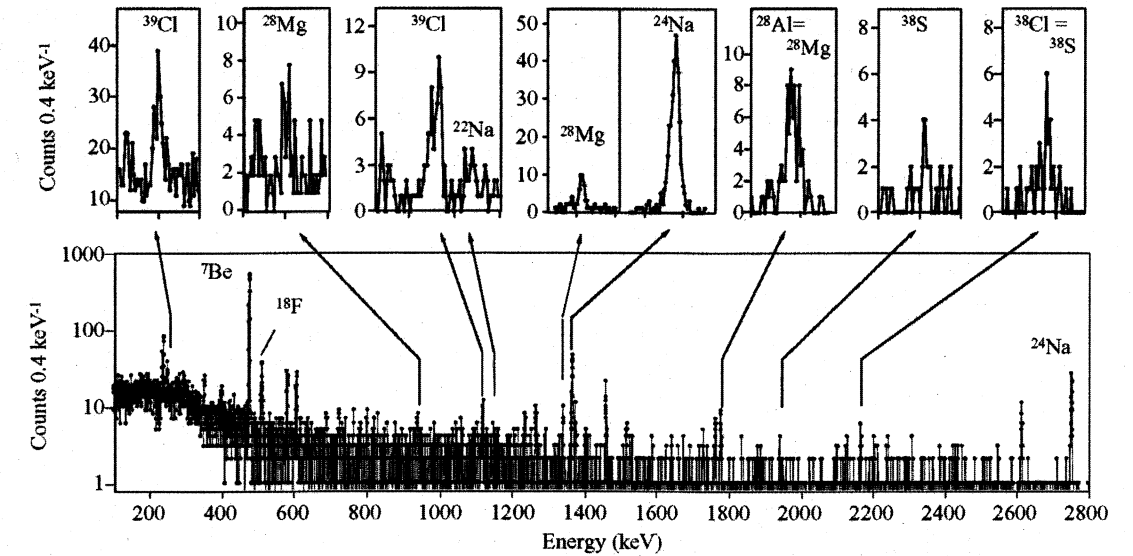


Fig.1 雨水の γ 線スペクトルの例。

Fig. 1から分かるように ^{39}Cl , ^{38}Cl , ^{38}S , ^{18}F , ^{24}Na , ^{28}Mg (^{28}Al), ^7Be 及び ^{22}Na (半減期順)の8核種が同時に検出されている。気象や降雨の状況で、図に示すようにすべてが検出されるわけではないが、 ^{24}Na , ^{28}Mg (^{28}Al)及び ^7Be はほとんどの雨水で検出することができた。スペクトル解析を行い、検出効率、 γ 線放出率、測定開始までの放射壊変等の補正を行い、1L当たりの原子数(atoms L⁻¹)を求めた。

結果

これまでに、50回以上の測定を行った。詳細は省くが、雨水1L当たりの濃度(原子数)として以下の値を得た。

^{24}Na : n=16, 30~1500, mean=520, ^{28}Mg : n=13, 80~600, mean=260, ^{39}Cl : n=6, 400~1900, mean=200, ^7Be : n=16, $1 \times 10^6 \sim 4 \times 10^7$, mean= 7×10^6 , ^{22}Na : n=9, $2 \times 10^3 \sim 1 \times 10^5$, mean= 2×10^4

[本研究の成果は2005年4月にブラジルのリオデジャネイロで開催された第8回国際会議NAMLS8と2005年10月にフランスのニースで開催された第2回環境放射能国際会議で発表したほか、2005年9月金沢で開催された第49回放射科学討論会及び2006年3月にKEKで開催された環境放射能研究会で発表した。]

^{108m}Ag を用いる新しい原爆中性子評価法

自然計測研究部門 低レベル放射能実験施設

小村和久

New Method for the evaluation of Atomic Bomb neutrons by ^{108m}Ag

K. Komura

はじめに

広島・長崎の原爆によって生成した ¹⁵²Eu (半減期 13.54 年) の実測と計算値の不一致問題は kg レベルの花崗岩から分離したユロピウム試料の極低バックグラウンド測定によって解決され、新しい原爆被ばく線量評価方式 DS02 が策定された。原爆投下 60 年を経た現在では、爆心から 1km 以上の ¹⁵²Eu の検出は極めて困難な状況にあり、これに代わる新しい方法が模索されていた。核データを検討する中で、中性子捕獲反応断面積が小さくて考慮されなかった半減期 418 年の ^{108m}Ag を用いる方法を思いついた。

Table 1. ^{108m}Ag 及び ¹⁵²Eu を用いる原爆中性子評価法の感度の比較

項目	データ	^{108m} Ag	¹⁵² Eu	^{108m} Ag/ ¹⁵² Eu
核データ	半減期	418年	13.5年	0.032
	ターゲット同位体	¹⁰⁷ Ag (51.84%)	¹⁵¹ Eu (47.88%)	1.083
	放射化断面積 (cm ²)	1.30E-24	5.90E-21	0.000
試料	被ばく試料	銀製品,他の金属製品	岩石	
	典型的元素濃度	100~1%	< 1 ppm	> 10,000~ 1,000,000
測定		437 keV (90.5%)		
	γ線 (放出率)	615 keV (89.8%)	344 keV (26.6%)	10.2
		723 keV (90.8%)		
壊変	2005年	0.913	0.0599	15.2
	2050年	0.840	0.0046	181.5
	2100年	0.773	0.0004	2,159.9
	3000年	0.174	3.50E-24	5.0.E+22
総合 (純銀)	2005年			1,200
	2050年			14,300

Table 1 に示すように中性子捕獲によって銀から生成する ^{108m}Ag の測定は岩石中に ppm レベルしか存在しないユロピウムから生成する ¹⁵²Eu よりも約 3 桁感度が高いことが分かる。中性子捕獲断面積が約 4 桁小さいという欠点がターゲット原子数が 6 桁高いことで克服され、さらには半減期が長いので、放射壊変が殆どないこと、^{108m}Ag からの γ 線の放出率が高いことに誰も気付かなかったのである。

測定

2005 年 4 月から広島・長崎の原爆資料館から被爆資料を借用し尾小屋地下測定室の大型 Ge 検出器による測定が行われた。に爆心から 4.50m 地点で被ばくした勲章 (Ag 95%) の γ 線スペクトルを Fig.1 に示す。予想した通り、高濃度の ^{108m}Ag が検出され、^{108m}Ag を利用する原爆中性子線量評価が感度の高さが極めて感度が高いことが確認された。似島 (にのしま) に埋葬された原爆犠牲者 (被爆地点不明) が身につけていたと考えられる真

銀製の指輪試料は蛍光 X 線分析による銀の検出ができなかったが、Fig.2 に示すように ^{108m}Ag が明瞭に検出されている。^{108m}Ag の感度の高さを示すとともに、岩石中の ¹⁵²Eu の測定では不可能な犠牲者の中性子線量の直接評価が可能な点で画期的な方法である。

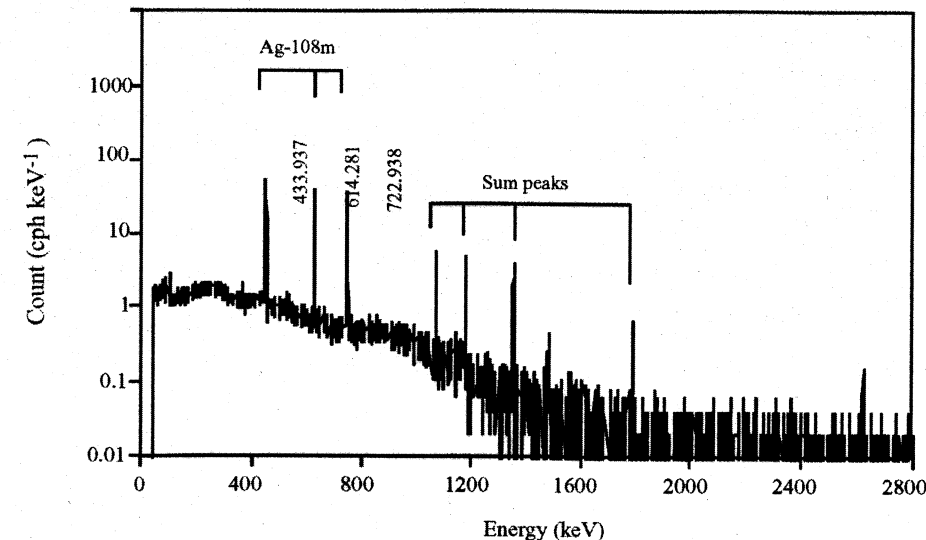


Fig.1. 広島原爆の爆心から 450m 地点で被ばくした銀製の勲章の γ 線スペクトル。

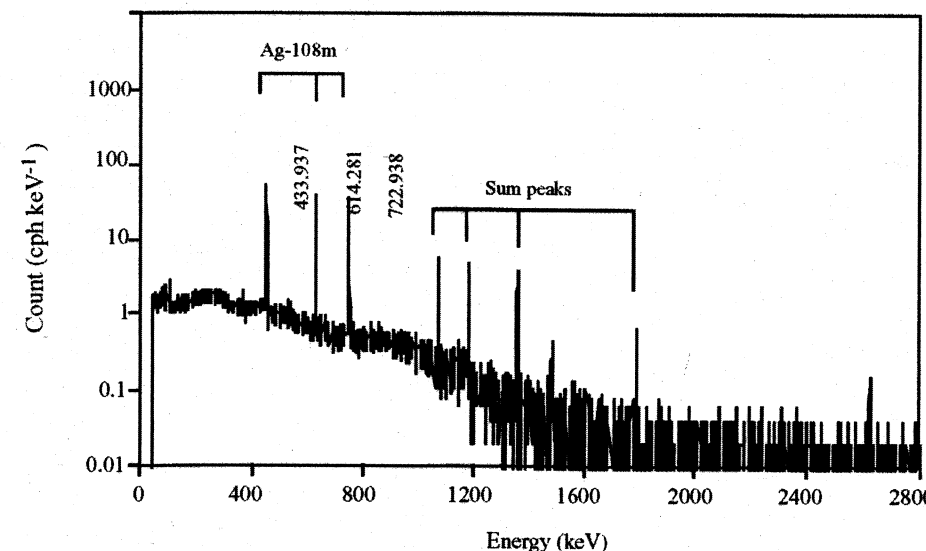


Fig.2 似島に埋葬された犠牲者が身につけていた真銀製の指輪の γ 線スペクトル。

銀貨、銀を含む指輪、銀製のロザリオなどの測定が可能になれば、広島では爆心から 1.6km 長崎では 1.4km 地点の中性子線量の測定も可能と考えられる。

測定試料を貸していただいた広島と長崎の原爆資料館及び本研究に対する研究助成をいただいた放射線影響協会に深く感謝する。

[第 49 回放射化学会(2005.9 金沢)および第 48 回放射線影響学会(2005.11 広島)で発表した。]

物質中の環境中性子分布 -MCNP との比較-

浜島靖典, 小村和久

923-1224 金沢大学自然計測応用研究センター・低レベル放射能実験施設

Yasunori Hamajima and Kazuhisa Komura: Depth profiles of environmental neutron in liquids and solids

1. はじめに

環境中性子の起源は、1 次宇宙線と大気との核破砕反応による 2 次宇宙線成分の一つとして、また一部は放射性壊変による事が知られている。環境中性子誘導核種は、地球科学分野で年代測定や浸食の研究に有用に用いられている。一方、極低レベル放射能測定、例えば広島長崎の残留放射能測定や JCO 事故による誘導放射能測定の際には、環境中性子誘導核種は妨害となる^{1, 2}。いずれの場合も、物質中の環境中性子誘導核種分布、或いは中性子束分布を知ることが重要である。しかし、1970 年代以後、カウンターを用いた大気中の高度分布は報告されているが、固体や水中深度分布の詳細な報告例は少なく、計算により推定されていた³。本研究では、金箔を環境中性子で照射し¹⁹⁷Au(n, γ)¹⁹⁸Au 反応で生成した Au-198 を測定することにより、淡水、海水、コンクリート、鉄及び鉛中の環境中性子束分布を深度分解能、中性子束共に精度よく測定した。この測定は、旧尾小屋鉱山トンネル内の地下測定室（水深換算 270m）に設置した計 11 台の高分解能・高効率・極低 BG の Ge 検出器⁴を同時に用いる事で可能となった。また実験結果と MCNP 計算との比較も報告する予定である。

2. 実験

16 から 33g の金箔（約 40 x 300 mm, 0.1mm 厚）7-10 枚を、淡水、海水中に水平に吊るした。また重ねたコンクリート板、鉄板、鉛板の間に挿入した。照射は約 20 日行った。測定は尾小屋地下測定室の Ge 検出器計 8-10 台で、生成した Au-198 の 412keV ガンマ線を約 4 日間同時に測定した。金標的中の放射能は全て熱中性子によって生成したと仮定し（反応断面積 98.8b）、各深度の中性子束を求めた。標的中の中性子自己しゃへい、標的輸送中の照射、測定ガンマ線の自己吸収、計数効率等の補正を行った⁵。

3. 計算

計算コードは MCNP 4C を用いた。図 2 のように直径 40-200m 高さ 10m の大気空間と同じ直径で深さ 1m のしゃへい物質のセルを定義した。中性子源は図 3 のように、文献により異なる 3 種類の環境中性子エネルギースペクトル^{6,7,8}をテストした。

4. 結果と考察

実験結果の中から、特徴的な分布をもつ淡水、コンクリート及び鉛中の環境中性子束深度分布を図 1 に示す。図中の誤差はピーク面積の統計誤差のみを示した。深度 0 g cm⁻² の絶対値の差は、照射期間中の空気中環境中性子束強度差に由来する。水中の分布はほぼ指数関数的に減少、コンクリート中では 30 g cm⁻² から 40 g cm⁻² まで増加後減少、鉛中では表面付近で減少し、その後 227 g cm⁻² までの範囲ではほぼ一定で、極大は見られなかった。海水中の分布は 100 g cm⁻² まで単調減少ではないが淡水とほぼ同じ、また鉄中の分布は鉛の分布とほぼ同じであった。固体中の分布は、照射セットアップ条件の差が、特に浅い深度分布に影響している可能性がある。図のように、物質によって中性子束深度分布は大きく異なる。コンクリート中の分布

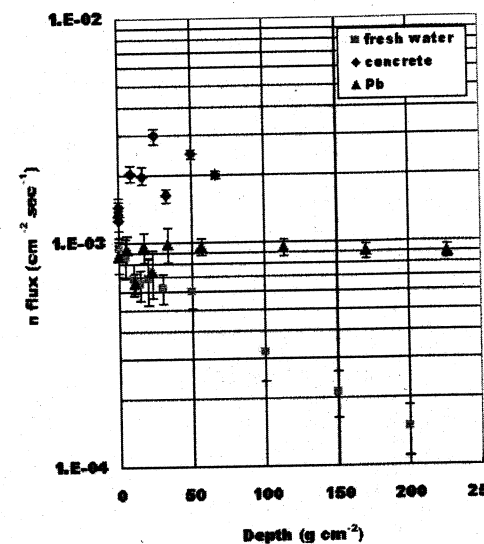


Fig.1 Depth profiles of environmental neutron flux in fresh water, concrete, and lead.

から高速中性子の寄与が大きい事が予想される。

MCNP によりこれらの違いが再現するか、また照射セットアップ条件の違いが結果に影響を与えるかも検討中である。計算には空間のセルの定義方法、初期の中性子のエネルギー分布、空間配置、方向性など計算パラメータの設定が重要であることがわかった。予備的な結果の一部を図 4 に示す。3 種類の環境中性子エネルギースペクトルを用いて計算した淡水中の全中性子の深度分布は、図 1 の実験値と似た減少傾向は示すが、減少の大きさはどのエネルギー分布を用いても全く再現していない。どの中性子エネルギーが、実験に用いた金の放射化に寄与しているか検討する必要がある。或いは金の反応断面積と中性子エネルギー分布を全範囲で積分し生成した金の放射能の深度分布を求める必要があるかもしれない。さらに既報の文献では MCNP3B がよく用いられているが、新版の MCNP 4C でさえ 20MeV 以下のエネルギー範囲でしか計算できない。Nakamura らのエネルギースペクトルは 100MeV 付近にも分布の極大があるので、MCNPX などさらに高速中性子を考慮した計算コードを用いなければならぬかもしれない。

文献

- 1) Komura, K. and Hamajima, Y., Applied Radiation and Isotopes, 2004, **61**, 185-189.
- 2) Komura, K., J. Radiation Research, 2001, **42**, S17-S29.
- 3) Dunne, J. A. and Elmore D., Earth and Planetary Science Letters, 2003, **206**, 43-49.
- 4) Hamajima, Y. and Komura, K., Applied Radiation and Isotopes, 2004, **61**, 179-183.
- 5) Hamajima, Y. and Komura, K., Radioactivity in the environment, International Conference on Isotopes and Environmental Studies, Vol. 8, (2006) 511-519.
- 6) Armstrong T. W. et al., Journal of Geophysical Research **78**, 2175-2726(1973)
- 7) Nakamura T. et al., Journal of Nuclear Science and Technology **42**, 843-853 (2005)
- 8) Dep L. et al., Nuclear Instruments and Methods B **92**, 321-325 (1994)

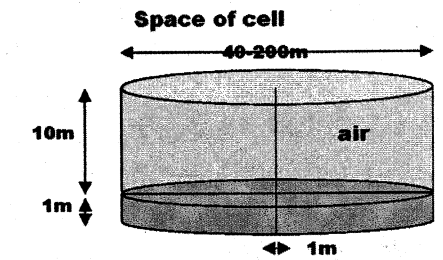


Fig. 2 Space of cell on MCNP

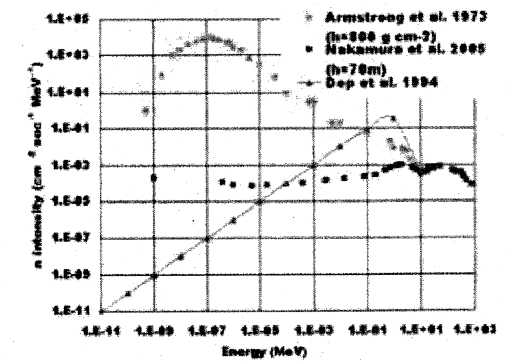


Fig.3 Energy distribution of three environmental neutron sources.

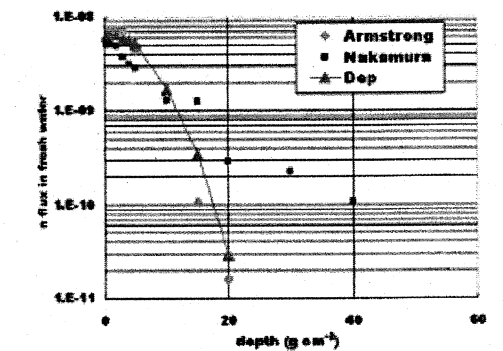


Fig.4 Total neutron depth profile in fresh water

黄砂発生源上空で採集された黄砂粒子の硫黄化合物による変質程度

山田丸¹・岩坂泰信²・石広玉³・松木篤²・ディミトリ トロシキン²・張代洲⁴・長谷正博⁵・金潤爽²・長谷徹志⁶・沈志宝⁷・早川和一¹

¹〒920-1192 金沢市角間町 金沢大学大学院自然科学研究科；²〒920-1192 金沢市角間町 金沢大学自然計測応用研究センター；³100029 中国北京市 中国科学院大気物理研究所；⁴〒862-8502 熊本市月出3-1-100 熊本県立大学環境共生学部；⁵〒442-8507 愛知県豊川市穂ノ原3-13 名古屋大学太陽地球環境研究所；⁶〒464-8601 名古屋市千種区不老町 名古屋大学大学院環境学研究所；⁷730000 中国蘭州市 中国科学院寒区乾区環境技術研究所

YAMADA Maromu, IWASAKA Yasunobu, SHI Guangyu, MATSUKI Atsushi, TROCHKINE Dmitri, ZHANG Daizhou, NAGATANI Masahiro, KIM Yoon-suk, NAGATANI Tetsuji, SHEN Zhibao and HAYAKAWA Kazuichi: Modification degree of KOSA particles by sulfur compounds in the free troposphere over a KOSA source region

【はじめに】

黄砂は中国およびモンゴルの乾燥地帯に大規模な発生源を持っている。発生源において上空（自由対流圏）まで巻き上げられた大量の鉱物粒子（黄砂粒子）は、偏西風によって風下に輸送され、時には北アメリカにまで長距離輸送される。その際に、黄砂粒子は太陽放射収支や雲物理過程を通して地域規模或いは地球規模で気象・気候に影響を及ぼす。また、輸送中に黄砂粒子表面が周囲のガスやエアロゾルとの化学反応場として振る舞うことが知られており、この様な黄砂粒子の変質を通して、黄砂は直接・間接的な放射影響、酸性雨、生物地球化学的循環に強く作用する。これらのメカニズム或いは環境影響を理解するためには、黄砂の輸送高度（自由対流圏）におけるエアロゾル粒子の混合状態、鉱物粒子の化学組成および表面状態についての情報が必要である。しかしながら、黄砂発生源上空においてこれらの情報は全くない。

そのため、本研究では、大規模な黄砂発生源の一つであるタクラマカン砂漠上空の黄砂粒子を気球を使って直接採集し、電子顕微鏡により粒子一つ一つの形態、元素組成を観察した。ここでは、長距離輸送初期段階における黄砂粒子の硫黄化合物による変質の程度について報告する。

【試料採集・分析方法】

2002年～2003年にかけて、タクラマカン砂漠東に位置する中国敦煌市において、エアロゾルサンプラー（約9kg）を気球に搭載し3-5km、5-7km、7-9kmの各高度でエアロゾル粒子を直接採集した。観測は、春に2回、夏に1回行い、いずれも晴天で視程のよい日であった。サンプラーは2段式ローボリュームインパクターを3つ用い、サイプラーに取り付けられたGPSからの信号によってインパクターのインレットとアウトレット部に取り付けたバルブの開閉を制御することにより、高度の異なる3層でのエアロゾル採集を可能にした。エアロゾル粒子は炭素蒸着したコロジオン膜上に採集した。気球は約300m/minで上昇した。試料は、地面落下後数時間で回収に成功し、地上大気・温度湿度変化による影響はないと考えられる。回収された試料は、走査型電子顕微鏡とエネルギー分散型X線分析器を用いて、粒子一つ一つの形態と元素組成について分析した。観測で用いたサンプラー装置、試料回収の詳細については山田他(2004)によって報告されている。

【結果と考察】

黄砂発生源上空の自由対流圏において採集された鉱物粒子742個（2002年8月：83個、2003年3月：420個、2004年3月：239個）の分析結果をもとに、硫黄化合物による鉱物粒子の変質の程度を議論する。ここで議論する鉱物粒子とは、EDX分析によって、Si, Al, Mg, Ca, Na, Fe, Tiの鉱物由来の元素が検出された粒子をさしており、重金属(Zn, Cr, Pb)を含む粒子やバイオマス燃焼由来とおもわれる粒子はここでは省く。また、粗大粒子($d > 1.0 \mu\text{m}$)と微小粒子($d < 1.0 \mu\text{m}$)を比較することで、粒径の違いによる変質程度の違いを調べる。

図1は、採集された鉱物粒子の総数に対して、硫黄が検出された鉱物粒子の個数頻度を示している。ここでは、硫黄含有鉱物粒子をその鉱物組成と硫黄の相対質量比をもとに3つに分類した。(1)質量比が $S/(Ca+Na) < 1$ 、(2) $S/(Ca+Na) > 1$ 、(3) Ca或いはNaを含有しない鉱物粒子からSが検出された粒子である。ここで、 $S/(Ca+Na) < 1$ の粒子は、もともと天然に存在する石膏($\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$)或いはテナーダイト(Na_2SO_4)の可能性があり、硫黄が検出されたからといって、大気中で変質されたとは限らない。一方で、 $S/(Ca+Na) > 1$ やCa, Naを含まない鉱物粒子にSが含有されている粒子は大気中で硫黄酸化物を取り込み、変質したと考えられる。ここで後者の2つを変質された粒子と仮定すると、敦煌上空では粗大域で4～10%、微小域で6～43%の鉱物粒子がすでに硫黄酸化物によって変質を受けていた。2002年夏に採集した粒子は、他のものと比べると例外的に高い頻度で変質を受けていた。この現象は次のような説明が可能である。即ち、春季のようにタクラマカン砂漠で砂塵が頻繁に観測される気象条件のとき、自由対流圏中の鉱物粒子の大部分はタクラマカン砂漠から直接供給されているので、硫黄化合物による変質を受けている鉱物粒子の割合が低い。一方で、タクラマカン砂漠の大気が非常に静穏時には、タクラマカン砂漠から自由対流圏に供給される鉱物粒子が少なく、他の地域（例えば、ヨーロッパや中東）から既に変質を受けた鉱物粒子がタクラマカン砂漠上空に輸送されたと考えられる。そのため、2002年夏に観測されたように、大気中で寿命の長い微小粒子域の鉱物粒子が高い割合で変質を受けていたことが示唆される。

偏西風支配下に位置する日本の大気環境は、中国や韓国上空の大気状態を把握することが必須であり、東アジアの大気環境を理解するために今後も中国或いは韓国との共同研究が数多く行われるだろう。本研究では日本（金沢大学21世紀COE、金沢大学自然計測応用研究センター、名古屋大学環境学研究所）と中国（中国科学院大気物理研究所、中国科学院寒区乾区環境技術研究所）との共同で研究が行われ、多くの研究成果が得られただけでなく、日中の研究者間で将来に繋がる良好な協働関係を築くことができた。

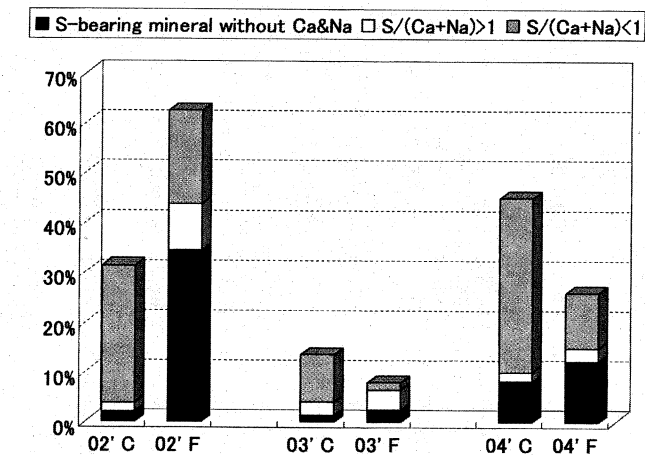


図1. 鉱物粒子の総数に対するの硫黄を含有する鉱物粒子の個数頻度。図中のC、Fはそれぞれ粗大粒子($d > 1 \mu\text{m}$)、微小粒子($d < 1 \mu\text{m}$)を示している。

天然微細鉱物の共生効果によるアミノ酸重合触媒作用

大田由紀恵¹・佐藤努²

¹〒920-1192 金沢市角間町 金沢大学大学院自然科学研究科

²〒920-1192 金沢市角間町 金沢大学自然計測応用研究センター

1. はじめに

未だ解き明かされていない生命の起源の謎のひとつが「アミノ酸はどのようにして生体へとつながるペプチド（ひいてはタンパク質）になったか？」である。生成されたアミノ酸がペプチド化するためには、反応に十分なまでに濃集され、ペプチド結合生成を促す脱水環境にさらされなければならない。現在までに生命誕生の場として最も注目を集めているのは海底熱水噴出孔である。この場所では生体の材料となりうる有機物や、生命活動の維持に必要な金属元素、脱水反応に求められるエネルギーの供給がさかんなためである。しかし、海底熱水噴出孔は常に海水と接していることで加水分解の危機にもさらされている。また、100°Cを越える高温環境では環状無水物の生成が促進されてしまい、それによりタンパク質の生成につながる直鎖のペプチドの生成が阻害されてしまう。このように、海底熱水噴出孔では長いペプチドの生成とその生き残りに関する問題が残る。

一方で、古くから鉱物表面は、有機分子に対して非常に高い吸着特性と触媒作用を示すことが知られている。鉱物表面でアミノ酸水溶液が蒸発するとペプチドが生成されることに注目し、多くの研究者らによってそのメカニズムの解明が試みられてきた(Lahav et al. 1978; Lawless and Levi 1979; Bujdak et al. 1994, 1995, 1996; Bujdak and Rode 1996, 1997)。このペプチド化は、干潟モデルとして認識されている。すなわち、干潟において、潮汐サイクルにより繰り返し鉱物表面が濡れたり乾いたりする環境を模擬しているのである。鉱物表面の触媒特性は、周囲の相対湿度の程度によっても大きく影響を受けるため、干潟のような環境で鉱物表面の触媒特性が時々刻々と変化することが期待できる。しかし、現在まで様々な側面から精力的に研究されているにもかかわらず、繰り返し蒸発乾固法を用いてはアミノ酸モノマーを出発物質としてトリマーより大きな直鎖のペプチドは生成されておらず、またその原因についても解明されていない。

先行研究において、ペプチド化に対する触媒効果は鉱物種により異なる特徴があることが明らかにされている。例えば、アルミナやシリカといった酸化物はモノマーからダイマーを生成することに長け、粘土鉱物はダイマーからそれ以上のオリゴマーを生成することに長けることが知られている。しかし、それらの研究では各鉱物の単独系のみの実験しか行われていない。アルミナやシリカ表面のアルミノール、シラノールは様々な造岩鉱物の表面を代表し、粘土鉱物はそれらの風化生成物として卑近に存在している。天然においてそれらは通常混合して存在しているのが一般的であるので、それぞれが相補的に作用してより長いペプチドが生成した可能性も考えられる。

そこで本研究では、鉱物表面によるより長い直鎖のペプチドの生成を目標とし、繰り返し蒸発乾固によるペプチド生成メカニズムの詳細について考察した。特に、先行研究によってその触媒効果が確認されているアルミナ、シリカ、粘土鉱物(酸性白土(HM)、Ca型モンモリロナイト(CaM)、Na型モンモリロナイト(NaM))の混合系の触媒効果について検討した。

2. 実験手法

本研究における実験方法は以下を基本とした。まず 1.5ml の茶褐色のバイアルに 10mg の鉱物パウダーと 10mM のアミノ酸溶液(グリシン、アラニン) 1ml を混合し、よく懸濁させる。この懸濁液を 95°C の恒温炉に入れて完全に蒸発乾固させ加熱してから 24 時間後に再び 1ml の水を加えて湿潤状態にした。混合系は 2 種の酸化物、3 種の粘土をそれぞれ(酸化物:粘土) 100:0、75:25、50:50、25:75、0:100 の割合で混合し作成した。また、様々な影響因子とペプチド生成の関係を明らかにするために、塩濃度、pH、添加蒸留水の量、乾燥時間、繰り返しサイクル数を変数とした実験も行った。上記の実験に供した試料は、14 サイクル後の乾固時に 100mM の CaCl₂ 溶液を 600 μl 加えて抽出し、高速液体クロマトグラフィー(HPLC)によって生成されたペプチド(グリシン無水物:GA、ジグリシン:DG、トリグリシン:TG、テトラグリシン:TEG、アラニン無水物:AA、

ジアラニン DA) を定量した。

3. 結果と議論

まず、鉱物の入っていない Blank 系と鉱物混合の系を比較したところ、明らかに鉱物による GA、DG 生成の促進が認められた (Fig.1)。最もペプチド生成を促進したのは Ca 型モンモリロナイトであり、この結果は先行研究と調和的であった。しかも全ての粘土鉱物の系において、層間イオンの種類によりペプチド生成量は異なるものの、先行研究のそれを上回っていた (HM:GA 3.29%, DG 1.04%, CaM:GA 8.96%, DG 1.74%, NaM 2.74%, DG 0.934%)。特に、先行研究において最も触媒効果が低いと考えられていた Na 型モンモリロナイトでのペプチド生成量は先行研究と大きく異なるものとして特筆に値する。また、モンモリロナイトにおいては、粉碎により GA 生成量が減少することから、モンモリロナイトの層間 GA 生成の優勢な場として作用しているものと推察される。これは、高温 X 線回折分析の結果からも支持されている。アミノ酸溶液中の鉱物粒子のゼータ電位の測定を行ったところ、HM は端面、CaM や NaM は層間がアミノ酸との相互作用の優勢なサイトであることが判明した。これは BET による比表面積の測定結果から、HM の端面積が CaM や NaM に比べて非常に大きいためと推測される。一方、すべての系でトリマーよりも長いペプチドの生成は確認されなかった。しかし、ペプチドの分子量が大きくなるほど疎水的になるために層間からの抽出が困難になり、抽出できないものに関しての同定や定量ができていない。実際にどの程度のオリゴマーまで生成されているかについては、抽出方法の検討を詳細に行う必要があり、トリマーより長いペプチドの生成の可否については不明のままである。

鉱物の表面特性は、等電点を境界に pH の変化に大きく左右される。特にシリカの等電点は本実験系の標準的な条件下からは大きく外れるため、塩酸によりシリカの等電点付近の pH 2.5 に調節した実験も行った。その結果、シリカによるペプチド生成量が増大し (GA 1.07%、DG 3.76%、TG 1.11%)、テトラマーとみられるピークも検出された (Fig.2)。また、GA の生成は抑えられ、より長いペプチドの生成が促進されていた。

グリシンを用いた鉱物混合系においては、共生効果による明瞭なペプチドの生成促進は認められなかった。しかし、HM の系では HM の存在がペプチド生成量を決定しているため、混合している酸化物の存在比の増加に伴って生成するペプチドの全体量は減少するが、直鎖ペプチドの生成量は減らず、環状無水物の生成量のみが抑えられていた。これは、この混合系において、より長いペプチドを生成するために必要な直鎖のペプチドの生成が優先的であることを示している。この混合効果は、特に塩濃度の高い環境で顕著であった。鉱物が単独で存在する場合は、すべての系において Blank の直鎖のダイマーの生成量を上回ることにはなかったが、混合系においてはその生成量が増加し Blank を上回った (Fig.3)。塩濃度の高い条件では各鉱物表面へ優先的に塩が吸着しアミノ酸の触媒サイトを奪う。単独の鉱物では、粘土の場合の層間と端面の特性の違いによる吸着量の差を考慮しても、その全ての表面に塩がほぼ一様に吸着していると考えられる。しかし混合系では複数の鉱物表面が存在することで、より塩を吸着する粘土の層間や酸化物の表面とよりアミノ酸を吸着する粘土端面という分配があるものと推察される。それが結果としてアミノ酸の層間への吸着を阻害し端面への選択吸着を導くため、直鎖のペプチドがより効率的に生成されたものと推定される。

またアラニンを用いた実験系では標準的な実験条件においても明瞭に、同様の鉱物の共生効果が認められた (Fig.4)。アルミナ、シリカの酸化物単独の系ではペプチドは検出限界以下、モンモリロナイトのみの系では環状ジアラニン、直鎖のジアラニンがほぼ等量であったのに対して 2 種の混合系では直鎖のペプチドが環状のジアラニンを上回って生成されており、直鎖のペプチドが優先的に生成されている。

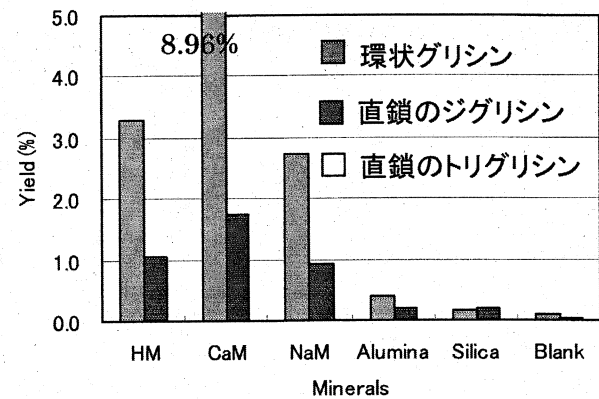


Fig.1 各鉱物を触媒としたときのグリシンペプチドの生成量。

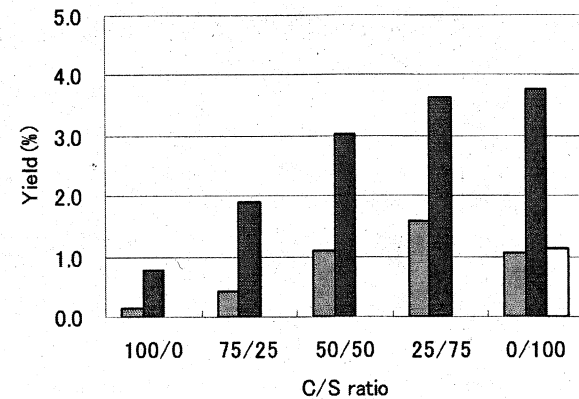


Fig.2 pH2.5 に調整した実験条件下での混合触媒によるグリシンペプチドの生成量。酸性白土とシリカの混合系。

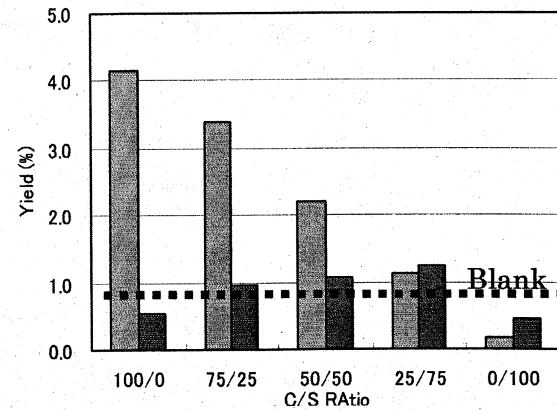


Fig.3 高塩濃度環境下での混合触媒によるグリシンペプチドの生成量。酸性白土とシリカの混合系。横軸は酸性白土とシリカの混合割合を表す。

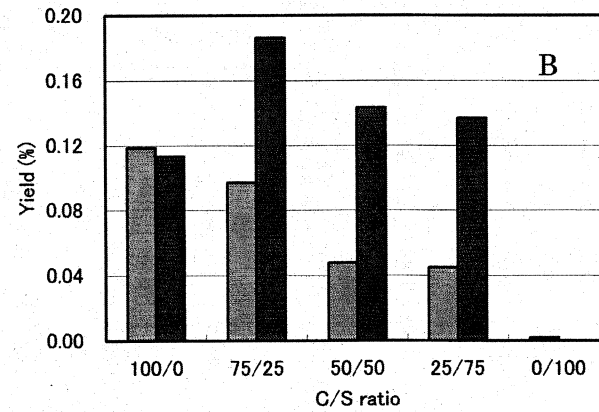
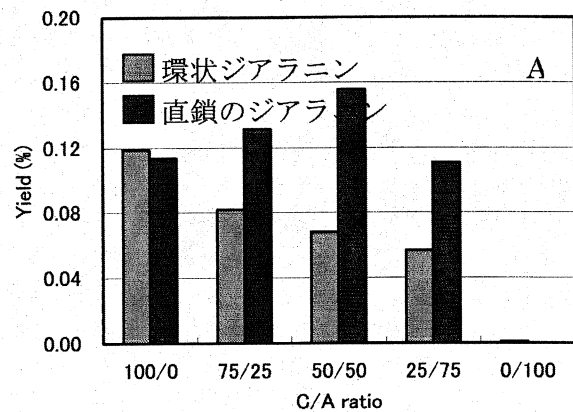


Fig. 4 標準的な実験条件下での混合触媒によるアラニンペプチドの生成量。酸性白土とアルミナ(A)、シリカ(B)の混合系。この実験においては鉱物の存在しない Blank の系でのペプチドの生成量は検出限界以下。

4. 結論

上述のように、モンモリロナイトは他の酸化鉱物に比べてペプチド生成を促進する。しかし、優先的に環状グリシンを生成してしまうので直鎖のペプチドの生成を阻害している可能性が高い。そのため高塩濃度や酸化鉱物との混合系での実験結果で明らかのように、層間に吸着するアミノ酸量を抑制し端面に吸着するアミノ酸を集中させることが、ペプチドの総生成量を減少させるより長いペプチドの生成につながるものと予想される。また、アルミナを除き、各鉱物の等電点付近でペプチド生成が促進されることから、鉱物表面の特性を見据えて反応する溶液の pH 条件を考慮することも重要である。ゆえに、pH などによって鉱物表面特性の制御することや様々な表面特性を有する鉱物を共生させることで、環状無水物の生成を抑えて直鎖のペプチドの生成を促進することが可能であることが明らかとなった。

2001年春の韓国済州島高山で観測された大陸沿岸上空に見られる大陸起源大気と海起源大気：自由対流圏エアロゾルの特性

金沢大学 自然計測応用研究センター

洪 天祥、岩坂泰信

韓国 光州科学技術院 環境モニタリング新技術研究センター

金 英俊

Abstract

北東アジアにおいて偏西風影響を明らかにするために、2001年3月と4月に韓国済州島の高山(33.28N, 126.17E)に到達する気塊の起源および経路を米国海洋大気局(NOAA)のHYSPPLIT-4を用いて、解析した。気塊の流跡線を検視した結果は、時間の経過と共に、特に高さ4km未満の高度領域で行くと共に海の気塊の影響が顕著になる事を示めた。地表近くから10km高度までの範囲で、大陸起源の気塊が検出された頻度を海起源のそれと比べると(海/大陸; 本稿では海・大陸比と呼ぶ)その値は3月から4月に掛けて3.5倍になった。高度範囲を4km以下に限定すると3.9倍になり、下層大気では海起源大気の寄与が著しく、増加する傾向が示唆された。LIDAR、その他の観測結果は、上述の示唆を裏づけており、大陸起源大気と海起源大気の混交状態が時間の経過に伴って大きく変化する事をしめしている。

Introduction

北東アジアでは、自然起源及び人為起源のガスや粒子状物質を含む気塊が偏西風によって、アジア大陸から太平洋へ頻りに輸送されている事が知られている(Uematsu et al., 1983; Iwasaka et al., 1983; Kim et al., 1996; Arimoto et al., 1996)。また、野外観測とモデル・シミュレーションに基づいた多くの研究によって、西方へ長距離に輸送された黄砂粒子が地球規模、あるいは地域規模の環境に重要な役割をはたしている事が明らかになっている。しかしながら、大陸の沿岸地域の気塊は大陸の空気だけでなく海の空気によっても特徴づけられているはずである。海起源の気塊は一般的には人為起源のガスや粒子を多量に含む事は無く、比較的清潔な大気と考えられている。このため、大陸起源の気塊に対する関心の高さに比べると海起源大気への関心は余り高くない。しかし、黄砂粒子の変質等に大気中の水分が深く関与している可能性が高い(Iwasaka et al., 1988; Matsuki et al., 2003)、乾燥した陸起源の気塊が大陸中央部から沿岸部に達すると次第に高い湿度を持った空気と接するようになる事が黄砂変質を引き起こす大きなきっかけになると考えられる。このような事から中国大陸沿岸地帯で大陸起源大気と海起源大気がどのように混合、混在しているかを知る事は「黄砂の変質」と言う視点からは大変興味深い仕事である。しかし、海の気塊の貢献に関する研究は少ない。この研究では、2001年済州島の高山で観測されたエアロゾルの垂直分布の結果と流跡線解析の結果を比較して、気塊の起源の貢献度を明らかにした。

Analysis of Trajectories of Air Mass

高山 (33.28N, 126.17E) 観測所は韓国、済州島の西の先端であり、済州市から45 km 南東に78 mの高さの丘にある。高山観測所は大陸内部から長距離輸送された気塊と海の大気との混合状態を理解するのに非常に有効である。

北東アジアにおいて春に偏西風の特徴を明らかにするために、2001年3月と4月に韓国済州島の高山に達する気塊の起源および経路を調べるために米国海洋大気局 (NOAA) の HYSPLIT-4 を用いて、流跡線解析を行った。気塊は起源によって、大陸、海とその他に3つのグループに分け、更に、その他については気塊軌道が分析不可能の場合 (Case 1)、インド洋から発生した場合 (Case 2)、台湾から発生した場合 (Case 3)、日本から発生、または、日本を通過する場合 (Case 4)、気塊軌道が海から発生し陸地には入り海に戻る場合 (Case 5) と気塊軌道が陸地から発生し海に入り陸地に戻る場合 (Case 6) の6つのグループに分け、流跡線解析を行った。気塊軌道の分析は3日間(72 hr)の後方への軌道を高さ1,000 mから10,000 mまで、1,000 m間隔で総610回行い7,320点で計算した。その結果、図1と図2に示したように、全ての高度領域において4月は3月に比べて海起源大気の寄与が増加している。例えば、3月の全解析事例のうちに海起源大気が解析された割合は6.56%で、4月は18.97%となり、それらの値の比は2.89となり、4月になって増加した海起源大気の寄与の大きさをある程度示している。

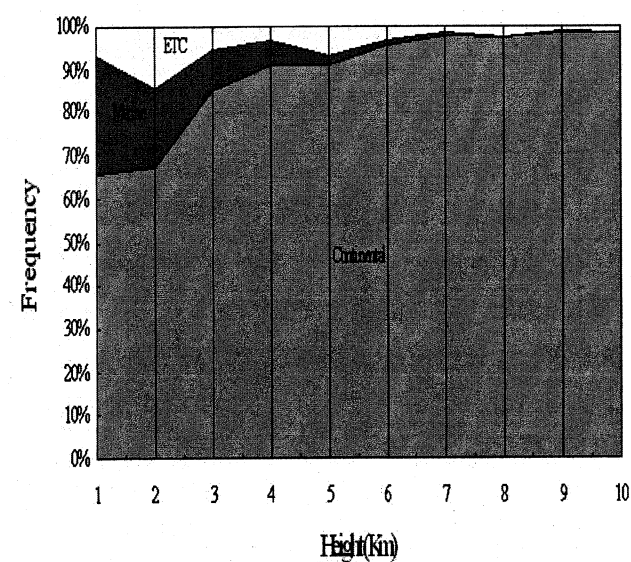


図1. 2001年3月の気塊軌道の分析結果

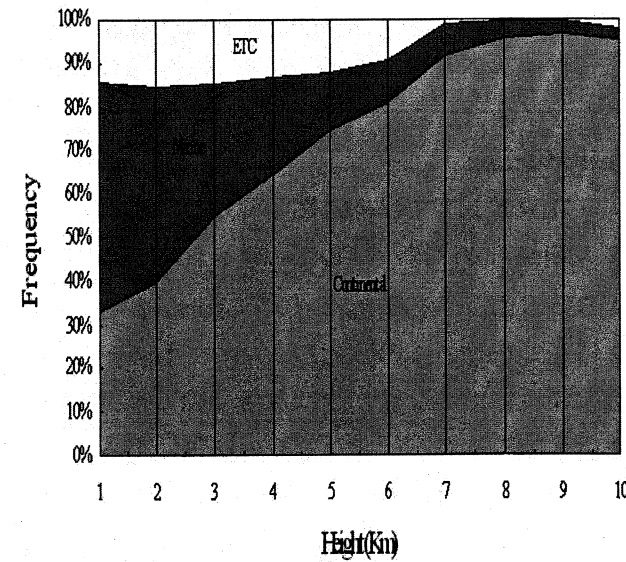


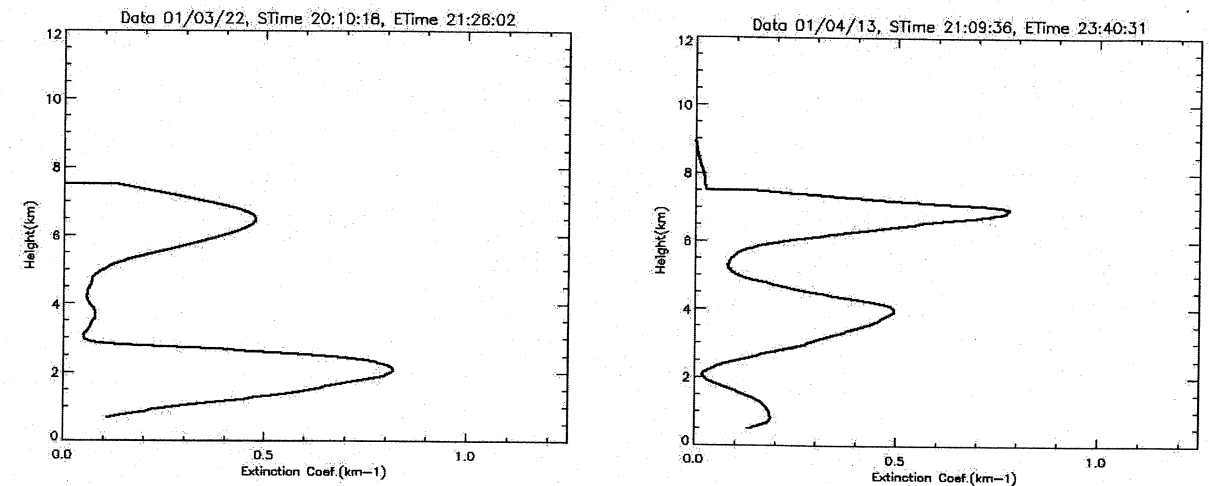
図2. 2001年4月の気塊軌道の分析結果

Discussion and Conclusion

北東アジアの大陸沿岸地域に含まれる済州島高山観測所は、年間に掛け多数の気塊の影響を受けて地理的で綜観的な気象条件の複雑さがあると考えられます。(Chen et al., 1997) この研究では、表面、925、850、および700hPaの4つのレベルで風向きを調査した。2001年3月、4月に済州島高山での風配は、北東から北西まで吹く風は何かによって地面の近くで南西から優位です。しかしな

がら、高度がより高くなるのに従って、卓越する風の向きは北/北東から西に変化する。850hPa 高度面では、北西の、そして、西寄りの風が卓越する。それらの風の状況は済州の地域、日本列島、および太平洋を含む韓国半島への黄砂の輸送によく対応している。これらの一般的な特徴は、済州島高山が黄砂の輸送の過程や済州島に到達する黄砂の発生源を等温位面上での後方の軌道分析を、黄砂の輸送経路を予測するために行った。

済州島高山観測所で2001年春に黄砂を含む大気中のエアロゾルの垂直なプロファイルを知るため LIDAR 測定を行った。LIDAR システムは基本的に Hong 他によって詳細に説明されている。観測期間中、高い濃度の粒子状物質の層が頻繁に観測され、アジアの塵の影響が強く示されている[2004]。しかし、比較的低い減衰係数がある大きさは2001年3月、4月に検出された。この研究ではエアロゾル減衰係数の、2個の黄砂のイベント日のプロファイル (3月22日と4月13日) を比較した。図3を見てわかるようにいくつかのエアロゾル層が明瞭に検出されている。一般的には、これらの層は大陸からもたらされた黄砂による物と考えるが、これらのピーク高度での気塊の流跡線を検討してみると、4月13日の事例では、4Km 及び1Km で見られるピークは大陸からの気塊によって生じた物ではないと判断される。この事例のように黄砂の報告がある日においてすら海起源大気が下層大気を形成している事がある。また、この事例は、前述した (図1と図2) 一般的傾向とも合致している。このような場合は、エアロゾル粒子の中の黄砂がどのような物理・化学的状态にあるのかを調べる事は、黄砂粒子の変質を考える上できわめて重要と思われ。



(a) 2001年3月22日

(b) 2001年4月13日

図3. 済州島高山 (33.28N, 126.17E) 観測所での LIDAR 観測結果

ガマズミ属 *Viburnum* (Caprifoliaceae) 4種の開花フェノロジーと繁殖様式の比較

吉本敦子¹・笠木哲也²・矢倉公隆³・中野真理子⁴・木下栄一郎⁴

¹〒920-1192 金沢市角間町 金沢大学大学院自然科学研究科; ²〒920-1192 金沢市角間町 金沢大学里山学校; ³〒920-1192 金沢市角間町 金沢大学大学院教育学研究科; ⁴〒920-1192 金沢市角間町 金沢大学自然計測応用研究センター

Atuko YOSIMOTO¹, Tetuya KASAGI², Kimitaka YAKURA³, Mariko NAKANO⁴ and Eiichiro KINOSITA⁴:

Comparison of the flowering phenology and the breeding systems in four *Viburnum* species (Caprifoliaceae)

植物の開花フェノロジーは系統的に制約されているとされてきた。しかし、同属内の近縁種が同所的に生育する場所では花期が重なる種や花期が著しくずれている種が知られている。同属内の近縁種間の開花フェノロジーは、花や花序の形態的特徴や、交配様式、訪花昆虫などの生物要因に影響されていると考えられる。そこで、本研究の目的はガマズミ属4種の開花を決定している生物要因を明らかにすることとした。

方法

金沢大学角間里山地区に生育するガマズミ属4種（ミヤマガマズミ、コバノガマズミ、ガマズミ、ヤブデマリ）にみられる開花時期の重なりやずれの要因を探るために、①開花および結実フェノロジー ②交配様式を調査した。野外で各種22個体を識別し、開花・結実フェノロジーは毎日記録した。交配様式を明らかにするために花序を単位とした袋掛け実験（強制他家授粉、強制自家授粉、自動自家授粉、コントロール）を行った。③訪花昆虫の調査を行った。

結果

1. 開花フェノロジー

ミヤマガマズミ、コバノガマズミ、ヤブデマリ、ガマズミの順で開花した。開花のピークはミヤマガマズミ17日目、コバノガマズミ21日目、ヤブデマリ29日目、ガマズミ52日目、であった。コバノガマズミの開花ピークはミヤマガマズミのピークと4日ほどずれていた。ガマズミは他3種の開花終了後に開花し花期は全く重ならなかった (Fig 1)。

2. 交配実験

ミヤマガマズミの強制自家授粉花序と自動自家授粉花序はほとんど結実しなかった。強制他家授粉花序の残存率は強制自家授粉花序の残存率より有意に高かった。コバノガマズミの果実の残存率も同様に評価した。自動自家授粉花序は、ほとんど結実しなかった。強制自家授粉花序と強制他家他家授粉花序、ともに結実した。強制自家授粉花序の残存率は自動自家授粉花序より有意に高かった。また、コバノガマズミのコントロールは結実したが、自動自家授粉は結実しなかった。ガマズミは、ミヤマガマズミ同様、ヤブデマリは、ほぼコバノガマズミ同様の結果であった (Table 1)。

3. 訪花昆虫

主な訪花昆虫は、ミヤマガマズミ、コバノガマズミでは、ベニカミキリ、ヒラタハナムグリ、キバネホソコメツキであった。ガマズミでは、ベニカミキリ、クロハナムグリ、バナムグリ、ヒラタハナムグリ、マルガタビロウドコガネであった。ヤブデマリでは、クロフナガタハナム、キイロハナム

グリハネカクシであった。

考察

ミヤマガマズミの強制自家授粉花序と自動自家授粉花序はほとんど結実しなかった。強制他家授粉花序の残存率は強制自家授粉花序の残存率より有意に高かった。この結果から、ミヤマガマズミは自家不和合性が高いといえる。コバノガマズミの果実の残存率も同様に評価した。自動自家授粉花序は、ほとんど結実しなかった。強制自家授粉花序と強制他家他家授粉花序、ともに結実した。強制自家授粉花序の残存率は自動自家授粉花序より有意に高かった。これらの結果から、コバノガマズミは自家和合性が高いといえる。また、コバノガマズミのコントロールは結実したが、自動自家授粉は結実しなかった。したがってコバノガマズミが自殖によって種子生産を行う場合においても花粉媒介者が不可欠であった。ガマズミは、ミヤマガマズミ同様、自家不和合性を示し、ヤブデマリは、コバノガマズミ同様、自家和合性を示しミヤマガマズミ、ガマズミは自家不和合性、コバノガマズミ、ヤブデマリは自家和合性を示した。コバノガマズミとヤブデマリは自動自家授粉を行えなかった。これはおしべがめしべの柱頭より突出するガマズミ属の形態的特徴が起因する。したがってこれらの種が自殖によって種子生産を行う場合においても花粉媒介者が不可欠であるといえる。また、ミヤマガマズミとコバノガマズミは、訪花昆虫が同じであるといえる。

Table 1. ガマズミ属4種の開花終了3週間後の平均残存率 (±標準偏差)

	コントロール	強制他家授粉	強制自家授粉	自動自家授粉
ミヤマガマズミ	0.14(±0.15) ^a	0.35(±0.17) ^b	0.05(±0.05) ^{ac}	0.008(±0.02) ^c
コバノガマズミ	0.30(±0.11) ^a	0.50(±0.26) ^b	0.26(±0.26) ^a	0.05(±0.11) ^c
ガマズミ	0.07(±0.10) ^a	0.14(±0.14) ^b	0.01(±0.02) ^c	0.003(±0.009) ^c
ヤブデマリ	0.32(±0.20) ^a	0.47(±0.14) ^a	0.13(±0.08) ^b	0.04(±0.07) ^c

a,b,c,d: 異なる文字は平均値に統計的有意差 ($p < 0.05$)があることを示す

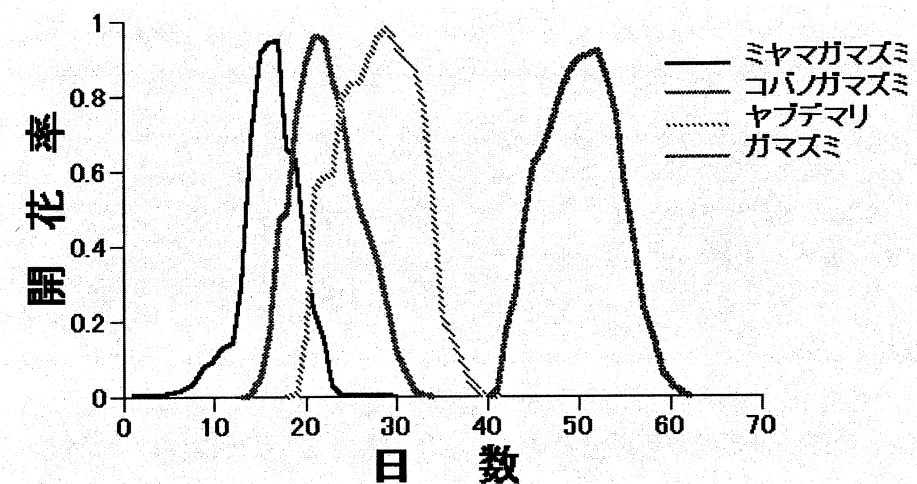


Fig. 1. ガマズミ属4種の開花率の時間的変化。4月15日を開花1日目とする。

有鬚動物門マシコヒゲムシの栄養体の形態生理学的研究

出口真理子

〒927-0553 鳳珠郡能登町小木ム 4-1 金沢大学自然計測応用研究センター, 臨海実験施設

Mariko Deguchi: Morpho-physiological study of the trophosome of the beard worm (*Oligobrachia mashikoi*, Siboglinidae, Polychaeta)

有鬚動物門マシコヒゲムシ (*Oligobrachia mashikoi*) の栄養体には、共生細菌を細胞質に持つバクテリオサイトと呼ばれる細胞が存在する。宿主が生きるためには、また共生細菌が分裂・増殖するためには、このバクテリオサイトが栄養体の中で、実際にどのような三次元的配置になっているのかは、極めて重要な問題である。本研究においては、研究 I として、これを明らかにすべく、一般染色による光学顕微鏡観察、電子顕微鏡による観察に加えて、共生細菌の 16S rDNA の塩基配列に基づいて RNA プローブを作製し、ホールマウント *in situ* ハイブリダイゼーションを行った。

その結果、一般染色で顆粒をもった細胞と空胞をもった細胞が細胞索をつくり、腹側血管の両側から背側血管の両側へと互いに絡み合っている像が注目された。電子顕微鏡による観察では、その顆粒はバクテリオサイトのリソゾームであり、空胞は栄養貯蔵細胞の脂肪滴の痕跡であることが確認された。*in situ* ハイブリダイゼーションの結果、バクテリオサイトの細胞群は不規則な葉状を呈し、腹側血管の両側から背側血管の両側に伸長していることが明らかになった。この形態は以下の理由で物質の交換に有利であると推察された。栄養体は中心部に内腔液がつまった内腔をもち、その周囲にはバクテリオサイトと栄養貯蔵細胞が存在し、栄養体には背側血管と腹側血管に血液が流れ、さらに栄養体は体腔液が入った体腔の中にある。虫体が伸縮を繰り返すと、バクテリオサイト周囲には、液体成分が流れ、その複雑な形態とあいまって、表面積が増大し、物質の交換はスムーズに進行すると思われる。

一方、栄養体には、中性脂肪が大量に蓄積されており、それがヒトで言えば高脂血症に相当するほど血流に出てくること、また毛細血管が発達していることから、ヒゲムシでは血栓ができやすいのではないかと推察されるが、実際にそのような現象は認められない。これらの事実は、本種には特異な血栓溶解酵素があることを示唆している。したがって、本研究においては、研究 II として、それをコードする塩基配列を PCR により増幅することを試みた。

ヒゲムシと系統学的に近いとされているミミズでは、これまで 13 種の血栓溶解酵素が同定され、それらの N 末端のアミノ酸の配列が明らかにされている。その一部の酵素では、全長にわたって cDNA がとられている。従って、まず N 末端アミノ酸の配列から 11 種類の 5' 末プライマーを設計し、3' RACE 法により PCR を行った。さらに増幅産物を鋳型にして nested PCR を試みた。一方、これまでにミミズで見つかっている酵素はトリプシンなどセリンプロテアーゼ系の酵素であり、一次構造で 200 番目前後の 11 種類のアミノ酸の配列は極めて保存性が高い。従って、本研究においては、その配列に基づいてさらに 3 種類の 5' 末プライマーを作製し、3' 末のユニバーサルプライマーとの間で PCR を行った。現在、7 個の増幅産物を得て、それらすべてをダイレクトシーケンスした。しかしながら、未だ目的の増幅産物を得ていない。PCR 条件を検討しながら、さらに研究を進めている。

(本研究は、金沢大学大学院自然科学研究科地球環境学専攻 出口真理子君の修士論文の一環として行われた。)

A morphometrical study of the intersex of Thai medaka, *Oryzias minutillus*, inhabiting suburbs of Bangkok, Thailand and its histological view of the gonads

Arin Ngamniyom

Ogi, Uchiura, Ishikawa 927-0553, Institute of Nature and Environmental Technology, Noto Marine Laboratory, Kanazawa University

Thai medaka, *Oryzias minutillus*, were collected from 10 localities in the suburbs of Bangkok, Thailand. Sex ratios (male to female) were normal almost 1:1 in localities 1, 2, 4, 5, 7 and 9. Those ratios were 1:1.3, 1:1.4, 1:1.3, 1:1.1, 1.3:1 and 1.1:1, in order. In contrast, in localities 3, 6, 8, and 10, sex ratios were unbalanced. Those ratios were 1:2.9, 1:3.4, 1:3.0 and 1:2.8, respectively. Furthermore, in those populations, many intersexes were found. The percentages of the intersexes occupied in each population were 15.6, 21.4, 16.7 and 17.9, respectively. In the secondary sex characters of the intersexes, the values (%) of dorsal fin height (HD) divided by standard length (SL), and anal fin height (HA) divided by SL were there between the values of normal males and females. Testes of the intersexes appeared to be undeveloped. In ovaries, number of mature oocytes was smaller in the intersexes than that in normal females. Aromatase is an enzyme to accelerate the production of estrogen in females. The aromatase immunoreactivity was detected in both ovaries of normal females and intersexes. In total meaning, however, the expression of aromatase may be poor in the intersexes, because mature oocytes are poor in the number. In both testes of normal males and intersexes, aromatase activity was not detected. DDT in the sediment of the ponds in which the percentages of intersex were high was detected in localities 3 and 6 (0.2 ppm, each). The pH values of the water were relatively low in those ponds. Taking these results into considerations, it was suggested that in the intersexes, secondary sex characters and developing gonads might be affected by agricultural chemicals.

(This research was carried out as a part of the Master Thesis by Mr. Arin Ngamniyom, Division of Earth and Environmental Sciences, Graduate School of Natural Science and Technology, Kanazawa University)

超音波によるメカニカルストレスの骨芽及び破骨細胞に対する影響

鈴木信雄

〒927-0553 鳳珠郡能登町小木 金沢大学自然計測応用研究センター, 臨海実験施設

Nobuo Suzuki: Effect of mechanical stress by ultra-sound stimulation on osteoblasts and osteoclasts

骨組織には骨を作る細胞（骨芽細胞）と骨を壊す細胞（破骨細胞）があり、骨形成を調節している。骨芽細胞の培養は容易であるが、破骨細胞を培養することは難しく、コラーゲン等の骨基質タンパク質も共存させて培養するシステムは未だ開発されていない。さらに物理的な刺激には、骨基質が重要な役割を担っており、このことが *in vitro*（試験管内）での細胞培養の開発を困難にしている。最近超音波が骨形成を促進させることがわかってきたが、骨芽細胞・破骨細胞・骨基質を共存させたモデルシステムが欠如しているため、超音波の骨に対する作用を正確に評価できていない。そこで本研究では、骨芽細胞・破骨細胞・骨基質が共存した魚のウロコの培養システム (*in vitro*) を用い、骨芽細胞及び破骨細胞に対する作用を解析した。さらに、ホルモンやホルモン受容体の遺伝子発現も調べた。

材料としてキンギョ (*Carassius auratus*) を用い、以下3種類の実験を行った。

実験1：超音波の条件設定

本研究では、市販の超音波治療器 (UX-301: Celcom Inc.) の振動子の上にシャーレを置き、その中に培地 (4ml) を入れ、培地の中にキンギョ (メス、体重30-40g) のウロコを入れて超音波を照射した。その後、15°Cで18時間培養し、ホルマリンで固定し、ウロコの細胞の活性をSuzuki and Hattori (2002)の方法に従って測定した。本研究では、まず骨芽細胞の活性 (アルカリフォスファターゼ活性: ALP活性) を指標に1) 超音波の強度、2) 超音波の刺激頻度、3) 温度上昇の影響を評価した。

実験2：超音波の骨組織に対する作用 (細胞活性及び遺伝子発現の解析)

実験1で決定した条件で、骨芽細胞と破骨細胞に対する影響をこれらのマーカーであるALP及び酒石酸抵抗性酸フォスファターゼ活性を指標に評価した。さらにそのウロコからmRNAを抽出し、骨芽細胞の増殖・分化に関与するホルモン (insulin-like growth factor-I: IGF-I) やホルモン受容体 (estrogen receptor: ER) の発現をRT-PCRで調べた。

実験3：骨代謝亢進ウロコによる解析

右側のウロコを取ると、左側のウロコの骨吸収・骨修復が進行し、骨芽及び破骨細胞の活性が上昇し、3日経過した時が最も高いことを見出した。そこでキンギョの右側のウロコを取り、3日後の左側のウロコを用いて、骨芽及び破骨細胞に対する超音波の影響を解析した。

1MHzで40、60、165及び275mW/cm²I_{SATA}の強度の超音波を照射した結果、40及び165mW/cm²I_{SATA}ではコントロールとの間に有意差は認められなかった。しかしながら、60mW/cm²I_{SATA}の強度の時にALP活性が有意に上昇し、275mW/cm²I_{SATA}の強度では逆に低下した。したがって、骨芽細胞の活性を上昇させる超音波の強度は、60mW/cm²I_{SATA}が最適であることがわかった。

次に、超音波の刺激頻度に対する影響を調べた。1MHzで60mW/cm²I_{SATA}の強度の超音波を1秒間照射し、その後1秒間照射しないというサイクルを1回とし、60、120、180、300及び600回照射した。その結果、180回行った時に骨芽細胞の活性がプラトーに達し、その後回数を増やしても変化がなかった。したがって、超音波の刺激頻度は180パルスとした。

さらに、超音波照射による温度上昇の影響についても調べた。1MHzで60mW/cm²I_{SATA}の強度の超

音波を180パルス照射し、培地の温度変化を調べた。その結果、温度は3°Cしか上昇せず、コントロールは室温より3°C高い温度で培養することにした。

実験1で検討した条件 (超音波の強度: 60mW/cm²I_{SATA}; 超音波の刺激頻度: 180パルス; コントロールは室温より3°C高い温度で培養) で骨芽及び破骨細胞の変化を調べた。その結果、骨芽細胞の活性は有意に上昇したが、破骨細胞の活性は変化しなかった。

超音波照射により骨芽細胞の活性が上昇したので、骨芽細胞で特異的に発現しているマーカー遺伝子であるIGF-IとERの遺伝子発現をRT-PCRにより調べた。ERのmRNAレベルは、超音波刺激後、培養3時間では変化しなかったが、18時間では有意に増加した。IGF-IのmRNAレベルは、3時間培養で有意に増加し、18時間培養では有意に変化しなかった。したがって、超音波刺激によりIGF-IのmRNA発現は、ERのmRNA発現よりも早期に起こり、骨芽細胞を活性化していることが示された。

一方、片側のウロコを除去すると、残りのウロコ (ontogenic scale) の骨芽細胞及び破骨細胞の活性が上昇し、3日経過した時が最も高いことを最近見出した。そこでそのウロコ (骨代謝亢進ウロコ) を用いて、超音波刺激による骨芽及び破骨細胞活性への影響を解析した。その結果、15°Cで18時間培養後、骨代謝亢進ウロコの骨芽細胞の活性は4個体中3個体において有意に増加し、破骨細胞の活性は4個体すべてにおいて有意に低下した (Figure 1)。

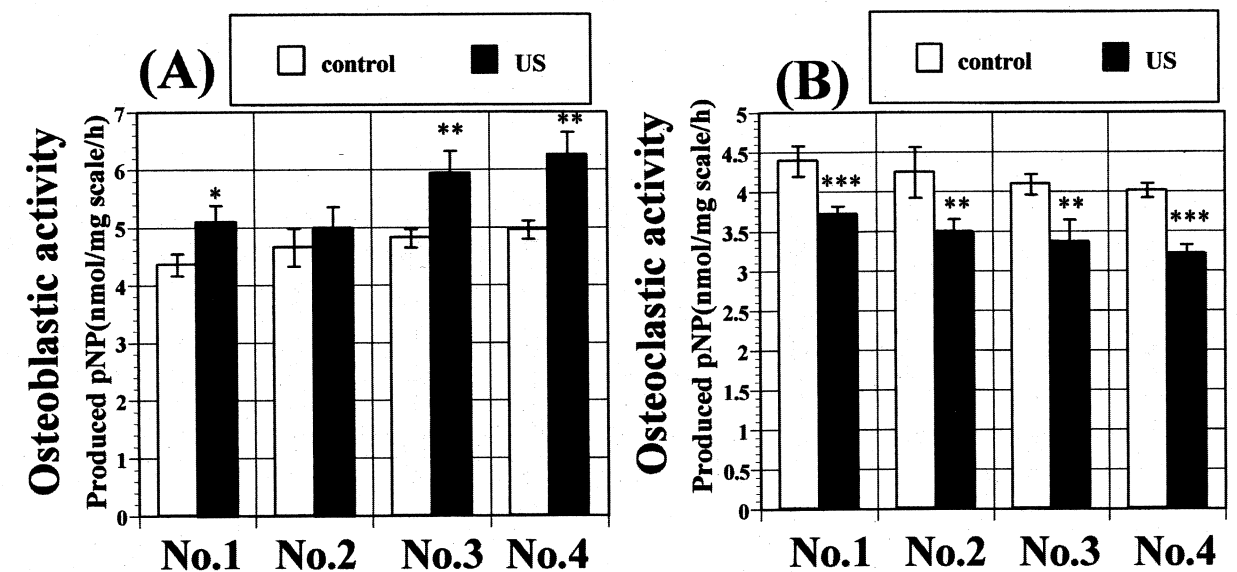


Figure 1. Changes in osteoblastic (A) and osteoclastic (B) activities by ultra-sound (US) stimulation using the ontogenic scales in the left side at 3 days after removal of scales in the right side. Values are the means ± SEM (N=8). *, **, *** indicate statistically significant differences from the control scales at P<0.05, P<0.01 and P<0.001, respectively.

超音波による刺激 (メカニカルストレス) により骨芽細胞活性は上昇することが判明した。さらに骨代謝亢進ウロコにおいて、骨芽細胞活性は上昇し、破骨細胞活性は低下した。骨代謝亢進ウロコは、骨粗鬆症とよく似た状況を作り出しており、本研究の成果はその治療に貢献できると思われる。

謝辞

本研究は、(財)日本宇宙フォーラム及び平成17年度学長戦略経費の援助により行われた。

有鬚動物マシコヒゲムシの栄養体における抗アポトーシス関連酵素抗体による 免疫組織学的研究

角 明子

〒927-0553 鳳珠郡能登町小木 金沢大学自然計測応用研究センター, 臨海実験施設
Akiko Sumi: Immunohistological study using antibodies against apoptosis-related enzymes in the trophosome
of the beard worm, *Oligobrachia mashikoi* (Pogonophora)

マシコヒゲムシは口も消化管も無いが、体の後部に栄養体と呼ばれる器官を発達させ、そのバクテリオサイトという特殊な細胞に化学合成細菌を共生させて、それが作る有機物で、あるいは直接、細菌を細胞内消化することによって生きている。このバクテリオサイトは、発生の過程から消化管上皮細胞に由来することがわかっている。高等動物において消化管上皮は、典型的な細胞再生系に属し、常にアポトーシスによって細胞を新たに消化管機能を保っている。しかしながら、消化管を退化させ、その機能を失った栄養体において、アポトーシスは発現しているか、発現しているとすればその生理的意義は何であるか興味深い。本研究においては、免疫組織学的手法を用いてその解明の為の手がかりを得ることに努めた。

これまで線虫からヒトまでアポトーシス系で働く酵素は極めて保存性が高いことが知られている。本研究では細胞のプログラム死を進行させるヒト由来のカスパーゼ3（不活性型）に対する抗体と、カスパーゼ3を活性化させるための上位の酵素に結合して細胞死を抑制するヒト由来のBcl-2蛋白に対する抗体を用いた。本研究では、マシコヒゲムシの栄養体のみでなく、ヒゲムシに近縁のミミズやゴカイの消化管や、同じく細胞再生系に属する皮膚にも免疫染色を施した。また対照としてラット等の消化管にも染色を施した。

栄養体においてバクテリオサイトは脂肪貯蔵細胞と共に、細胞索を形成していたが、カスパーゼ3に対する抗体でも、Bcl-2に対する抗体でも、ほとんど全てのバクテリオサイトが陽性の反応を示すように見えた。細胞質の反応に強弱は認められず、一様に染色された。栄養貯蔵細胞には、まったく反応が見られなかった。ヒゲムシの皮膚において表皮細胞は頂端部と基底部分が染色された。ミミズの消化管上皮細胞において、アポトーシスが起こる典型的な位置に陽性反応が見られた。皮膚も陽性であった。Bcl-2に対する抗体では、ミミズの消化管とゴカイの皮膚も陽性であった。ラットとハムスターの消化管は、Bcl-2に対してのみ反応が見られた。カスパーゼ抗体では反応が見られなかった。発現量が少なかったのかもしれない。

もし、ヒゲムシにおける結果が正しいならば、消化管上皮に由来するバクテリオサイトは、おそらく消化管を持っていた祖先におけると同じくアポトーシスの進行を促す酵素を発現させるが、栄養体になった現在では、同時に抑制する蛋白も発現させて、バランスをとっているのかもしれない。あるいはバクテリオサイトにおいても、やはりアポトーシスが発現し、この現象は消化管の維持におけると同じく、栄養体の維持に機能している可能性もある。ヒゲムシは、消化管におけるアポトーシスと消化管の細菌感染というどちらもありふれた現象を利用して、他の動物ではまったくみられないユニークな生き方を創造したのかもしれない。

(本研究は、金沢大学理学部生物学科 角 明子君の卒業論文の一環として行われた)

能登半島九十九湾において有鬚動物マシコヒゲムシが生息する土壌中の硫化水素濃度

岡田アキ

〒927-0553 鳳珠郡能登町小木 金沢大学自然計測応用研究センター, 臨海実験施設

Aki Okada: Hydrogen sulfide concentration of the soil in which the beard worm, *Oligobrachia mashikoi* (Pogonophora), inhabits in the Tsukumo Bay of Noto Peninsula

有鬚動物門のヒゲムシ類は、消化管の代わりに栄養体を発達させて化学合成細菌を共生させ、それが作る有機物で生きている。この細菌はイオウを酸化してエネルギーを得る。イオウは海底火山の噴出孔から硫化水素の形で供給されるか、あるいはクジラなどの大型動物の屍骸の分解により供給される。能登半島九十九湾は、深さ25mの浅い海で、リアス式海岸として発達している。ここにマシコヒゲムシ (*Oligobrachia mashikoi*) が棲息する。しかしながら、海底には火山の噴出口は無く、大型の動物の屍骸も無い。それにもかかわらず、本種が棲息する海底の土壌はかすかに硫化水素の臭いがする。したがって、本研究においては、まず九十九湾海底の泥中の水平方向と垂直方向の硫化水素濃度を調べた。

泥は九十九湾のヒゲムシの棲息場所と棲息しない場所を併せて8点を設定し、また他の2点を加えて3点については表面から深さ40cmまでを5cmおきにコアサンプラーにより採取した。泥中の硫化水素はガス検知管法 (ガステック社) によりその濃度を測定した。その結果、どの場所からも硫化水素が検出されたが、その濃度は湾奥の、水が滞留しやすい場所で最も高く、ヒゲムシが生息する湾中央に向かってやや下がる傾向があり、湾口において最も低かった。また、垂直的には、表面が最も高く、深くなるにつれてその濃度は低くなった。このことは、硫化水素は、海底表面において有機物の分解により生じることを示唆している。次に、その仮説をより確かなものにする為に、採泥した8点と同じ場所の全窒素濃度を調べた。また垂直方向の濃度にも検討を加えた。その結果、全窒素濃度は、少なくとも垂直方向に関しては硫化水素濃度の分布の変化とだいたい一致した。

九十九湾には、周囲から大小併せて複数の川が流れ込んでおり、陸から有機物が運ばれる。また湾に覆い被さるように生育している草木から秋には大量の枯葉が海に落ち、腐食する。海底には硫酸塩還元菌が普遍的にいたので、有機物に由来する硫酸イオンを用いて硫酸塩呼吸を行い、その結果、電子受容体であるイオウが還元されて硫化水素が生成されると考えられる。しかしながら、本研究の結果、ヒゲムシは硫化水素の濃度が高ければ高い方を好むという結果にはならなかった。硫化水素は、共生細菌には必要欠くべからずものではあるが、宿主のヒゲムシにとっては猛毒であり、その兼ね合いが、生息域を決定しているのかもしれない。また、水深などの他の要因も考慮する必要がある。さらに、九十九湾は過去には山岳地帯であり、水深もかなり変化してきた。したがって、地誌的变化も考えに入れる必要がある。

ヒゲムシの共生細菌は体の後半部にある栄養体に存在する。ヒゲムシは海底にはヒゲしか出していない。もしできるだけ硫化水素を効率的に吸収したいのなら、栄養体は体において、できるだけヒゲに近い部位になればならず、説明が困難である。しかしながら、ヒゲの付け根には極めて発達した心臓があり、それが体の後方に大きな血管を走らせており、硫化水素はこの血流によって運ばれると考えると理解しやすい。

(本研究は、金沢大学理学部生物学科 岡田アキ君の卒業論文の一環として行われた)

有鬚動物マシコヒゲムシのバクテリオサイトにおける共生細菌の分布と細胞骨格との関係

山田哲也

〒927-0553 鳳珠郡能登町小木 金沢大学自然計測応用研究センター, 臨海実験施設
Tetsuya Yamada: Distributions of symbiotic bacteria and their relationship with the cytoskeleton in the bacteriocytes of the beard worm, *Oligobranchia mashikoi* (Pogonophora)

ヒゲムシの栄養体は、化学合成細菌を共生させているバクテリオサイトと呼ばれる細胞と、その細菌がつくる有機物を蓄積させる、あるいはその細菌を細胞内消化した時に生じる有機物を蓄積させる栄養貯蔵細胞より成る。これまで栄養体の形態・生理学的側面を研究している過程で、光学顕微鏡を用いて観察していたところ、バクテリオサイトの細胞質において、リソゾームの分布に偏りがあることに気がついた。また、透過型電子顕微鏡写真で栄養体を観察すると、共生細菌についても細胞質内で偏りがあることが明らかになった。但し、栄養貯蔵細胞と接している側に細菌が多く、接していない側にリソゾームが分布する傾向があるとわかった。しかしながら、電子顕微鏡で観察される範囲は極めて狭いので、この傾向を一般化できるか否か不明であった。一方、光学顕微鏡は、大きな範囲を観察できるが、共生細菌は小さいので、通常の方法では細菌を見ることはできなかった。

そこでバクテリオサイトにおいて、リソゾームや細菌の分布に偏りがあるのは、生理学的に意味があるのではないかと考えた。これまで細胞内小器官の動的分布は、細胞骨格と密接な関係があることが示唆されている。したがって、本研究においては、蛍光顕微鏡を用いて、細胞骨格要素を染色し、細菌の分布と何らかの関係があるか否かを調べた。

まず、バクテリオサイトの細胞質において細菌の位置を明確に捉えるために、DNAのアデニンとチミンに特異的に結合して蛍光を発するDAPI染色 (KPL社) を行った。細胞骨格要素の微小管を構成するチューブリンは、一次抗体 (ラットモノクローナル抗体、Abcam社) に対する二次抗体に蛍光色素であるAlexa Fluor488 (Molecular Probe社) を標識した二次抗体を用いて検出した。アクチンフィラメントは、これに特異的に結合するRhodamin Phalloidin (Cytoskeleton社) を用いて蛍光染色を行った。

その結果、共生細菌はDAPI染色により明瞭に染め出すことができた。微小管は緑の蛍光の繊維として観察された。細菌はその繊維に沿って認められる場合とまったく関係がない部分に見出される場合もあった。共焦点レーザー顕微鏡を用い、微小管との関係を精査すると、細菌の53%に微小管との関連性を見出せなかったが、47%が微小管に近接しているとわかった。また細菌自体はperibacterial membraneと呼ばれる小胞に入っているため、微小管に沿っている場合は、これが微小管に接しているのかもしれない。一方、アクチンフィラメントは赤い繊維として染め出されたが、ヒゲムシにおいては、体壁の筋肉層のみが染色された。

以上の結果を併せて考えると、栄養貯蔵細胞が隣接するときは、やはり微小管などの細胞骨格によって細菌の分布は偏るように規制されると考えるのが、妥当と思われる。今後は、組織の中のバクテリオサイトを観察するのではなく、生体より分離して培養し、より細部にわたって詳細に観察することを目指したい。

(本研究は、金沢大学理学部生物学科 山田哲也君の卒業論文の一環として行われた)

有鬚動物マシコヒゲムシのcDNAライブラリーの作製とその配列解析

榎本 洸

〒927-0553 鳳珠郡能登町小木 金沢大学自然計測応用研究センター, 臨海実験施設

Hiroshi Enomoto: Construction of the cDNA library from the beard worm, *Oligobranchia mashikoi* (Pogonophora) and its sequence analysis

ヒゲムシは、口も消化管も肛門も退化しており、共生細菌によってエネルギーを得ている。また、元来が深海の低温で高圧に棲む動物のため、通常の細胞膜成分では、その流動性は失われる。しかしながら、ヒゲムシは脂質代謝系を不飽和脂肪酸が多く産生されるように変化させ、細胞膜の流動性を確保している。また光に対して鈍感である。これらの事実は、この動物の消化器系・生理代謝系・光受容系には、かなりの変形が起きていることを示唆している。一方、共生細菌はイオウを酸化してエネルギーを得るため、硫化水素を要求する。しかしながら、硫化水素は宿主にとって猛毒であるため、硫化水素を結合させて無毒化し、しかも酸素も当然、結合させることができる特殊なヘモグロビンを作り出している。ヒゲムシは、環形動物のゴカイに似た動物を先祖に持つと言われており、最近の分子生物学的証拠も、この説を支持している。しかしながら、ヒゲムシは過去より現在までの進化の間に、退化と特殊化の過程を経て、通常の高産無脊椎動物とはかなり異なった生理をつくり出したと考えられる。

本研究においては、マシコヒゲムシの生理の基礎となる発現蛋白にどのような特徴が認められるかを調べる基礎として、cDNAライブラリーを作製し、得られた塩基配列をBLASTにより検索した。ヒゲムシは、共生細菌が存在する栄養体部分と存在しない非栄養体部分に分けて、別々にmRNAの発現を調べた。まずtotal RNAを抽出しoligo dTをプライマーにして逆転写してcDNAとした。それにNotI/EcoRIアダプターを結合させて、pUC19プラスミドに組み込んだ。それを大腸菌に感染させ、形質転換した大腸菌をX-galにより選別した。pUC19の2ヶ所の塩基配列から2種のプライマーを作製し増幅させて、シーケンスした。その結果、栄養体部分からは現在までに約300クローンを読むことができた。そのうち最も発現が多かったのは、ヘモグロビンサブユニットであり、その数は約80クローンにも上がった。これは栄養体ではmRNAの約25%はヘモグロビンmRNAであることを示しており、ヒゲムシにおいてヘモグロビンが生命の維持に非常に重要かが明らかである。18Sや28SなどのリボゾームRNAの配列も20クローン以上見つかったが、これは本来の発現量が極めて多いためであろう。今後、精査を要するが、原始的な紐状の軟体動物であるカセミミズの28S rRNAに相同性の高いrRNAや、原索動物のナメクジウオのリボゾーム蛋白をコードする配列と相同性が高い配列も知られた。これらの結果は、ヒゲムシの祖先が環形動物であり、環形動物は軟体動物と類縁性があること、またヒゲムシは、一時、脊索動物と関係があると思われたこと等、ヒゲムシの系統学的位置を考えると興味深い。またミトコンドリアにあるチトクロームCオキシダーゼのサブユニットも多く存在した。この理由は、現在、不明である。一方、非栄養体の部分を約80クローン読んだ時点では、ヘモグロビンのサブユニットは見つからず、28S rRNAが多く認められた。この結果は、ヘモグロビンの産生部位がどこにあるかを示唆しているのかもしれない。また、非栄養体部分には生殖巣など、重要な器官があり、今後の解析が待たれる。

(本研究は、金沢大学理学部生物学科 榎本 洸君の卒業論文の一環として行われた)

16S rDNA解析による新規海洋細菌の同定

小林史尚^{1,2)}, 鈴木信雄³⁾, 中村嘉利²⁾

¹⁾〒920-1192 金沢市角間町 金沢大学自然計測応用研究センター, エコテクノロジー研究部門;

²⁾〒920-1192 金沢市角間町 金沢大学大学院自然科学研究科, 物質工学専攻; ³⁾〒920-0553 鳳珠郡

能登町小木 金沢大学自然計測応用研究センター, 臨海実験施設

Fumihisa Kobayashi, Nobuo Suzuki, and Yoshitoshi Nakamura: Identification of novel marine bacteria using 16S rDNA analysis

海水に生息する動物の腸管には、海水、底泥、餌などを通して常に多数の細菌が入り込み、動物種固有の細菌相を形成している。海産動物の腸内は一つの生態系と見なすことができ、腸内の細菌と宿主、及び細菌同士の相互作用を明らかにすることは、微生物生態学的に重要な課題である。海産動物の腸内の生態系についての研究の歴史は浅く、不明なことが多い¹⁾。したがって陸上由来の細菌では、資化できなかった物質を分解可能な細菌が生息している可能性がある。そこで前報²⁾では、海水中の難分解性芳香族化合物の処理を目的として、有害物質フェノールを分解する新規海洋細菌をクロシタナシウミウシの腸内から単離し、グラム染色等の同定試験を検討した。その結果、単離されたEBR01株は*Acinetobacter*属の菌株と類似性が高いことを明らかにした。本研究では、EBR01株と同時に単離されたEBR02株の2菌株について16S rDNAのシーケンス解析を行い、相同性検索による菌株同定を行った。

単離された菌体 (EBR01株及びEBR02株) をNutrient Agar (Oxoid, England, UK) に植菌し、30°Cで1日間培養した。ゲノムDNAの抽出は、PepMan Method (Applied Biosystems, CA, USA) を使用した。抽出したゲノムDNAを鋳型として、PCRにより16S Ribosomal RNA遺伝子 (16S rDNA) の5'末端側約500 bpの領域を増幅した。その後、増幅された塩基配列をシーケンシングし、16S rDNA部分塩基配列を得た。PCR産物の精製、サイクルシーケンスにはMicroSeq 500 16S rDNA Bacterial Sequencing Kit (Applied Biosystems, CA, USA) を使用した。なお、ゲノムDNA抽出からサイクルシーケンスまでの基本的操作はApplied Biosystems社のプロトコール (P/N4308132 Rev.A) に従った。解析は、得られた16S rDNAの塩基配列を用いて行った。相同性検索にはMicroSeq Microbial Identification System Software V.1.4.1を、データベースとしてはMicroSeq Bacterial 500 Library v.0023 (Applied Biosystems, CA, USA) を使用した。

Figure 1 にEBR01株とEBR02株の16S rDNA塩基配列を示す。なお、これらの塩基配列はDDBJ (DNA Data Bank of Japan) 登録を行い、Accession Number としてそれぞれAB247271とAB247452を得ている。MicroSeqを用いた解析の結果、EBR01株の16S rDNA部分塩基配列は相同率99.24 %で*Acinetobacter johnsonii*³⁾の16S rDNAに対し最も高い相同性を示した。したがってEBR01株は、*Acinetobacter johnsonii*である可能性が高い。一方EBR02株の16S rDNA部分塩基配列は相同率97.32 %で*Acinetobacter lwoffii*⁴⁾の16S rDNAに対し最も高い相同性を示した。EBR02株は、*Acinetobacter lwoffii*の16S rDNAの塩基配列とは、数%異なっていたので、*Acinetobacter lwoffii*と近縁であるが、別種である可能性が考えられる。これを分類学的に判断するためには、16S rDNA塩基配列解析のみでこの種の異同を判断することは難しく、検体菌株と基準株との間でハイブリダイゼーションを用いて

DNA-DNA相同値を比較することが必要である⁵⁾。

以上の結果から、クロシタナシウミウシの腸内から単離されたEBR01株は、*Acinetobacter johnsonii*である可能性が高いが、EBR02株は*Acinetobacter lwoffii*に近縁の新種である可能性が示された。

(a)
TGGAGAGTTT GATCCTGGCT CAGATTGAAC GCTGGCGGCA GGCTTAACAC ATGCAAGTCG AGCGGGGAAR GGTAGCTTGC
TACCTGACCT AGCGGCGGAC GGGTGAGTAA TGCTTAGGAA TCTGCCTATT AGTGGGGGAC AACATTCCGA AAGGAATGCT
AATACCGCAT ACGCCCTACG GGGGAAAGCA GGGGATCTTC GGACCTTGCG CTAATAGATG AGCCTAAGTC AGATTAGCTA
GTTGGTGGGG TAAAGGCCTA CCAAGGCGAC GATCTGTAGC GGGTCTGAGA GGATGATCCG CCACACTGGG ACTGAGACAC
GGCCAGACT CCTACGGGAG GCAGCAGTGG GGAATATTGG ACAATGGGCG AAAGCCTGAT CCAGCATGC CGCGTGTGTG
AAGAAGGCCT TTTGGTTGTA AAGCACTTTA AGCGAGGAGG AGGCTACTKG GATTAATACT CTDGGATAGT GGACGTTACT
CGCAGAATAA GCACCGGCTA ACTCTGTGCC AGCAGCCGCG GTA
(b)
TGGAGAGTTT GATCCTGGCT CAGATTGAAC GCTGGCGGCA GGCTTAACAC ATGCAAGTCG AGCGGGGAAA GGTAGCTTGC
TACTGGACCT AGCGGCGGAC GGGTGAGTAA TGCTTAGGAA TCTGCCTATT AGTGGGGGAC AACATTCCGA AAGGAATGCT
AATACCGCAT ACGCCCTACG GGAGAAAGCA GGGGACCTTC GGGCCTTGCG CTAATAGATG AGCCTAAGTC GGATTAGCTA
GTTGGTGGGG TAAAGGCCTA CCAAGGCGAC GATCTGTAGC GGGTCTGAGA GGATGATCCG CCACACTGGG ACTGAGACAC
GGCCAGACT CCTACGGGAG GCAGCAGTGG GGAATATTGG ACAATGGGGG GAACCCTGAT CCAGCATGC CGCGTGTGTG
AAGAAGGCCT TATGGTTGTA AAGCACTTTA AGCGAGGAGG AGGCTACTAG TATTAATACT ACTGGATAGT GGACGTTACT
CGCAGAATAA GCACCGGCTA ACTCTGTGCC AGCAGCCGCG GTA

Figure 1 Partial sequence of 16S rDNA in EBR01 strain (a) and EBR02 strain (b).

引用文献

- 1) 杉田治男, 出口吉昭: 海産動物の腸内細菌相, 海洋科学, 211, 51-57 (1988)
- 2) 小林史尚, 岩井尚子, 鈴木信雄, 中村嘉利: クロシタナシウミウシの腸から単離された海洋細菌の同定, 金沢大学自然計測応用研究センター臨海実験施設研究概要・年次報告, 3, 18-19 (2005)
- 3) Bouvet, P.J.M. and Grimont, P.A.D.: Taxonomy of the genus *Acinetobacter* with the recognition of *Acinetobacter baumannii* sp. nov., *Acinetobacter haemolyticus* sp. nov., *Acinetobacter johnsonii* sp. nov., and *Acinetobacter junii* sp. nov. and emended descriptions of *Acinetobacter calcoaceticus* and *Acinetobacter lowffii*. Int. J. Syst. Bacteriol., 36, 228-240 (1986)
- 4) Skerman, V.B.D., McGowan, V. and Sneath, P.H.A.: Approved Lists of Bacterial Names, Int. J. Syst. Bacteriol., 30, 225-420 (1980)
- 5) Stackebrandt, V.B.D. and Goebel, B.M.: Taxonomic note: A place for DNA-DNA reassociation and 16S RNA sequence analysis in the present species definition in bacteriology. Int. J. Syst. Evol. Microbiol., 44, 846-489 (1994)

謝辞

本研究のシーケンス及び相同性検索においては、(株)テクノスルガの協力をいただいた。また本研究の一部は、科学研究費若手研究B (小林史尚, 17710060) の援助により行われた。ここに記して謝意を表します。

磁界投影法による2次元・3次元磁界分布計測・可視化手法

自然計測応用研究センター 人間計測制御研究部門
山田 外史, 柿川 真紀子, Chomsuwan Komkrit

1. はじめに

3次元の磁界計測は電気機器の特性解析の視点のみならず、それらの電磁環境適合性(EMC: Electro Magnetic Compatibility)の評価の面からも要求がある。磁界投影法¹⁾を利用した計測・可視化手法は、CT(Computed Tomography)の原理¹⁾を磁界に適用したもので、検出用コイルを並べた簡単なプローブを用いて対象の磁界分布を一度に取得し、得られた数値的データを分解・再構成して可視化させる手法である。この手法の特徴として、計測に使用するプローブを積層化することにより物理的動作を必要としない計測が可能であり、また各点計測とは異なり測定対象領域全体の磁界を一度にもれなく捉えることができる利点がある。

2. 磁界投影法の基本原理

平面における磁界投影法について簡単に述べる。Fig. 1 右側検出プローブ下の x - y 平面上の2次元磁束密度分布 $B(x, y)$ を考える。同図で角度 θ だけ回転した u - v 座標において、 v 軸の方向からの投影値 $p(u, \theta)$ は、Fig. 1 左に示すような細長いコイルに垂直に鎖交する磁束 Φ_z の総量、すなわち磁束密度分布の垂直成分における線積分値をコイル端子から誘起電圧 e として取得され、その値はフェーザー法の表記により(1)式として表せる。この式の導出については文献¹⁾に示されている。

$$\dot{p}(u, \theta) \equiv \int_v \dot{B}(x, y) dv = -\frac{\dot{e}(u)}{j\omega\Delta u} \quad (1)$$

ただし、 ω は角周波数である。

測定で2次元分布の投影データを一度に取得するには、こうしたコイルを平行に並べればよいが、コイルの回転を考慮すると同一対象領域内のみからの投影データが用いられるので対象領域外からの影響を除去する方法として、Fig. 1 の右に示すような円形のプローブとする。このプローブを0度から180度まで(180度から360度までは対称となるため不要) Fig. 2 に示すように等角度間隔に回転させながら積層したものを使用すると、プローブを物理的に回転させることなく静止した状態での計測が可能となる。

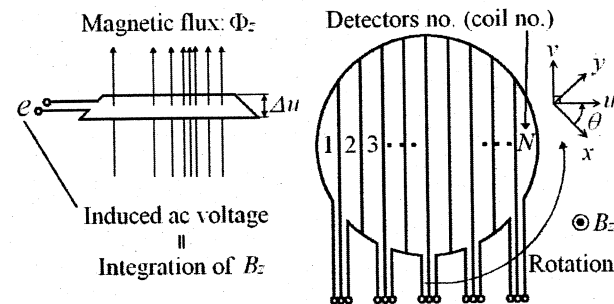


Fig. 1 Principle of the projection of a magnetic field and schematic view of a detecting probe.

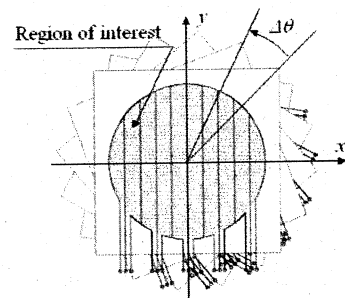


Fig. 2 Multi layered magnetic CT probe.

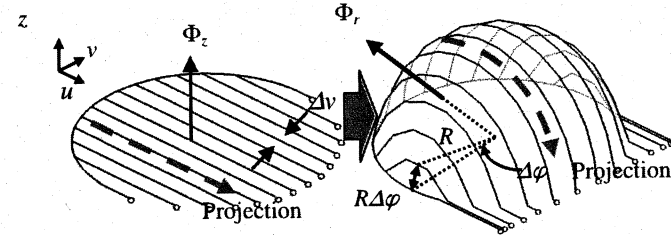


Fig. 3 Change of the measurement principle from using a plane-type probe to using a spherical probe.

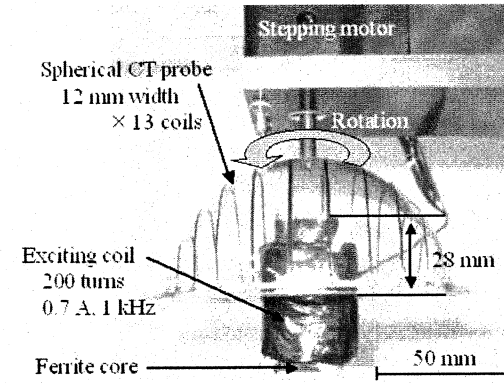


Fig. 4 Experimental target and spherical probe.

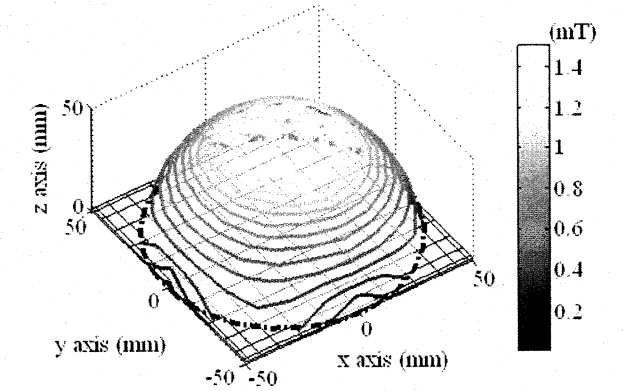


Fig. 5 Reconstructed magnetic field on spherical region.

(1)式に基づく投影データを回転と同時に逐次取得した後、計算処理では一般的な再構成手法であるフィルタ付き逆投影法(FBP: Filtered Back Projection)を用いて、(2)式と(3)式のフィルタ関数 $g(u)$ を演算することで $B(x, y)$ を求める。

$$B(x, y) = \int_0^{\pi} (p(u, \theta) * g(u)) d\theta \quad (2)$$

$$g(u) = \int_{-\infty}^{\infty} |\xi| \exp(2\eta\xi u) d\xi \quad (3)$$

ここで、 ξ はある角度 θ における空間周波数である。

磁界分布の投影は Fig. 1 で示したようにコイルに鎖交する磁束量で決定されるので、コイルを曲げた場合にはそれに沿うようにして投影値が得られることとなる。すなわちプローブを Fig. 3 のように半球型に変形させることで、各コイルから球面に沿って垂直に鎖交する磁束の投影値を得ることができる。このようにコイルを変形した場合でも端子列から得られる電圧データは平面の場合と同じく1次元であるので、FBP 処理は2次元の時と同様に行うことができ、あらかじめ求めておいた球面上の座標値に再構成データをプロットすることで可視化までの処理ができる。

3. 磁界分布の可視化

測定に使用するプローブは半径 $r = 50$ mm のアクリル半球上に幅 1 mm の銅箔テープを 12 mm 間隔で貼り付けて 13 個の検出コイルとした。なお本稿では球面計測の原理に検討を加えることを目的としているので、積層化はせずに 1 枚のプローブを回転させて投影データを取得する。作製したプローブに測定対象物を設置した様子を Fig. 4 に示す。測定対象物は単純な構造で数値解析も容易にできるものとして、 $20 \times 20 \times 55$ mm³、断面積 400 mm² のフェライトコアの外側に直径 1 mm の銅線を 200 ターン巻いたものを用意した。励磁電流は 0.7 A、励磁周波数は測定を容易とするため 1 kHz とした。プローブはステッピングモータに接続し、10 度ごとに回転させながら 0 度から 170 度まで 18 方向取得する。投影データは、プローブが小さくコイルが 1 ターン構成であることから値が微小であることと所要周波数成分のみを取得するため、各コイルの誘起電圧を電源の基本周波数に同期させたロックインアンプで計測することにより位相と共に取得する。このようにして測定された電圧の位相は正負の情報を持っているので、正負を含む投影データとして再構成することにより磁界分布の正負の判別が可能となる。測定して再構成された分布を Fig. 5 に示す。なお再構成分布は視覚的にわかりやすくするためコンタープロットで表示している。

4. まとめ

電気機器等の周辺磁界の計測・可視化手法として、投影法を用いた2次元磁界分布計測の原理について、定量的な可視化を実現するためのアルゴリズムを提案した。またこの原理を球面に拡張して、従来の2次元分布の処理を球面に適用した。この処理について、その再現性を検討するために、実際に球面プローブを作製して実験を行った結果、従来の球面走査方式よりも容易に3次元的な磁界分布の計測・可視化が可能であることが示された。

参考文献

- 1) T. Nishimura, Y. Miyamoto, S. Yamada, and M. Iwahara: "Number of Detecting Probe and Spectral Components in Two-Dimensional Magnetic Field Visualization Based on the Projection Method," International Magnetics Conference (INTERMAG2005), BW-10, Apr. 2005, Nagoya.

マイクロウズ電流探傷プローブによる線状導体の検査技術

自然計測応用研究センター 人間計測制御研究部門
山田 外史, 柿川 真紀子, Chomsuwan Komkrit

1. はじめに

本研究では、SV-GMR(Spin Valve GMR)センサを用いたマイクロウズ電流探傷技術(マイクロ ECT 技術)を用いて、丸棒鋼材などの線状導体の製造過程での探傷検査技術の検討を行う。丸棒などの線状導体は、製造過程において初期にできた傷が引き伸ばされ、軸方向に長い線状傷がつくことが多い。現在、探傷検査には目視、または ECT 技術が用いられているが、検出感度、探傷速度に問題があった。そこで、SV-GMR センサを用いたマイクロ ECT プローブによる高感度、高速探傷検査の検討を行った。

2. 線状導体検査のためのうず電流探傷プローブ

2.1 うず電流探傷プローブの構成

ECT プローブは Fig. 1 に示すように、励磁コイルと検出部である SV-GMR センサによって構成される。励磁コイルは 2 つのソレノイドコイルが逆極性に接続してある。検出部である SV-GMR センサは励磁コイル間に配置する。SV-GMR センサは指向性特性を持つ磁気センサであり、素子サイズが極めて小さい、2 端子の抵抗素子として取り扱いが容易であるという特徴がある¹⁾。SV-GMR センサの抵抗値は $R=420\Omega$ ($B=0$)、駆動電流は 4mA である。SV-GMR センサの高感度方向(z 方向)の磁界感度は $150\mu T/\mu V$ であり、低磁界でも大きな磁界抵抗変化が得られる。

2.2 軸方向傷の探傷原理

Fig. 2 に SV-GMR センサ付き ECT プローブによる軸方向傷の探傷原理図を示す。探傷原理は以下のとおりである。

- ① 励磁コイルにより線状導体に励磁磁束を印加する(x-y 平面)。
- ② 線状導体表面にうず電流が誘導される。
- ③ 欠陥部分でうず電流分布が変化し、軸方向(y 方向)のうず電流が発生する。
- ④ SV-GMR センサによって z 方向成分の磁束を検出する。

励磁コイルによる磁束は SV-GMR センサの感度の低い方向であるため、出力信号には影響が少ない。しかし、リフトオフの変化、プローブ走査の機械的振動により、オフセット電圧に多少の変化が生じることになる。

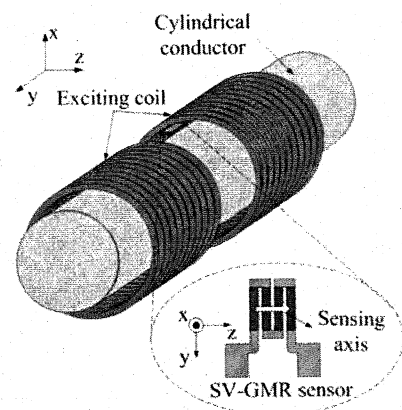


Fig. 1 ECT Probe

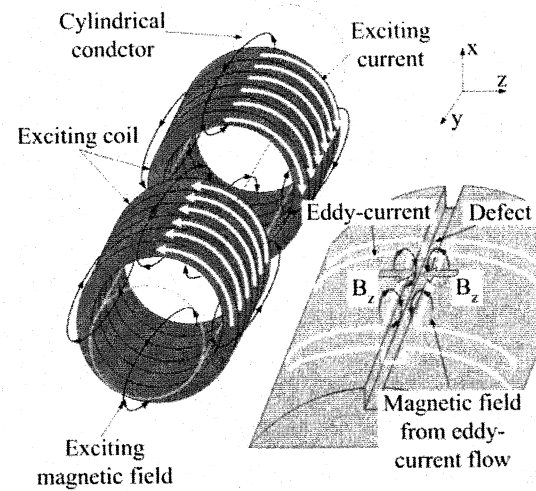


Fig. 2 Principle of detecting defect on conductor

3. 太丸棒鋼材の微小傷の検出

3.1 太丸棒鋼材用うず電流探傷プローブの構成

太丸棒鋼材用 ECT プローブ構造を Fig. 3 に示す。励磁コイルの直径は 26 mm であり、これは熱間圧延により製造される太丸棒鋼材とプローブとの間に冷却装置を挿入することを前提とした設計であり、プローブと丸棒との距離(リフトオフ)を 5 mm に設定したことによる。

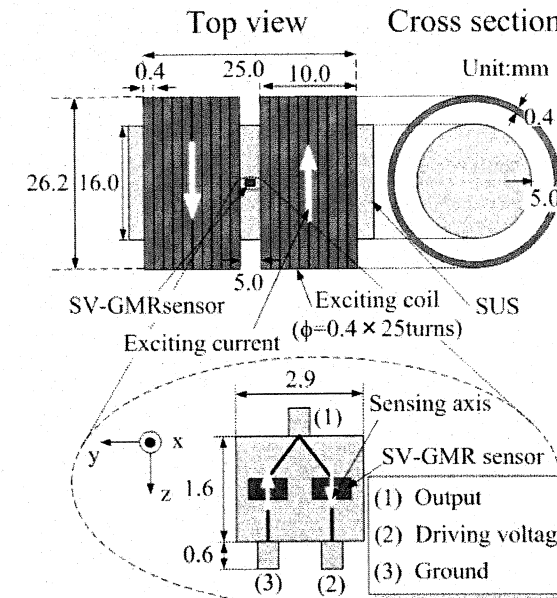


Fig. 3 ECT probe for SUS bar

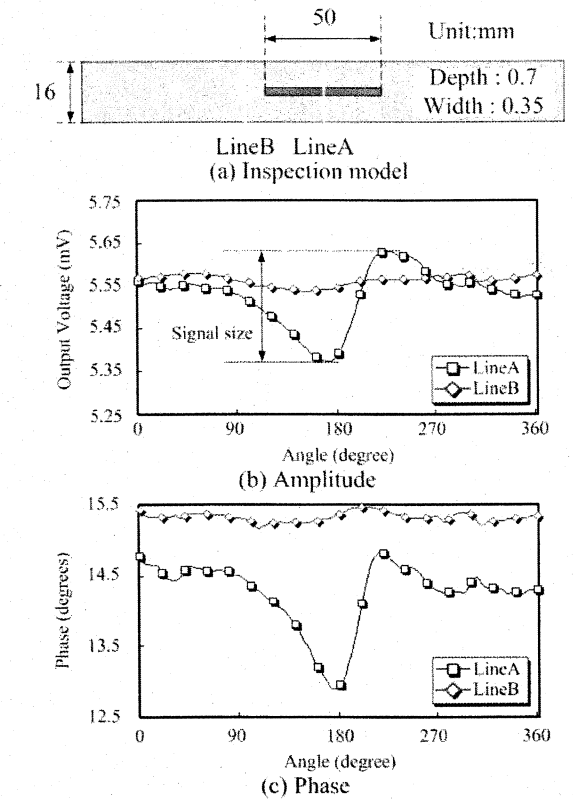


Fig. 4 Measured results

検出部には SV-GMR センサが直列に接続されたハーフブリッジ構成の SV-GMR センサを用いており、それぞれのセンサのピン方向(抵抗変化の正負)が逆になっているため定電圧源による駆動が可能である。SV-GMR センサ 1 つのサイズは $200 \times 80 \mu m$ であり、抵抗値はそれぞれ $R = 2.0 k\Omega$ ($B = 0$) である。

3.2 太丸棒における微小傷検出結果

Fig. 4(a)の測定モデルを用いて探傷検査を行った。測定モデルは直径 16 mm のステンレス鋼材(SUS304)であり、表面に深さ 0.7 mm、傷幅 0.35 mm、長さ 50 mm の軸方向の線状傷が存在する。測定は SV-GMR センサの駆動電圧 8 V、励磁周波数 100 kHz、励磁電流 600 mA、プローブの走査ピッチは回転方向に 2.5 度、軸方向に 5 mm(回転プローブ)という条件で行った。Fig. 4(a)における Line A, B 上の電圧振幅特性(b)と位相特性(c)を示す。電圧振幅、位相から明確な傷による磁束密度変化が検出されていることがわかる。SV-GMR センサの感度から考えて、磁束密度変化は約 $2 \mu T$ 程度であると推測される。

4. まとめ

本研究では SV-GMR 付き ECT プローブを用いた線状導体における探傷技術の検討を行った。リフトオフを 5 mm に設定した丸棒鋼材の探傷においては傷信号を明確に検出することができた。

本稿では測定において回転プローブでの探傷を行ったが、この探傷結果から SV-GMR センサを周上に複数並べたマルチセンサを用いることにより、マルチチャンネル方式のプローブでの 1 軸走査の高速探傷が可能になると推測される。今後は、センサの出力を切り替えるためのマルチプレクサを用いたマルチセンサの回路設計、センサ同士が与える影響などの評価、検討が必要である。

参考文献

- 1) K.Chomsuwan,S.Yamada,M.Iwahara,H.Wakiwaka,and S.Shoji : PCB Conductor Dimension and Alignment Inspection Using an ECT Probe with an SV-GMR Sensor, Trans.Magn.Soc.Japan,5,93-96,2005

超長波交流磁界曝露による細菌細胞の生理状態への影響に関する研究

自然計測応用研究センター 人間計測制御研究部門
山田 外史, 柿川 真紀子, Chomsuwan Komkrit

1. はじめに

近年我々が日常生活でさらされる磁界には、家電製品などによる 50 Hz, 60 Hz の極低周波数 (ELF 帯) の交流磁界の他、IH 調理器などの普及に伴う 20 kHz, 60 kHz の超長波 (VLF 帯) の交流磁界にもさらされるようになった。現在、生体に対する極低周波交流磁界の影響評価に関する多くの報告がなされており、国際がん研究機関 (IARC) では ELF 磁界に対して「2B: 発がん性があるかもしれない」と評価した¹⁾。しかしどのような影響があるか詳しく解明されておらず、また VLF 磁界の生体影響評価に関する研究は、最近始まったばかりであり、その報告は少ない。本研究は VLF 帯の交流磁界曝露によって生体にどのような影響があるのかを研究するもので、モデル動物として比較的取り扱いの容易な細菌細胞である大腸菌に交流磁界を曝露し、それに感染する溶原化ウイルス・λファージの増殖率によって影響評価を行った。

2. 超長波交流磁界発生装置と磁界影響評価法

今回実験に使用した交流磁界発生装置では、周波数 $f=20\text{ kHz}$ 、磁界強度 $B=10^{-4}\sim 10^{-3}\text{ T}$ の交流磁界をフェライトコアのギャップに直行するように発生させた。また 60 kHz の際は装置は、そのままでコイル巻き数を減らし、RLC 並列共振させることで 20 kHz の際と同じ磁界強度を得た。ギャップ間には、試料である大腸菌を挿入するアクリルケースを設置した。またアクリルケース内部にはコイルによって発生する熱の影響を避けるため、恒温装置で一定温度 (32°C) の水を循環させた。

一方磁界影響評価には、溶原化したウイルス・λファージ (DNA) を持つ大腸菌を用いた。λファージは大腸菌に感染し、2つの様式で増殖する。1つは溶菌化サイクルで、ウイルスが大腸菌内で増殖し、細菌を溶菌し細胞膜を破って子孫ウイルスを放出し、他の大腸菌に感染を繰り返していくパターンである。もう1つは溶原化と呼ばれ、大腸菌の DNA にウイルスの DNA が組み込まれ、λゲノムを保持したまま大腸菌が増殖していくパターンである。この増殖パターンは、紫外線や MMC (マイトマイシン C) などの外部からのダメージを与えることにより細菌の生理状態に影響があらわれ、溶原から溶菌へと増殖様式が切り替わること (ファージ誘導) が明らかになっている^{2,3)}。本実験では、予めλファージが感染し溶原化した大腸菌 *Escherichia coli* W3110 lambda cI₈₅₇ に VLF 交流磁界を曝露し、ウイルス誘導率をブランクアッセイ法²⁾により測定した。また、磁界に伴う渦電流影響評価には、Fig. 2 に示すようなテフロンプレートを用いた。均一な磁界中に置かれたプレートにおいては、渦電流密度は、径に比例するため、外円領域 (outer ring) が直径 40 mm、内部領域 (inner ring) が直径 2 mm の場合、渦電流密度は 20 倍の差がある

3. 超長波交流磁界曝露によるファージ誘導結果

20 kHz 交流磁界曝露後、1時間おきにサンプリングし、溶原化から溶菌化へと切り替わる率 (誘導率) をブランクアッセイ法により測定した結果を Fig. 1 に示す。20 kHz, 1.0mT の交流磁界影響においては 8 時間で 1.34 倍のファージ誘導がみられた (Fig. 1a)。20 kHz 交流磁界において大腸菌の生理状態に何らかの影響があると示唆された。また磁界とそれに伴う渦電流との比較においては、8 時間においてテフロンプレート exposure in (0.86) に対する exposure out (2.82) のファージ誘導率が 3.28 倍 (Table 1) と磁界自身の影響 1.34 倍よりも高いことから、磁界自身よりもそれに伴う渦電流が細菌細胞に生理的ダメージを与えるのではないかと推定された。

また、より周波数の高い 60 kHz 磁界曝露では、20 kHz での結果をふまえて、磁界強度 1.0 mT に絞って、テフロンプレートを用いて渦電流影響評価をおこなった。Table 2 より control out (1.39) に対する exposure out (1.78) を比較し磁界影響評価すると 1.28 倍のファージ誘導がみられた。また交流磁界とそれに伴う渦電流との比較では、exposure in (0.83) に対する exposure out (1.78) のファージ誘導率が 2.14 倍と磁界曝露単体の影響 1.28 倍よりも高いことから、磁界自身よりもそれに伴う渦電流が細菌細胞に生理的ダメージを与えるのではないかと推定された。

さらにテフロンプレート inner ring の直径を 2 mm から 5 mm に変更した際の渦電流影響の比較をすると、有意差はみられなかったが磁界曝露 8 時間の exposure in と exposure out のファージ誘導率が直径 5 mm (0.94 / 0.91 = 1.03) のものより 2 mm (1.78 / 0.83 = 2.14) のほう高いことから、やはり渦電流による影響があると推定された (table 2, 3)。

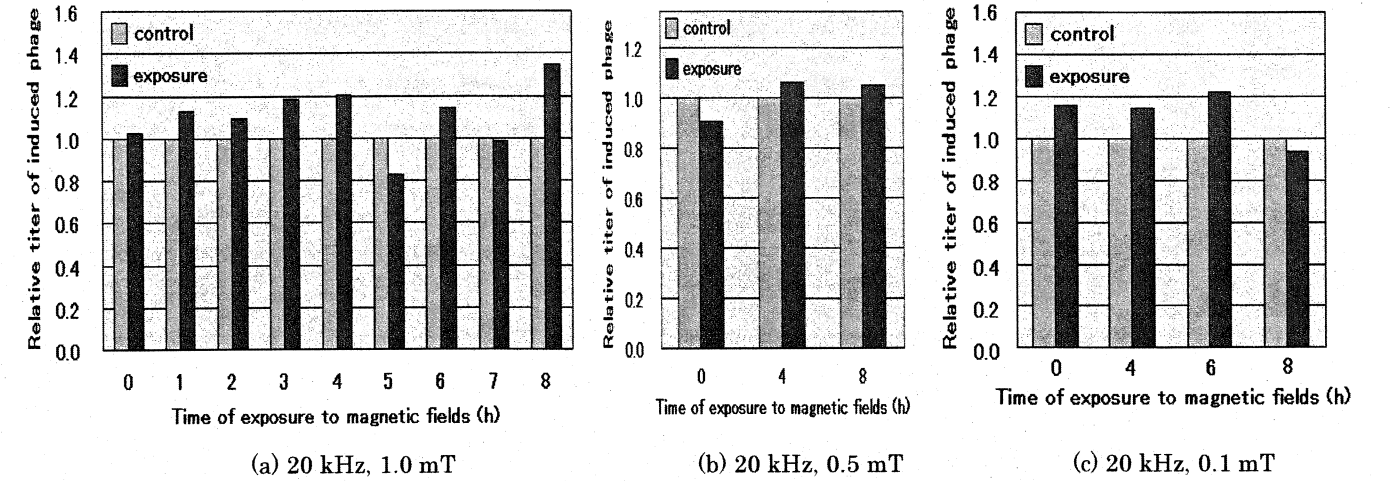


Fig. 1 Effects of magnetic fields on induction of λ phage

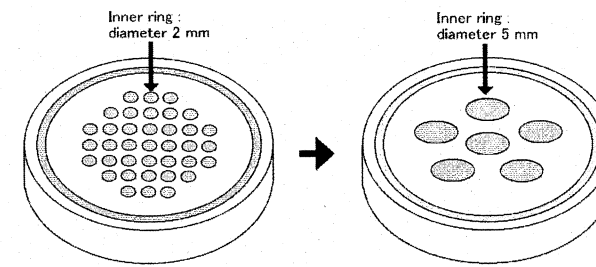


Fig. 2 Teflon plate

Table 1 Eddy current effects (20 kHz, 1.0 mT, 8 h)

	Relative titer of induced λ phage	
	(pfu / 10 μl)	
Inner ring (diameter 2 mm)	Control: 39.90 (1.00)	Exposure: 34.31 (0.86)
Outer ring (diameter 40 mm)	Control: 51.07 (1.28)	Exposure: 112.52 (2.82)

Table 2 Eddy current effects (60 kHz, 1.0 mT, 8 h)

	Relative titer of induced λ phage	
	(pfu / 10 μl)	
Inner ring (diameter 2 mm)	Control: 15.13 (1.00)	Exposure: 12.56 (0.83)
Outer ring (diameter 40 mm)	Control: 21.03 (1.39)	Exposure: 26.93 (1.78)

Table 3 Eddy current effects (60 kHz, 1.0 mT, 8 h)

	Relative titer of induced λ phage	
	(pfu / 10 μl)	
Inner ring (diameter 5 mm)	Control: 13.25 (1.00)	Exposure: 12.72 (0.91)
Outer ring (diameter 40 mm)	Control: 11.00 (0.83)	Exposure: 12.46 (0.94)

4. まとめ

実験結果より、VLF 磁界とそれに伴う渦電流が生体に何らかの影響を与えることが確認できた。実際には渦電流のほうが磁界よりも影響を与えていると考えられる。今後は詳細な分子レベルでの解析を進め、生体への具体的な影響を特定する必要があると考えられる。

参考文献

- 1) WHO-IARC Monograph on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Vol. 80, Part 1, Static and Extremely Low-frequency Electromagnetic Fields (2002)
- 2) Sambrook and Russell: Molecular Cloning. Third Edition. CSHLpress (2000)
- 3) John w. Little: *J. bacterial.*, 175, 4943-4950 (1993)

スクリー形磁気マイクロポンプの構成と流量特性

自然計測応用研究センター 人間計測制御研究部門
山田 外史, 柿川 真紀子, Chomsuwan Komkrit

1. はじめに

近年、 μ TAS(micro Total Analysis System)や自動投薬システム、体内埋め込み式ポンプなど、微量の液体を送液するマイクロポンプの研究が行われている¹⁾。スクリー形磁気マイクロポンプは、磁気力を用いて螺旋形のインペラに動力を伝え、インペラ(羽根車)を回転させ、液体に力を与えるポンプ機構である。このマイクロポンプの特徴として次のことが挙げられる。

- (1) 構造的に容易に作製可能、また脈動なしの送液が可能。
- (2) 動力伝達は回転磁界を用いて行い、ワイヤレスで動作可能。
- (3) インペラに動力用・支持用のシャフトが必要なく、摩擦が軽減できる。
- (4) 既存の管を使用してポンプを構成でき、ポンプ室や弁を必要としない。
- (5) インペラが管の中を移動でき、適切な箇所でのポンプ動作が可能。

本研究の目的は、ポンプのインペラならびに動力源となる回転磁界発生装置を作製し、磁気マイクロポンプを構成し、実際にポンプ動作できるか確認する。次に、3種類の粘度の液体を用意し、ポンプを動作させ、各インペラ、各粘度で磁気マイクロポンプの周波数-流量特性、圧力-流量特性を測定し得られた結果よりポンプの性能を評価する。

2. 磁気マイクロポンプの構成と動作原理

磁気マイクロポンプは、Fig. 1のように構成される。回転軸に対して垂直方向に着磁された永久磁石を持つインペラが回転磁界と同期し回転することで、液体に力を加え管の中に流れを発生させている。また、インペラは回転することで軸方向に推進力を得るが、永久磁石と回転磁界との間に軸方向の吸引力が働くことによってインペラを非接触で保持する。

Fig. 2に示すように、厚さ0.2 mm、幅1.5 mmのスチレン製の板をひねることで、螺旋形を作っている。螺旋ピッチは、3.3 mmとし、全長10 mm (3 turn)とした。螺旋部分の先端に $\phi 1 \text{ mm} \times 1 \sim 3 \text{ mm}$ 、着磁方向が径方向の円柱形NdFeB磁石を接着し、スクリー形磁気マイクロポンプのインペラ部分を構成している。

Fig. 3に示すように、回転磁界発生装置はコイルを6つ作製し、それぞれ 60° ごとに位置をずらして配置している。6つのコイルの中心に、管の中心軸を合わせインペラを設置する。対角同士のコイルにはそれぞれ同位相の電流を流せるように結線し、対称三相交流電流を流すことで中心に回転磁界を発生させている。

3. 磁気マイクロポンプの流量特性

3.1 液体粘度の違いによる流量特性の比較

インペラ3(永久磁石 $\phi 1 \text{ mm} \times 3 \text{ mm}$)を用いて、3種類の液体粘度(1, 5, 10 mm^2/s)の液体(水, シリコンオイル)中で磁気マイクロポンプを動作させた。その時、回転磁界発生装置に流した励磁電流は2.5 Aとした。またポンプの吸込液面と吐出液面の垂直高さは同じとし、液面差による圧力を0とした。測定結果をFig. 4に示す。縦軸は、ポンプの

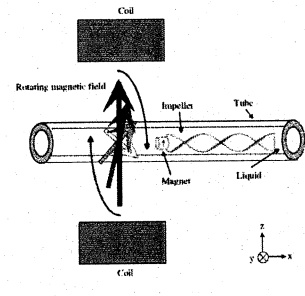


Fig 1 Magnetic micro-pump

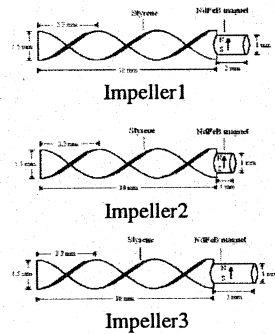


Fig. 2 Impeller structure

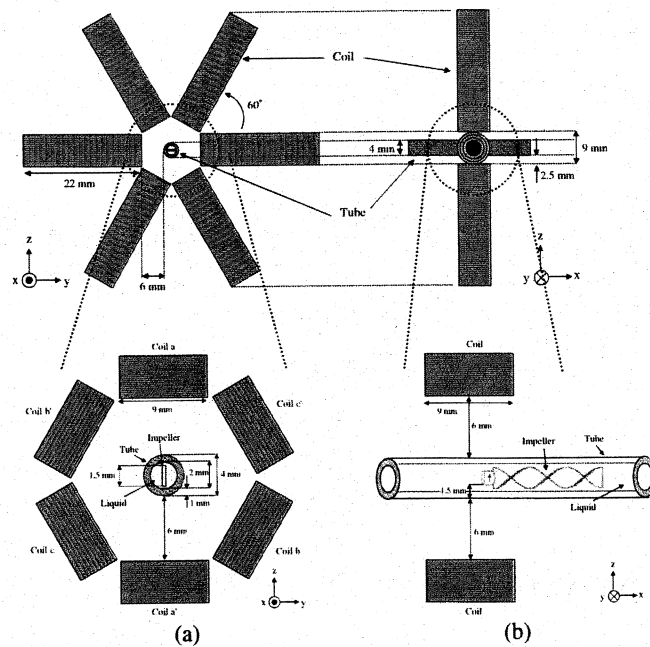


Fig. 3 Rotating magnetic field generation

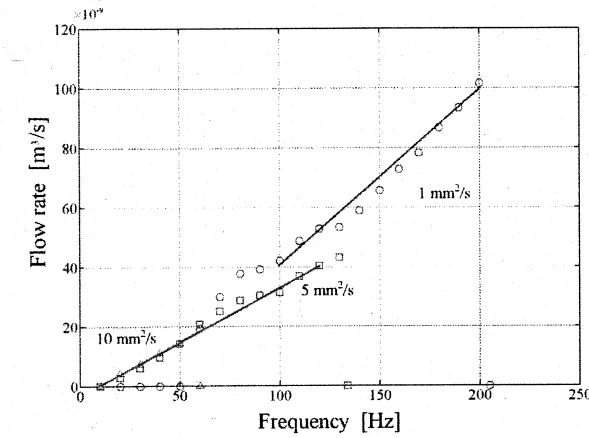


Fig. 4 Frequency - flow rate characteristics
(Exciting current $I = 2.5 \text{ A}$)

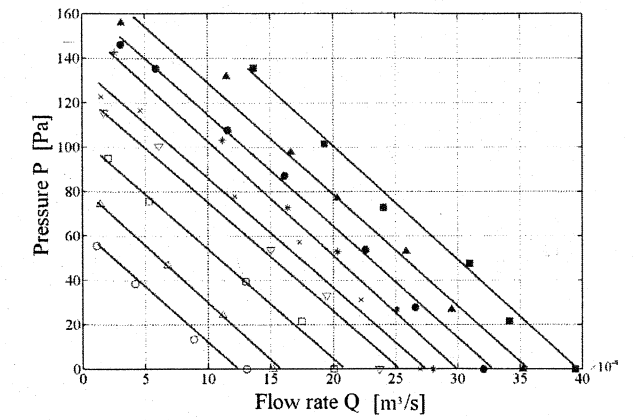


Fig. 5 Flow rate - pressure characteristics

チューブの吐出口より流れ出た液体の流量を示している。横軸は回転磁界の周波数を示しているが、インペラが回転磁界に同期して回転している場合はインペラの回転周波数と見ることが出来る。

脱調周波数に関してみると、1 mm^2/s のとき 205 Hz、5 mm^2/s のとき 134 Hz、10 mm^2/s のとき 60 Hz と液体粘度が低い方が、脱調周波数が高くなっている。これは液体の粘度が上昇すると摩擦抵抗が大きくなるので、粘度を上昇させると、インペラを回転させるために必要となるトルクが大きくなるため、粘度が低い液体ほど高い周波数で脱調する。

実験でインペラの回転状態を観察した結果、低粘度では常に位置を固定され安定して回転しているわけではなく、周波数によっては回転軸方向(x軸方向)に振動していることがわかった。インペラの動作が安定したり、振動したりする現象が確認されることから、周波数や液体粘度によって管内の液体の流れの状態が異なり、インペラの振動によって損失が起こり、測定結果のばらつきにつながっているのではないかと考えられる。

Fig. 4 はいずれも原点を通るものにはならない。これは、今回の周波数-流量特性を測定する際には吐出液面と吸込液面の垂直高さを0としているが、液体と管との摩擦による損失があるため原点を通らない特性となったと考えられる。また液体粘度1 mm^2/s (水)において他の粘度(シリコンオイル)より管の吐出口から液体が流れ始める周波数が高くなっている。これは、水の表面張力(約72 mN/m)がシリコンオイルの表面張力(約20 mN/m)より大きいためであると考えられる。

3.2 ポンプの圧力-流量特性

インペラ3(永久磁石 $\phi 1 \text{ mm} \times 3 \text{ mm}$)を用いて、液体粘度(5 mm^2/s)の液体中で磁気マイクロポンプを動作させた。その時、回転磁界発生装置に流した励磁電流は2.5 Aとした。またポンプの吸込液面と吐出液面の垂直高さ h を変化させ、 h を測定することで吐出からの圧力 P を一定とした。回転磁界の周波数40~120 Hzで固定し、 h を変化させその時の流量を測定することで、ポンプの圧力-流量特性とした結果をFig. 5に示す。

Fig. 5より流量と圧力の関係がほぼ線形となっていることが確認できた。このグラフは、例えば周波数100 Hzにおいてポンプが粘度5 mm^2/s 、密度915 kg/m^3 の液体を16.3 mmの高さまで揚水することができ、その時の流量が3.1 $\mu\text{l/s}$ であるということを示し、ポンプの揚水能力を示している。各特性より内側(原点側)の領域がポンプの動作可能領域を示している。

4. まとめ

本研究では、回転磁界と永久磁石の同期を利用したワイヤレスで動作可能なスクリー形磁気マイクロポンプを構成し、その流量特性(周波数-流量特性、圧力-流量特性)の測定を行った。

ポンプの周波数-流量特性に関して以下に示す。

- 1) 周波数と流量はほぼ比例した。
 - 2) 回転磁界の強度を変えた場合、磁界強度が大きくなるとインペラの保持力が大きくなり、脱調周波数が高くなり流量が増加する。
- ポンプの圧力-流量特性に関して以下に示す。
- 3) 流量と圧力の関係がほぼ線形の関係となった。
 - 4) 液体粘度5 mm^2/s 、密度915 kg/m^3 、励磁電流2.5 Aの時、揚水能力は最大17.4 mmであった。

参考文献

- 1) 仙道雅彦, 石山和志, 山口正洋, 荒井賢一:「スパイラル型磁気マイクロマシンの始動特性」, 日本応用磁気学会. Vol.26, No.4, 2002, pp.653 - 656.

GMR センサを用いた非磁性微小金属球検出

自然計測応用研究センター 人間計測制御研究部門
山田 外史, 柿川 真紀子, Chomsuwan Komkrit

1. はじめに

本研究は、マイクロウズ電流探傷技術(マイクロ ECT 技術)の新しい応用として mm サイズ以下の非磁性の微小金属粒子の検出を目的としている。応用の1つとして、著者らが検討している IC パッケージ技術(BGA: Ball Grid Array)におけるハンダボールの検出がある¹⁾。非磁性金属球検出のための ECT プローブの構成について示し、ECT 技術による BGA でのハンダボールの実験結果を示す。また、均一磁界におかれた金属球のうず電流解析を行い、解析結果と実験結果により ECT 技術による非磁性微小金属球アレー検出の限界、プローブの改善方法を検討した。

2. 非磁性微小金属球検出用 ECT プローブ

ECT プローブの構成を Fig. 1 に示す。プローブは励磁部(矩形プレーナコイル)と検出部(SV-GMR センサ)からなる。励磁部の矩形プレーナコイルは低インピーダンスで高い磁界を検査対象に与えることが可能である。GMR センサの抵抗値は $R = 2.0 \text{ k}\Omega$ 、小振幅特性 ($B < 0.2 \text{ }\mu\text{T}$) において z 方向の磁界変化にのみ大きな抵抗値の変化を示し、MHz 以上において動作する。感度は、 $20 \text{ mV}/100\text{ }\mu\text{T}$ ($I = 0.5 \text{ mA}$, $f = 100 \text{ kHz}$)、分解能は $0.1 \text{ }\mu\text{T}$ 程度である。GMR センサは z 軸方向の磁界を検出できるように励磁コイルの中心に置く。検出部と検査対象の距離(リフトオフ高さ)は $d = 300 \text{ }\mu\text{m}$ である。励磁コイルは $f = 1 \text{ MHz}$, $I = 200 \text{ mA}$ の高周波電流で励磁する。GMR センサには駆動電流として 2.0 mA の直流電流を与え、抵抗値の変化を電圧変化により計測する。

3. 渦電流解析と解析結果

検出部により検出する磁界を解析するための解析モデルを Fig. 2 に示す。均一磁界中におかれた金属球中に流れるうず電流 J およびリフトオフ高さ d での磁束密度 $B_z(z)$ はそれぞれ式 (1), (2) で与えられる。

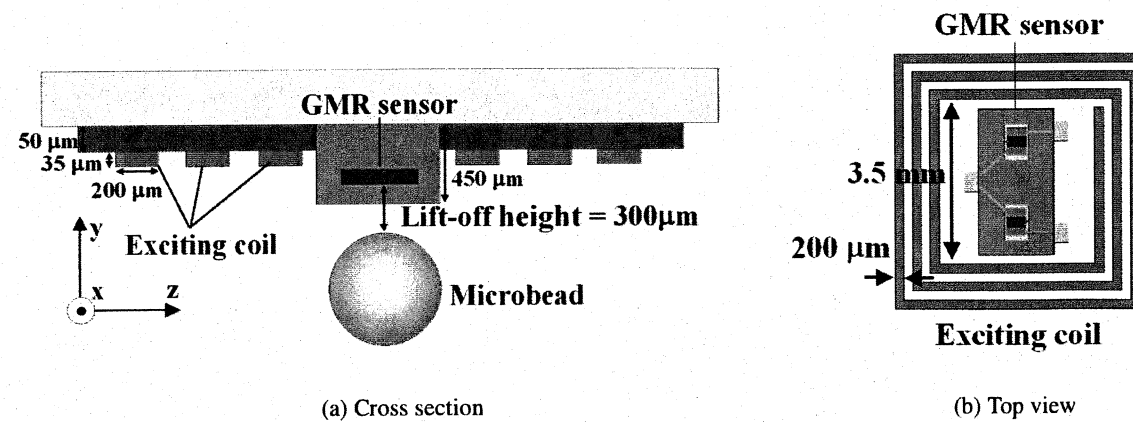
$$J(r, \theta, \phi) = -j\omega\sigma a J_1(kr) \sin\theta B_0 \quad (1)$$

$$B_z(z) = 3b \frac{z(r_0 + d)}{r^3} B_0 \quad (2)$$

$$a = \frac{r_0}{\mu_0} \frac{1}{J_1(kr_0)/\mu_0 + \{kr_0 J_0(kr_0) - J_1(kr_0)\}/\mu} \quad (3)$$

$$b = r_0^3 \frac{J_1(kr_0)/2\mu_0 - \{kr_0 J_0(kr_0) - J_1(kr_0)\}/2\mu}{J_1(kr_0)/\mu_0 + \{kr_0 J_0(kr_0) - J_1(kr_0)\}/\mu} \quad (4)$$

ここで、 r_0 , μ , σ は金属球の半径、透磁率、導電率であり、 J_0 , J_1 は 0 次、1 次のベッセル関数である。



(a) Cross section

(b) Top view

Fig. 1 Structure of eddy-current testing probe

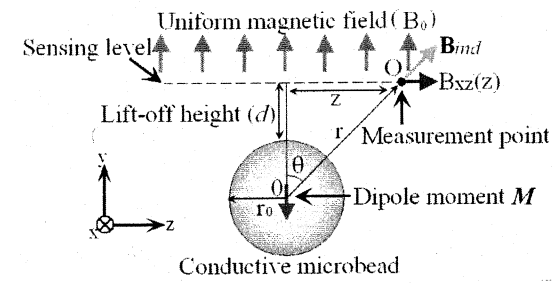
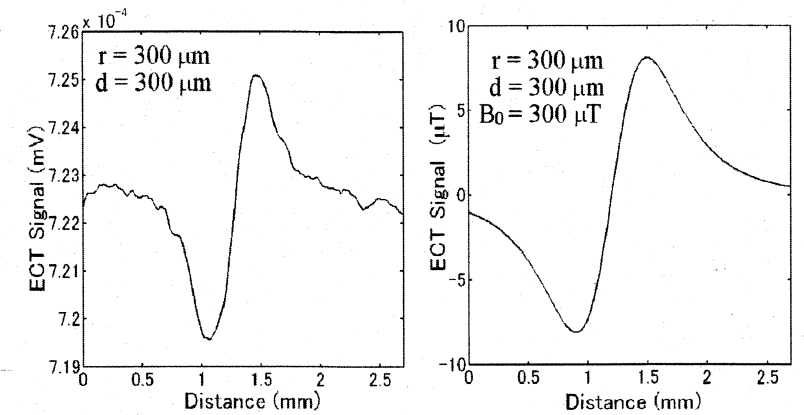


Fig. 2 Detection of magnetic flux density



(a) Experimental results

(b) Calculated results

Fig. 3 Comparison of detecting signals

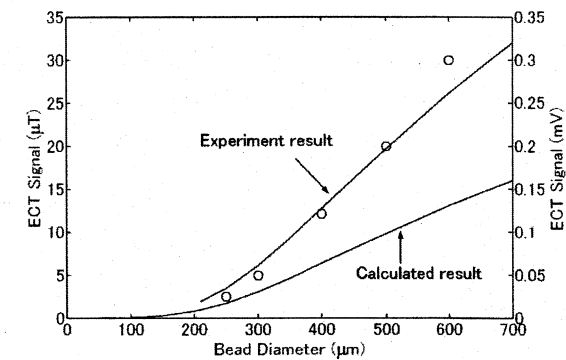


Fig. 4 Radius of bead vs. signal amplitude characteristics

現在実験に用いているリフトオフ高さ $d = 300 \text{ }\mu\text{m}$ 、励磁周波数 $f = 1 \text{ MHz}$ の条件で直径 $400 \text{ }\mu\text{m}$ の金属球を検査したときの検出信号および解析した磁束密度 B_z を Fig. 3 に示す。このとき解析モデルにおける一様磁界は $B_0 = 300 \text{ }\mu\text{T}$ とした。図より、位置 z に対する信号波形はよく相似している。ハンダボールの直径を変化させた場合のセンサの電圧信号振幅の変化および解析結果の磁束密度 $B_z(z)$ を Fig. 4 に示す。計算結果の曲線は、実験結果の特性を表している。

4. まとめ

本稿では GMR センサ、ECT 技術の新しい応用として、IC パッケージの BGA 用いられる非磁性の数 $100 \text{ }\mu\text{m}$ サイズの微小ハンダボールの検出特性について述べた。提案する SV-GMR センサを検出部に用いた ECT プローブにより、直径 $250 \text{ }\mu\text{m}$ のハンダボールが検出可能である。

また、ECT 技術による導電性微粒子の検出限界を検討し、検出方法の改善を検討するため、均一磁界中の金属球の解析モデルについてのうず電流解析により、ハンダボールの検出磁界のボールサイズ特性、周波数特性、リフトオフ高さによる変化を解析した。この結果、高い励磁周波数、低いリフトオフ高さを適用することにより、より微小なハンダボール検出が可能であると考えられる。

参考文献

- 1) K.Comswan, S.Yamada, T.Hagino, T.Somsak, K.Minamide, M.Iwahara: Recognitions of Micro Non-Magnetic and Ferromagnetic Material with SV-GMR Sensor, Proceedings of International Conference of Sensor Technology, November, New Zealand, pp.557-560 (2005)

光触媒ナノ粒子の腫瘍細胞内取込みと超音波力学的膜傷害機構の解析

金沢大学 大学院自然科学研究科 山岸 紗弥花, 荻野 千秋
自然計測応用研究センター 清水 宣明

1. 緒言

近年、二酸化チタン (TiO₂) を光触媒として用いたさまざまな分野での応用展開が注目されている。TiO₂ に 380 nm 以下の短波長の光を照射することで生成される活性酸素種の酸化力を利用するもので、環境ホルモンなどの有害化学物質の分解処理、有害微生物の殺菌・抗菌などが報告されている。さらに、この光触媒反応を利用して、新規がん治療としての研究も進められている。現在腫瘍に TiO₂ を注入し、そこに光ファイバーなどを用いて光照射すれば、腫瘍が死滅していくことが確認されている。

本研究室ではこのような光触媒として知られている TiO₂ に超音波 (US) を照射すると、高濃度のヒドロキシルラジカル (・OH) が生成されることを確認した (TiO₂/US 法)。TiO₂/US 法は、超音波を利用することによって光触媒反応と比較して水相中への超音波浸透距離が大きいなどの利点を有しており、さまざまな分野での応用が期待できる。これまで TiO₂/US 法を大腸菌やレジオネラなどに適用すると、効果的な殺菌効果が得られることが確認された。そこで本研究では、腫瘍細胞に対しても同様の効果が期待できると考え、TiO₂/US 法による腫瘍細胞への影響を検討し、新規がん治療としての可能性を評価した。超音波を利用したがん治療には、生体組織の超音波吸収による加熱作用を用いたものや、超音波振動による機械作用を用いたもの、超音波がひき起こすキャビテーション効果を利用した音響化学療法などがあり、がん細胞に超音波を照射するとアポトーシスを誘導してがん細胞の増殖を抑制するという報告がされている。

2. 理論

2.1 TiO₂/US 法

超音波は縦波であるために高圧・低圧域が存在し、その圧力変動により微小な気泡 (キャビティ) が発生する。さらに圧力変動の繰り返しによって、キャビティの膨脹、圧壊が生じる (Fig. 1)。キャビティの圧壊時には高温場による水分解が起こり、・OH が生成することが報告されている (キャビテーション効果)。このような超音波のキャビテーション効果からの・OH と、TiO₂ に超音波照射することで生成される・OH の両者によって腫瘍細胞膜を酸化し、死滅させることが可能である。

2.2 細胞死

アポトーシス 生体内で不要になった細胞や、突然変異や遺伝子損傷を受けて異常をきたした細胞が、発達やその他の生物学的経路の間で除去される生理学的なプロセスが存在する。アポトーシスは「プログラムされた死」ともいわれ、細胞自身の消去 (細胞の自殺) を行うことで異所性組織が形成されるのを防いでおり、細胞の正常な組織の恒常性維持や防御、老化と個体死に至るまでの各段階で重要な役割を複雑に制御された細胞死実行経路によって誘導される。

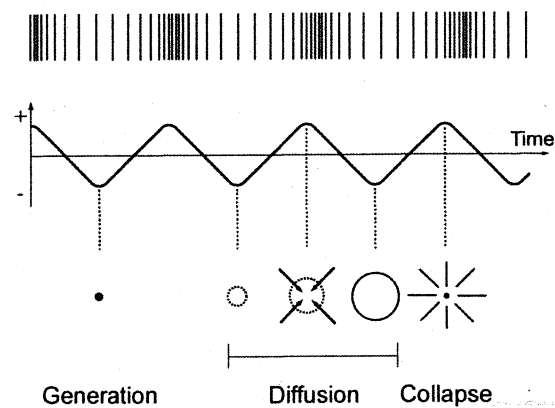


Fig. 1 Formation of cavitation bubbles during ultrasonic irradiation

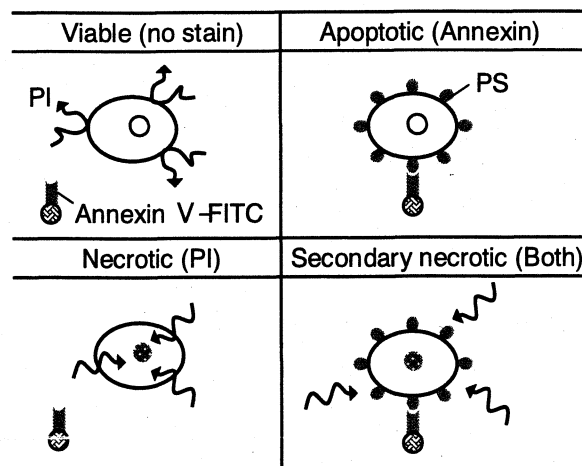


Fig. 2 Detection of apoptotic and necrotic cells by staining with annexin-V and PI.

ネクローシス 細胞が物理的あるいは、化学的な傷害を受けた場合に生じる、病理学的なプロセスである。細胞の恒常性維持能力が不均一となることから始まり、水分と細胞外イオンの細胞内への流入へと至る。これに伴い、細胞内小器官、特にミトコンドリアや細胞全体が膨れ上がり、破裂する (細胞溶解)。最終的には原形質膜が崩壊することにより、細胞質の内容物が細胞外に放出される。

3. 実験

3.1 実験方法

対数増殖期にあるマウスリンパ腫由来細胞 (L1210) を 2×10^5 cells/ml で 24 穴プレートに 500 μ l/well ずつ播種し、TiO₂ (粒径約 90 nm) を 50 μ l/well ずつ添加した。超音波 (1 MHz, デューティ比 50%パルス) を 10 秒間照射し、37 $^{\circ}$ C, 10 %CO₂ で 24 時間培養した後、細胞膜損傷の程度を測定した。

3.2 細胞膜傷害の評価方法

細胞は死に至るまでに様々な特徴を現すため、それらの特徴を利用した様々な方法で細胞死を評価する必要がある。以下に本研究で用いた細胞死の評価方法を示す。

乳酸脱水素酵素の活性測定による膜損傷測定

ほとんどすべてのネクローシスや多くのアポトーシス (とくに後期) においては、細胞死に伴う細胞膜の破綻により細胞質内の分子が細胞外に漏出される。そこで、このような分子を定量測定することにより、細胞膜の破綻、生存活性を失った細胞の定量が可能になる。本研究では、細胞質に豊富に存在し、比較的安定な酵素である乳酸脱水素酵素 (lactate dehydrogenase ; LDH) を定量することで、細胞膜の損傷を検出した。

Trypanblue 染色法 Trypan blue 染色法は、細胞の生死判別に最も良く使われており、細胞膜の損傷を指標に生死を判別する方法である。細胞膜に損傷を受けた細胞には、トリパンプルー色素が細胞内に吸収され、細胞が青色に染色される。一方、正常な細胞内には色素が吸収されないため細胞は染色されない。この色素による染色の有無によって生細胞、死細胞を判別し、これをカウントする。

フローサイトメトリー法 (FCM 法) FCM は、各種の蛍光色素で染色した細胞を細管の中を高速に流し、レーザー光により励起して、個々の細胞の大きさや形態の情報とともに蛍光を測定し、解析する方法である。

本研究で用いた蛍光色素について以下に示す。

① Annexin V-FITC : アポトーシス初期の特徴である細胞膜の構造変化が起こると、膜の外部に露出してきた膜リン脂質フォスファチジルセリン (PS) と結合する。

② PI : 膜透過性となった細胞内に入り込み、DNA と結合する。

これらの蛍光色素を用いて FCM を行うと、アポトーシスが進行した細胞では、Annexin V-FITC の蛍光が観察されるが、細胞膜の構造は保たれているため PI は膜を通過できず、DNA とは結合しない。一方アポトーシスの後期やネクローシスの細胞の場合には、細胞膜の構造が破壊しているため、PI が細胞内に入り込む。さらにアポトーシス、ネクローシスが進行すると、Annexin V が膜を通過して、内膜に存在する PS にも結合するため、Annexin V-FITC と PI 両方の蛍光が観察される。また、正常な細胞はいずれの蛍光色素とも反応せず陰性となる。FCM 法による細胞死検出方法を Fig. 2 に示す。

4. 結果および考察

4.1 超音波の出力による影響

超音波の出力によって細胞膜の損傷にどのような影響が出るかを調べた (Fig. 3)。TiO₂ の有無に関わらず、超音波

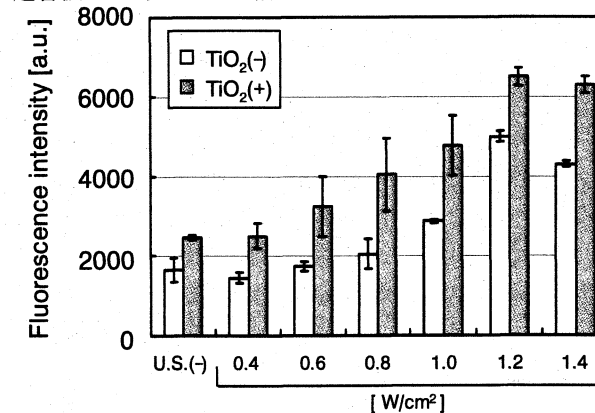


Fig. 3 Effect of US intensity on cell membrane damage.

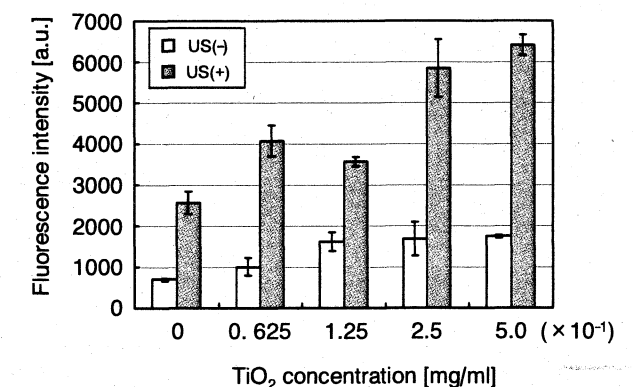


Fig. 4 TiO₂-concentration dependent cell damage following US irradiation.

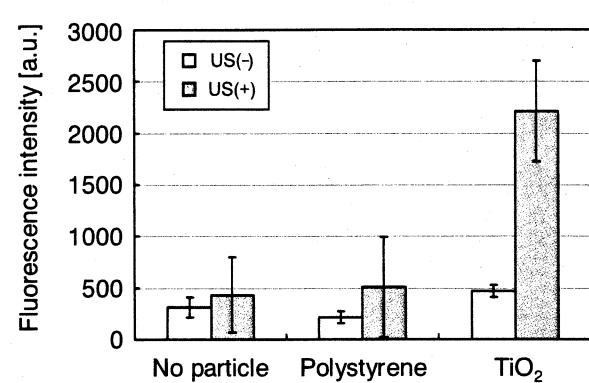


Fig. 5 Comparison with polystyrene and TiO₂ particles for US-induced cell damage.

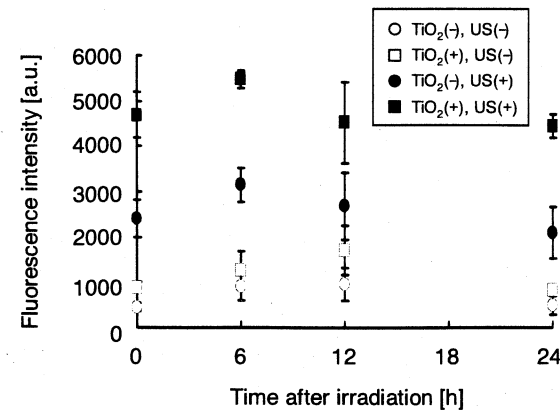


Fig. 6 Time courses of LDH release after US irradiation.

の出力が強くなるにつれて、細胞から漏出する LDH 量は増大した。これは超音波照射によって生じるキャピテーション効果などによる物理的な衝撃が与える影響であると考えられる。また、超音波照射のみの細胞群と、TiO₂ を培養液に添加後超音波を照射した細胞群を比較すると、0.6~1.0 W/cm² では TiO₂ を添加したことによる LDH 漏出の有意な増大がみられる。この要因として、まず TiO₂ を加えたことでキャピティが生成しやすくなったことが考えられる。さらに、TiO₂ に超音波を照射することで生成されるラジカルによって細胞膜に損傷を与えたことが考えられる。しかし、1.2 W/cm² 以上の出力では超音波照射そのものによって引き起こされる細胞傷害も顕著になった。これらのことから、TiO₂/US 法を効果的に利用するには、0.8 W/cm² 付近の出力が適当である。

4.2 TiO₂ 濃度依存性膜損傷

TiO₂/US 法の TiO₂ 濃度変化による細胞膜損傷効果を検討した (Fig. 4)。超音波照射を行わない場合、TiO₂ 添加濃度の増加に伴って LDH 漏出のわずかな増大が認められる。これと比較して、TiO₂ を培養液中へ添加後に超音波照射を行うと、TiO₂ 濃度に比例して細胞からの LDH 漏出が有意に増大した。この結果は、TiO₂/US 法による細胞膜損傷が TiO₂ から生成する・OH に起因する可能性を示唆する。

TiO₂/US 法の細胞死滅効果を最大限に出すため、以下の実験では、TiO₂ を終濃度 0.5 mg/ml になるように加えた。

4.3 ポリスチレン粒子との比較

TiO₂/US 法の細胞膜損傷効果の要因として以下のことが考えられる。

- ① TiO₂ から生成される・OH による細胞膜酸化作用
- ② 粒子を添加したことによるキャピテーション効果の増大
- ③ 粒子の細胞膜への衝突などによる物理的要因

これらの要因を確認するために、ポリスチレン粒子 (粒径約 200 nm) を用い、TiO₂ を用いた場合の細胞膜損傷効果と比較検討した (Fig. 5)。

ポリスチレン粒子を添加後に超音波照射した場合、TiO₂ を添加した場合のような細胞膜損傷効果の増大は観察されなかった。このことから、TiO₂ は超音波照射と併用することで他の粒子よりもより効果的に細胞死を誘導すると言える。したがって、TiO₂ / U. S. 法がもたらす細胞膜損傷効果は、①、②のような物理的な要因よりも、TiO₂ から生成される・OH によって引き起こされる膜損傷効果が大きいと考えられる。

4.4 超音波照射後の経時変化

超音波照射後の細胞膜傷害の経時変化を LDH assay, Trypan blue 染色法, FCM 法によって解析した。

LDH assay 超音波照射後の膜損傷経時変化を Fig. 6 に示す。超音波照射を行った細胞群では照射直後に LDH の漏出がみられ、特に TiO₂ を添加した細胞群では、超音波照射のみの細胞群の約 2 倍の LDH 漏出がみられた。また、その値は照射後 24 時間経っても有意な変化が見られなかったことから、キャピテーション効果や TiO₂ から生成されるラジカルは、超音波照射直後に細胞膜の損傷をひき起こし、24 時間培養しても新たに細胞から LDH が漏出することはないと考えられる。

Trypan blue 染色法 超音波照射後の生細胞数経時変化を生死細胞オートアナライザー Vi-CELL を用いて解析した (Fig. 7)。縦軸は Vi-CELL で測定した 100 画面中の生細胞の合計を表している。超音波照射のみでもわずかに生細胞数の減少が見られるが、超音波照射後正常に増殖をしている。しかし TiO₂ を添加後に超音波を照射した細胞群では、超音波照射直後に生細胞数が無処置の細胞群と比較して約 50 % にまで減少し、その後の細胞増殖も有意に抑制された。以上の結果

から、超音波照射単独より TiO₂ を添加後に超音波を照射することでさらに細胞死滅効果が増幅され、細胞増殖の抑制効果をもつことが明らかとなった。

FCM 法 超音波照射後の細胞膜損傷の経時変化を FCM 法によって解析した (Fig. 8)。図は 10⁴ 個の細胞について、TiO₂ あるいは超音波照射の有無について、超音波照射直後及び 24 時間後の annexin 及び PI で染色される細胞数の割合を示したものである。TiO₂ を添加して超音波を照射した場合、無処置の細胞群に比べて、照射直後では正常な細胞 (No stain) が少なく、PI で染まる細胞が多い。このことから、TiO₂/US 法による細胞膜損傷効果は超音波照射直後に現れることが判る。これは、LDH assay において、照射直後に LDH の漏出が観察されたこととも一致している。しかし、超音波照射 24 時間後では PI で染まる細胞が大幅に減少している。これは、超音波照射直後に PI で染まるような細胞が、24 時間の培養の間に破裂あるいは溶解することで、細胞の形を維持できずに消滅していることが考えられる。また、TiO₂ を添加しただけで 24 時間後に Annexin と結合する細胞が増加した。このことは、TiO₂ を添加することで、24 時間培養する間に細胞膜の構造に何らかの変化が生じていることが示唆される。これは TiO₂ が細胞膜に吸着するか、あるいはエンドサイトーシスによって細胞内に取り込まれたために細胞膜に変化が生じた可能性がある。

TiO₂/US 法による細胞形態変化 TiO₂ を添加後の細胞に超音波照射した場合と、しない場合の顕微鏡写真像を撮影することで、細胞形態変化の観察を行った (Fig. 9)。TiO₂ を添加しただけの細胞では 24 時間の培養後も形態に大きな変化は見られなかった。一方、TiO₂ を添加して超音波照射を行った細胞群では、照射直後では細胞の形態を維持しているものの、細胞膜に損傷を受けているのがわかる。さらに、24 時間培養した後では、照射直後に見られた細胞膜に損傷を受けているような細胞は存在せず、細胞膜の断片とみられるものが散らばっている様子が観察された。これらのことから、TiO₂ を添加後に超音波照射を行うことで照射直後に細胞膜損傷が誘導され、時間経過とともに破裂、あるいはアポトーシスによる細胞の消滅を起していると考えられる。このことは、前述した FCM 法の結果において、超音波照射直後に PI で染まる細胞が 24 時間後に減少したという結果とも一致する。

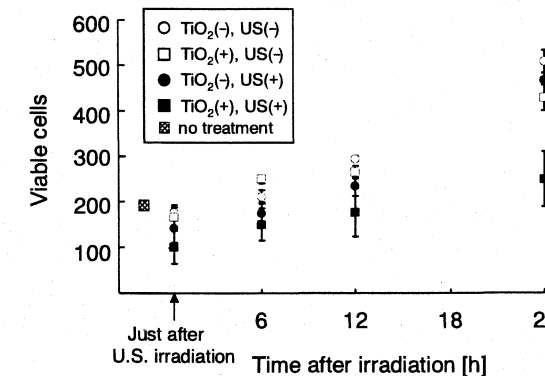


Fig. 7 Time courses of cell growth after US irradiation.

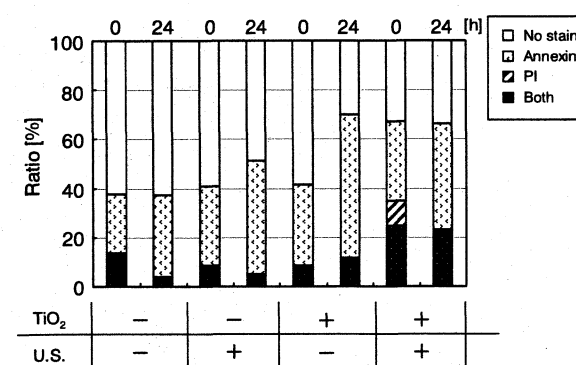


Fig. 8 FCM assay.

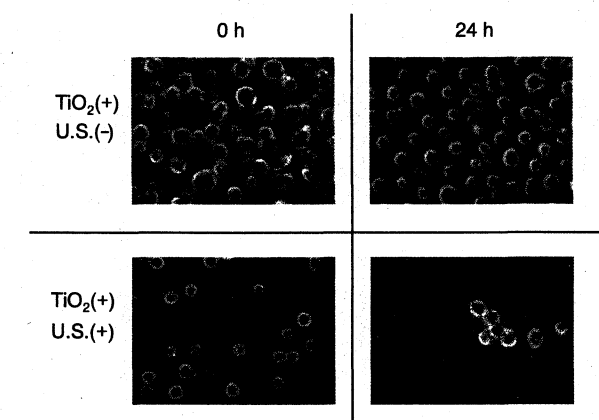


Fig. 9 Morphological changes of L1210 cells 24 h after US irradiation.

5. 結言

本研究では、TiO₂ / U. S. 法のがん治療への応用を目指し、腫瘍細胞を用いて TiO₂ / U. S. 法の最適条件の検討、TiO₂ / U. S. 法がひき起こす細胞死の解析を行った。その結果以下の結論が得られた。

- 1) TiO₂ / U. S. 法の最適条件は、照射強度 0.8 W/cm², 50 %パルス, 照射時間 10 秒であり、細胞膜損傷効果は TiO₂ 濃度に依存性した。
- 2) ポリスチレン粒子では TiO₂ 微粒子のような細胞膜損傷効果は観察されなかったことから、TiO₂ / U. S. 法による細胞死は、TiO₂ から生成される OH ラジカルに起因することが示唆される。
- 3) 超音波照射後の経時変化において、照射直後に細胞膜の損傷がみられ、24 時間経つことで細胞が消滅し、その間の増殖が有意に抑制された。

光触媒ナノ粒子を内包する細胞膜融合リポソームの構築

金沢大学 大学院自然科学研究科 野瀬 律子, 荻野 千秋

自然計測応用研究センター 清水 宣明

1. 緒言

現在、薬剤投与に関する新しい概念である薬物送達システム (Drug Delivery System: DDS) は、医療分野において重要な役割を果たしている。DDS は、薬剤を病変部位にのみ選択的に運搬し、治療効果を十分に発揮させると同時に、副作用を最小限に抑えることを目的としている。

近年、本研究室では、光触媒である酸化チタン (TiO_2) に超音波を照射すると、光触媒と同様、有機物の分解や殺菌効果があることを報告した ($TiO_2/U.S$ 法)。また、 TiO_2 に超音波を照射する際に生成するヒドロキシルラジカル ($\cdot OH$) が、がん細胞を有意に死滅させることも報告した。

本研究では、がん細胞にのみ TiO_2 微粒子を送達可能なリポソームの創製を目的とし、 TiO_2 微粒子を内包したリポソーム表面に抗体などのタンパク質の化学修飾の諸条件の検討を行った。また、 TiO_2 微粒子内包リポソームの細胞内への取り込み評価も行った。

2. 実験方法

2.1 リポソーム表面へのタンパク質修飾

NHS-PEG 導入リポソームの作製 凍結乾燥リン脂質 (Dimyristoyl phosphatidic acid: Dipalmitoyl phosphatidylcholine: Cholesterol = 1 : 4 : 5 (mol 比)) を phosphate buffer (PB, pH=5.8) に懸濁することにより、Liposome を作製した。次に、N-ヒドロキスクシンイミド (NHS) で活性エステル化したポリエチレングリコール (PEG) 結合リン脂質 (NHS-PEG-DSPE) をリポソームに挿入した (NHS-PEG-liposome)。これより、タンパク質などのアミノ基と容易にアミド結合を形成させ、リポソーム表面へのタンパク質修飾が可能である (Fig. 1)。

NHS-PEG 導入の確認 Liposome 表面への NHS-PEG 導入を確認するため、NHS-PEG-liposome にエチレンジアミンを介して蛍光物質 Fluorescein-4-isothiocyanate (FITC-I) を結合した。FITC-I は、蛍光試薬 Fluorescein に親タンパク基である isothiocyanato (NCS) 基を結合させたものであり、水に溶けて強い黄緑色蛍光 (Ex 495 nm ; Em 520 nm) を発する。またアミノ基とも容易に反応する。

Liposome 表面にエチレンジアミンを介してアミノ基と結合した FITC-I の蛍光測定にて、NHS-PEG 導入を間接的に確認した。また、Liposome 表面への化学修飾における諸条件の検討を行った。

タンパク質の表面修飾 Liposome 表面のタンパク質修飾量を定量するため、NHS-PEG-liposome に緑色蛍光タンパク質 (GFP) を修飾した。Liposome 表面に修飾した GFP の蛍光測定 (Ex 489 nm ; Em 509 nm) により、リポソーム表面へのタンパク質修飾量を定量した。また、回収した GFP 修飾 Liposome のリン脂質を定量し、Liposome のリン脂質 1 mol に対する GFP 修飾量を求めた。

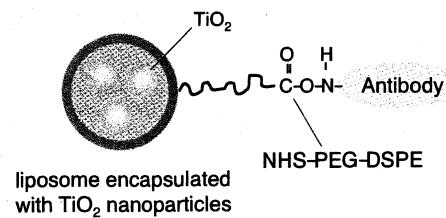


Fig. 1 Schematic illustration of antibody-immobilized liposome encapsulated with TiO_2 nano-particles.

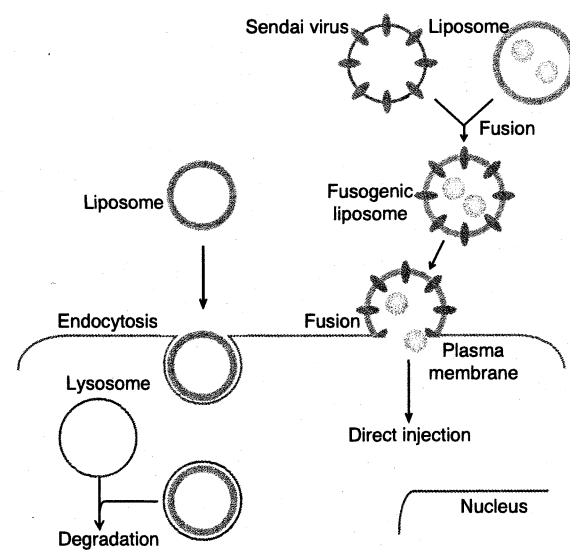


Fig. 2 Fusogenic liposome as efficient delivery vehicles into the cytoplasm.

2.2 細胞内取り込み評価

不活性化センダイウイルスを修飾した蛍光ビーズ内包リポソームの作製 前述の方法で検討した表面化学修飾方法にて作製した Liposome の細胞内への取り込みを評価した。Liposome に内包した物質の細胞内への導入を確認するため、凍結乾燥リン脂質と超音波処理したポリスチレン蛍光ビーズ (粒径 200 nm) を PB (pH=7.4) に懸濁し、蛍光ビーズ内包リポソームを作製した。また、前述の方法にて蛍光ビーズ内包 Liposome 表面に紫外光で不活性化したセンダイウイルス (Sendai virus : HVJ) を修飾した (Fusogenic liposome : FL-Beads)。

HVJ は、パラミクソウイルス科に属するマイナス一本鎖 RNA ウイルスであり、ウイルス表面上には、HN (Hemagglutinin and neuraminidase) タンパク質と F (Fusion) タンパク質とよばれる 2 種類のエンベロープタンパク質を持っている。このエンベロープタンパク質を利用することで細胞膜に結合および融合し、ウイルス内に存在する RNA を細胞質内に導入する。また、HVJ は細胞膜のみならずリポソームとも融合することができ、その融合体は細胞にも融合することが可能である。未修飾の Liposome は、エンドサイトーシスによって細胞に取り込まれ代謝系で排出されるという問題点があるが、FL-Beads は、Liposome 表面に HVJ 由来の NH タンパク質と F タンパク質のエンベロープタンパク質を発現しているため、Liposome 内に内包した蛍光ビーズを直接細胞質内に導入する効率が高くなり、Liposome の持つ欠点を改善することができる (Fig. 2)。HVJ はヒトに対して病原性がなく、紫外光にて不活性化することによって自身の RNA 遺伝子を破壊しているため感染の心配はない。このような特性を持つ HVJ を用いて FL-Beads を作製し、HVJ の膜融合性によって細胞に蛍光ビーズを取り込ませた。

細胞内取り込み評価 FL-Beads をマウスリンパ腫由来細胞 (L1210) に作用させ、共焦点レーザー顕微鏡にて観察した。また、フローサイトメトリーにて、蛍光ビーズ取り込み細胞の割合を測定し、膜融合性を持つ FL-Beads による細胞内への取り込みを評価した。

2.3 細胞傷害評価

TiO_2 内包リポソームの作製 前述と同様の方法にて TiO_2 内包 Liposome の作製および HVJ の修飾を行った。

FL- TiO_2 の粒径測定 High Performance Particle Size (HPPS) にて、作製した FL- TiO_2 の粒径を測定した。

細胞傷害評価 作製した FL- TiO_2 をマウスリンパ腫由来細胞 (L1210) に作用させ、 TiO_2 を細胞内に取り込ませた。その後、超音波を照射し、 $TiO_2/U.S$ 法によるラジカル生成によって細胞膜を損傷させた。細胞膜の損傷によって細胞内から漏出した乳酸脱水素酵素 (LDH) を定量し、 $TiO_2/U.S$ 法による細胞膜傷害の評価を行った。

3. 結果および考察

3.1 リポソーム表面への化学修飾

NHS-PEG の導入確認 NHS-PEG-liposome にエチレンジアミンを介して FITC-I を結合した。FITC-I の蛍光測定にて、Liposome 表面の NHS-PEG 導入を間接的に確認した。その結果、未修飾 Liposome と比較して、NHS-PEG-liposome では高い蛍光強度を示し、有意な差が見られた。エチレンジアミンを介して FITC-I を結合することによる Liposome 表面の PEG-NHS 導入確認は可能である。

表面修飾における最適条件の検討 エチレンジアミンを介して FITC-I を結合することにより、Liposome 表面へのタンパク質修飾における最適条件の検討を行った。

まず、Liposome に対する NHS-PEG-DSPE 最適添加量の検討を行った。Liposome 表面に NHS-PEG を導入する際の NHS-PEG-DSPE 添加量を変化させ、NHS-PEG-liposome を作製した。その後、エチレンジアミンを介して FITC-I を結合し、蛍光強度を測定した。Liposome に NHS-PEG-DSPE を挿入する際の添加量は、46 μ mol のリン脂質からなる Liposome 懸濁

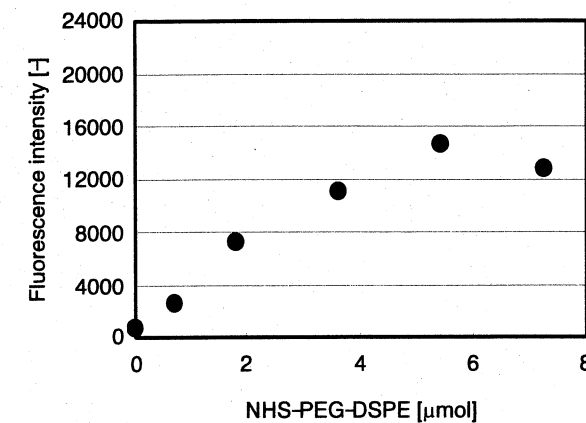


Fig. 3 Dose-related modification of FITC-I on NHS-PEG conjugated liposome.

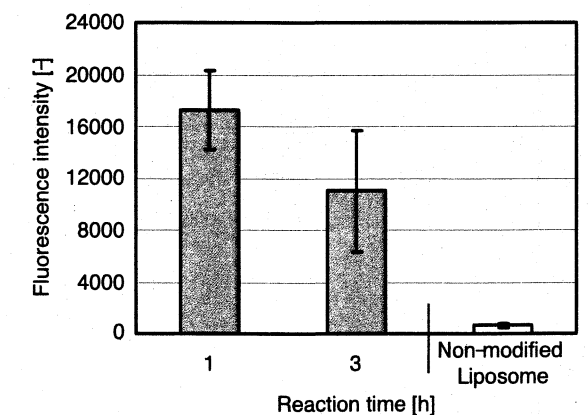


Fig. 4 FITC-I binding of different reaction time between NHS-PEG and Ethylenediamine of FITC-I on NHS-PEG conjugated liposome. Means \pm S.D. (n=3).

液に対して、NHS-PEG-DSPE 0.7、1.8、3.6、5.4、7.2 μmol を添加した。Liposome 表面に NHS-PEG を挿入し、エチレンジアミンを介して FITC-I を結合させ、蛍光強度を測定した (Fig. 3)。その結果、NHS-PEG-DSPE 添加量が増加すると、FITC-I の蛍光強度も増加した。しかし、NHS-PEG-DSPE を 5.4 μmol 以上添加しても FITC-I の蛍光強度は増加しなかったことから、46 μmol のリン脂質からなる Liposome に対して、5.4 μmol の NHS-PEG-DSPE を添加した。

次に、Liposome 表面に挿入した PEG-NHS とタンパク質などのアミノ基のアミド結合の最適反応時間の検討を行った。NHS-PEG-liposome 懸濁液とエチレンジアミンの反応時間を 1 h、3 h、5 h で検討した (Fig. 4)。反応時間が長くなるにつれて、FITC-I の蛍光強度は低くなった。その原因として、pH による NHS-PEG-DSPE への影響があると考えられる。NHS-PEG-liposome を作製する時は、pH=5.8 で PEG-NHS を導入させているが、NHS とアミノ基のアミド結合は pH=7 付近が最適とされているため、pH=7.7 で結合させている。反応時間が長くなるにつれて蛍光強度が低くなっていることから、pH=7.7 の溶液中では NHS-PEG-DSPE が不安定になると考えられる。これより、PEG-NHS とアミノ基のアミド結合の反応時間を 1 h とした。

タンパク質の表面修飾 Liposome 表面のタンパク質修飾量を定量するため、NHS-PEG-liposome に GFP を修飾した。Liposome 表面に修飾した GFP の蛍光測定にて、リポソーム表面へのタンパク質修飾量を定量した。また、回収した GFP 修飾 Liposome のリン脂質量を行った。リン脂質 1 μmol からなる Liposome に対する修飾 GFP 量を求めた (Fig. 5)。

その結果、1 μmol のリン脂質からなる NHS-PEG-liposome に対して GFP 198 μmol を修飾できた。また、未修飾の Liposome と比較して、NHS-PEG-liposome では約 16 倍の GFP を修飾できた。未修飾の Liposome と比較して、NHS-PEG-DSPE を用いた Liposome 表面の化学修飾は有効であり、タンパク質の修飾が可能である。

3.2 細胞取り込み評価

共焦点レーザー顕微鏡による細胞内取り込み評価 FL-Beads を L1210 に作用させ、蛍光ビーズ取り込み細胞を共焦点レーザー顕微鏡にて観察した。Fig. 6 は、共焦点蛍光像と透過光像を合成した画像である。x 軸および y 軸方向で画像を切断し、z 軸方向の蛍光像を示した。これより、FL-Beads による細胞への取り込みあるいは表面吸着が示唆される。

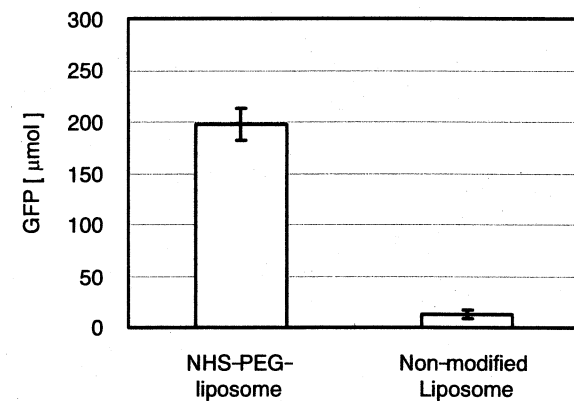


Fig. 5 Immobilization of GFP on NHS-PEG conjugated liposome or non-modified liposome. Means \pm S.D. (n=3).

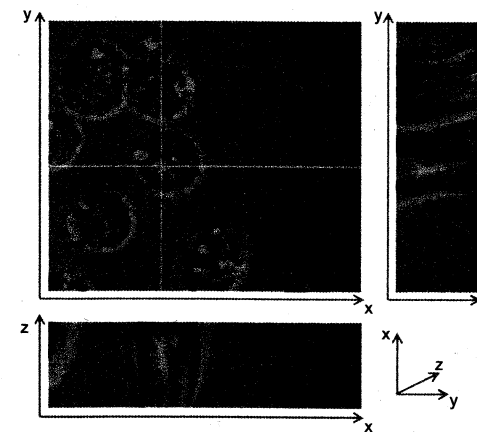


Fig. 6 Confocal laser scan microscope of cells after 30 min growth in media containing FL-Beads or Beads.

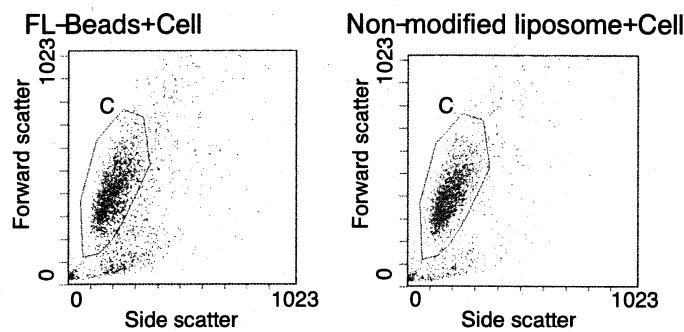


Fig. 7 Distribution and fluorescence intensity of cells after 30 min incubation in medium containing FL-Beads or non-modified Liposome

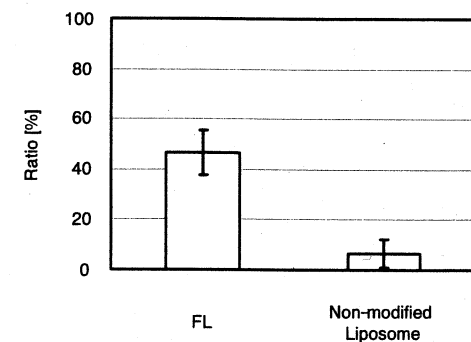


Fig. 8 Cellular administration of fusogenic liposomes containing fluorescent nano-particles. Means \pm S.D. (n=3).

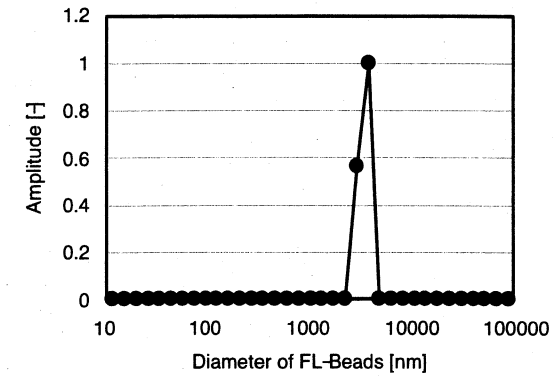


Fig. 9 Size distribution of FL-TiO₂.

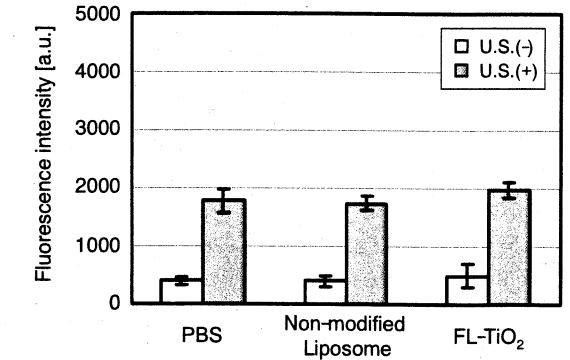


Fig. 10 LDH test of titanium dioxide / ultrasonic method using fusogenic liposome with TiO₂ particles

フローサイトメトリーによる細胞内取り込み評価

FL-Beads および未修飾蛍光ビーズ内包 Liposome を細胞に作用させ、細胞膜への取り込みの違いを検討した。未修飾の蛍光ビーズ内包 Liposome と比較して、FL-Beads を細胞に作用させた場合、蛍光を発する細胞が多く存在した (Fig. 7)。

また、Fig. 8 は、測定した細胞数に対して蛍光を持つ細胞数の割合 (Ratio) を示したものである。その結果、未修飾蛍光ビーズ内包 Liposome と比較して、FL-Beads を細胞へ作用させた場合、約 7 倍の蛍光ビーズの取り込みあるいは表面吸着を示した。この結果より、HVJ を Liposome 表面に修飾することによって、細胞内への取り込みあるいは表面吸着の効率が高くなることを確認した。

3.3 TiO₂/U.S 法による細胞膜傷害評価

FL-TiO₂の粒径測定 HPPS にて、作製した FL-TiO₂ の粒径を測定した。その結果、FL-Beads の粒径は 3.5 μm であった (Fig. 9)。HVJ を固定化する前の TiO₂ 内包リポソームの粒径は約 200 nm であったことから、表面化学修飾によりリポソームの凝集が生じた可能性がある。

細胞傷害評価 FL-TiO₂ を細胞 (L1210) に作用させ、TiO₂/U.S 法による細胞傷害評価を行った。細胞膜損傷によって細胞内から漏出する LDH の定量を行い、超音波照射による細胞膜の傷害を確認したが、FL-TiO₂ と超音波の併用による有意な差は見られなかった (Fig. 10)。

今後、FL-TiO₂ の作製において、Liposome に内包する TiO₂ 量や FL-TiO₂ の粒子サイズなどの検討を行う必要がある。また作製した FL-TiO₂ に超音波を照射し、ラジカルが生成することを確認する必要がある。さらに、TiO₂/U.S 法による細胞傷害評価において、FL-TiO₂ の細胞への作用濃度、取り込み時間および超音波の出力などの諸条件の検討も今後の検討課題である。

4. 結言

4.1 リポソーム表面へのタンパク質修飾

Liposome 表面へタンパク質を修飾する方法として、NHS-PEG-DSPE を Liposome 膜に挿入し、NHS 基にアミノ基をアミド結合させる修飾方法を確立した。この方法にて、Liposome 表面にアミノ基を持つ抗体やペプチドなどの修飾も可能であり、機能性 Liposome の作製が可能である。

4.2 細胞取り込み評価

共焦点レーザー顕微鏡での観察では、HVJ 修飾 Liposome と未修飾 Liposome では異なった細胞への作用を示していたため、HVJ による膜融合が関わっていると考えられる。また、フローサイトメトリーでの測定では、未修飾 Liposome と比較して、HVJ 修飾 Liposome は、膜融合性による有意な細胞への取り込みあるいは表面吸着が確認できた。

4.3 細胞傷害評価

FL-TiO₂ と未修飾 TiO₂ 内包 Liposome を細胞に作用させ、TiO₂/U.S 法による細胞傷害評価を行ったが、顕著な差は見られなかった。FL-TiO₂ の作製において、Liposome に内包する TiO₂ 濃度や FL-TiO₂ の粒子サイズなどの再検討が必要である。また、FL-TiO₂ の細胞への取り込みにおいて、FL-TiO₂ の細胞への添加量、取り込み時間および超音波の出力などの諸条件の検討も必要である。

本研究では、TiO₂ 内包表面修飾 Liposome を構築することができたが、さらなる機能性を持った Liposome を構築することや Liposome を作用させた細胞の TiO₂/U.S 法による死滅効果を確認することが今後の課題である。この課題を解決することで、TiO₂/U.S 法を用いたがん治療への応用が可能となる。

Phospholipase D の蓋構造点変異による基質特異性改変に関する研究

金沢大学 大学院自然科学研究科 大石 多佳子, 荻野 千秋

自然計測応用研究センター 清水 宣明

1. 緒言

Phospholipase D (PLD)は、リン脂質に対して加水分解反応とリン酸基転移反応を触媒する酵素である(Fig. 1)。リン酸基転移反応リン脂質の極性基を交換する反応であり、この反応を利用することで、天然には希少なリン脂質を酵素合成することが可能となる。PLD 配列には、活性に必須である *HxKxxxD* モチーフとその下流にグリシン・グリシンモチーフとグリシン・セリンモチーフ(GG/GSモチーフ)が保存されていることが明らかとなっている。

我々は、高いリン酸基転移反応活性を有する PLD を放線菌 *Streptoverticillium cinnamomeum* から同定し、GG/GSモチーフにアミノ酸置換を行い、リン酸基転移反応活性の向上した変異体(G215S, G216S, G216S-S489G)を取得している。それら変異体の立体構造を予測し比較した結果、活性部位付近に存在する蓋構造(Lid 領域)が大きく変化することが明らかとなった(Fig. 2)。そこで、この領域に着目し、この部分のヒドロキシル基を有する親水性の3つのアミノ酸(413番目と417番目のセリン、416番目のチロシン)にランダムの変異を導入することで有用な PLD の作製を試み、昨年度までに10種類の変異体を構築してきた。本研究では、更に4種類の変異体の構築を行うとともに、得られた全ての変異体に対して基質特異性などの側面から酵素学的解析を行った。

2. 実験方法

2.1 変異導入 PLD 酵素の取得

2.1.1 変異導入 PLD プラスミドの構築

部位特異的な変異導入法を用いて、変異導入プラスミドの構築を行った(Fig. 3)。置換したいアミノ酸に相当する DNA 配列の部分ランダムな配列にした primer を設計し、2段階 PCR を行うことで全長 PLD を作製し、制限酵素 *EcoRI* および *HindIII* を用いて、pMAL-p2x ベクターに組み込んだ。この時、pMAL-p2X の Maltose Binding Protein(MBP)をコードした遺伝子 *malE* の下流に全長 PLD を挿入することで、MBP との融合タンパク質(MBP-PLD)を発現するプラスミドを構築した。

2.1.2 変異体 PLD 酵素の発現・精製

変異導入プラスミドをタンパク質発現用大腸菌 *TB-1* に形質転換し、37 °C で一晩培養する。そして、形成した単一コロニーを LB 培地(Amp 入り)にて種培養 8 hr 行い、その後 OD₆₀₀=1 になるまで本培養を行う。OD₆₀₀=1 に達した後に IPTG を加え(100 μM)、タンパク質の発現を誘導させた。誘導後、培養液を超音波照射し、菌体内から PLD 酵素を抽出した。PLD は MBP との融合タンパク質として発現されるので、MBP が特異的に結合するアミロース固定化担体(Amylose resin)を用いて、組み換え PLD 酵素をアフィニティークロマトグラフィー精製した。その後、SDS-PAGE (Sodium Dodecyl Sulfate Polyacrylamide Gel Electrophoresis)により発現を確認した。

2.2 PLD 酵素活性解析

2.2.1 比活性値、V_{max}、K_m、k_{cat} 値の算出

PLD 酵素では、1分間あたり 1 μmol のコリンを基質から遊離させる酵素活性を 1 [U] (=1 [μmol/min]) と定義する。本研究では、リン脂質(PC)が酵素と反応すると遊離するコリンの量を測定することで、間接的に PLD の酵素活性を測定した。そして、酵素機能の指標である比活性、V_{max}、K_m、k_{cat} 値を算出した。測定方法は、リン酸基転移反応で遊離したコリンをコリンオキシダーゼで分解し、ベタインと過酸化水素を生成する。生成した過酸化水素はペルオキシダーゼと作用し、フェノールと 4-アミノアンチピリンを酸化縮合させ赤色キノン色素を生成する。この赤色の吸光度を 505nm にて測定することにより遊離したコ

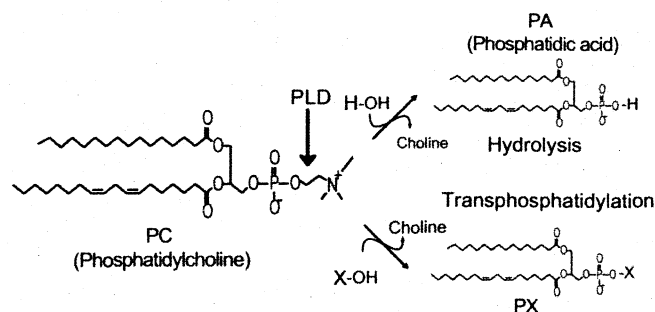


Fig. 1 Catalytic reaction of PLD

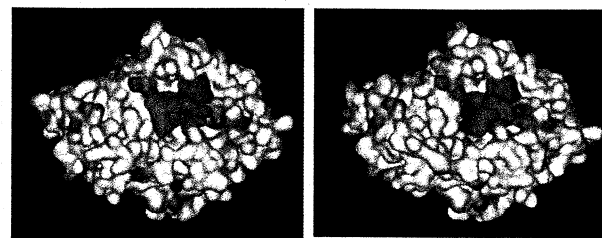


Fig. 2 Structural analysis of two PLDs

リン量を測定し、PLD のリン酸基転移反応活性を決定した。

2.2.2 変異体の基質特異性の評価

PLD はリン脂質とアルコールが存在する時にリン酸基転移反応を特異的に触媒する。一般的に1級アルコールの場合によく触媒機能を示し、2級アルコール以上の高級アルコールでは作用しにくいことが知られている。以上の背景より、様々なアルコールを反応基質としてリン酸基転移反応を行うことで変異体 PLD 酵素の基質特異性を評価した。反応させるアルコールとして、メタノール、エタノール、1-プロパノール、2-メチル-1-プロパノール、1-ブタノール、3-メチル-1-ブタノール、1-ペンタノール(以上、1級アルコール)、2-プロパノール、2-ブタノール、2-ペンタノール、3-ペンタノール(以上、2級アルコール)、2-メチル-2-ブタノール、*t*-ブチルアルコール(3級アルコール)を使用し、薄層クロマトグラフィー(TLC)により生成物の確認を行った。

2.2.3 触媒機能変換の測定

ジエチルエーテル・水相から構成される二相系反応実験により検討した。有機相に基質である Phosphatidylcholine (PC)、水相に PLD、緩衝液(pH 4.0, 5.0, 5.8, 7.0, 8.0)、基質である Inositol または Serine を加えて 30°C で 24 hr 反応させ、機能性リン脂質の Phosphatidylinositol (PI) または Phosphatidylserine (PS) の合成を試みた。PI と PS の生成は、反応後 TLC を行うことで確認した。

2.3 立体構造予測

タンパク質の立体構造を予測するソフトとして、MODELLER Ver. 8.1 (Oxford University) を用いた。MODELLER は既存の相関あるタンパク質の立体構造が明らかになっている場合、熱力学的パラメーターフィッティングにより目的とするタンパク質の立体構造を推算してくれる。本研究に使用している PLD 酵素に非常に相同性を有する放線菌 *Streptomyces sp* PMF 株由来の PLD 酵素の立体構造が既に取得されている。そこで、PMF 株由来 PLD 酵素のアミノ酸配列と本研究で用いている PLD 酵素のアミノ酸配列の相同性を解析した後、その相同性情報と PMF 株由来 PLD の 3次元立体構造情報を基に変異体 PLD の立体構造を予測した。

3. 実験結果

3.1 変異導入 PLD 酵素の取得

変異導入 PLD 遺伝子の挿入確認は、構築した pMAL-PLD プラスミドを増幅後、制限酵素 *EcoRI* と *HindIII* で処理し、アガロース電気泳動で目的の位置にバンドが現れることで確認した。そして、挿入が確認された変異導入プラスミドは DNA シーケンスを行い、アミノ酸置換が行われていることを確認した。その結果、今回 Y416N, Y416T, S417I, S417Y の4種類の変異体を取得した(Table 1)。更に、取得した変異体プラスミドを大腸菌 *TB-1* に形質転換し、変異導入酵素の発現を行い、SDS-PAGE により発現の確認を行った。

3.2 PLD 酵素活性解析

昨年度までに取得した Lid 部位変異導入変異体と今回新たに取得した変異体、および組み換え野生型(W.T.)の計14種類の酵素活性解析を行った(Table 2 および 3)。

比活性値について解析した結果を Table-2 に示す。S413A, Y416N, S417A の4種類の変異体が W.T. よりも高い活性を示した。また、S413N, S413T, Y416T は、W.T. とほぼ同程度の活性を示した。Y416F, S417T は W.T. の半分くらいまで、S417I, S417Y は 10%にまで活性が大きく低下した。また、Y416K, S417H, S417P の3種類は活性が確認できなかった。

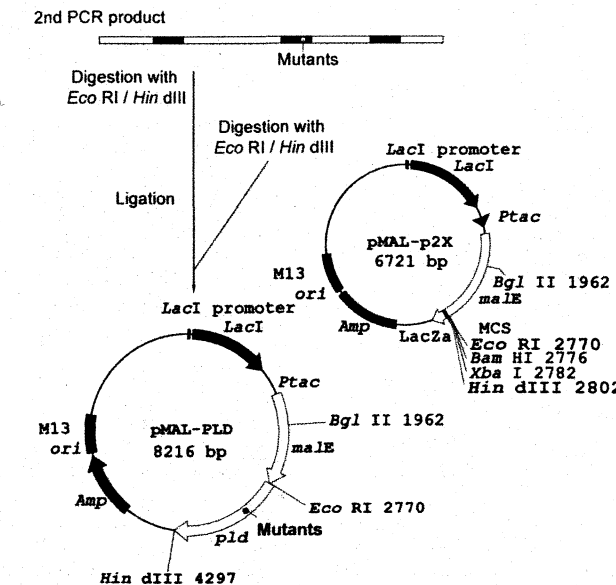


Fig. 3 Construction of Lid mutant PLD plasmid

Table 1 List of constructed PLD mutants

Table 1 List of constructed PLD mutants (下線を引いてあるものは、今回構築した変異体)			
S413	S413A	S413N	S413T
Y416	Y416F	Y416K	<u>Y416N</u> <u>Y416T</u>
S417	<u>S417A</u> <u>S417H</u> <u>S417I</u>		
	<u>S417P</u> <u>S417T</u> <u>S417Y</u>		

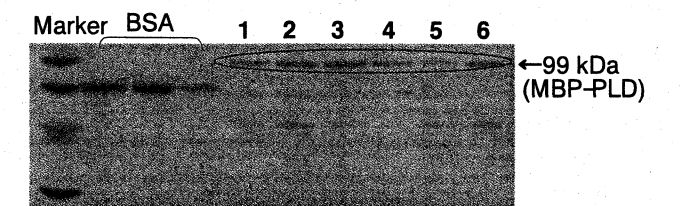


Fig. 4 SDS-PAGE analysis of MBP-PLD

酵素特性を示す V_{max} , K_m , k_{cat} 値について測定した結果を Table-3 に示す。活性の低いものについては算出することが困難であったため、酵素活性が確認された S413A, S413N, S413T, Y416N, Y416T, S417A, S417T および、野生型の 8 種類について算出した。全ての変異体において V_{max} 値は W. T. よりもかなり低い値を示した。 K_m 値は S417T のみが W. T. よりも低い値を示し、それ以外の全ての変異体は全て W. T. よりも高い値を示した。 k_{cat} 値は S413N, S413T, Y416N が W. T. とほぼ同じ値を示し、S413A, S417A, S417T が W. T. よりも高い値を示した。

3.3 変異体の基質特異性評価

様々な高級アルコールを反応基質としリン酸基転移反応を行うことで変異体 PLD 酵素の基質特異性の評価を行った。昨年度までに取得している Lid 部位変異導入変異体のうち活性のある変異体 (S413A, S413N, S413T, Y416F, S417A, S417T)、そして今回取得した 4 種類の変異体、W. T. と GG-GS モチーフに変異を導入した 3 種類の高活性変異体 (G215S, G216S, G216S-S489G) について比較検討した。その結果、変異体によって触媒作用を示すアルコールが変化し、変異を導入することで基質特異性が変化することが明らかとなった (Table 4)。

特に注目すべき点として、Y416N のみが PLD が触媒作用を示しにくいと言われている 3 級アルコールの一つである 2-メチル-2-ブタノールへの反応を触媒した。また、比活性の高い変異体ほど触媒することのできるアルコールの種類が多い傾向が見られ、活性が低い変異体である Y416F, S417I, S417Y は全くスポットが見られなかった。従って、これらの変異体では活性が低いために触媒機能が示されなかったのか、変異導入により触媒機能が変化した結果、触媒作用が確認できなかったのか、明らかに出来なかった。

3.4 触媒機能変換の測定

全ての変異体において、いずれの pH 条件下においても PI, PS ともに合成が確認されなかった (Fig 5)。

3.4 立体構造予測

昨年度までに取得している 9 種類の Lid 部位変異導入変異体、今回取得した 4 種類の変異体、W. T. と GG-GS モチーフに変異を導入した 3 種類の高活性変異体について、MODELLER を用いて立体構造の予測を行った (Fig 6)。その結果、W. T. と高活性変異体、低活性変異体、失活した変異体の立体構造の比較を行ったが、変異体による顕著な違いは確認されなかった。

Table 2 PLD variants specific activity

	Specific activity [10 ⁻⁴ U/ μ g-PLD]	Ratio to W.T. [%]
W.T.	1.68	100
S413A	2.26	135
S413N	1.85	110
S413T	1.63	97.0
Y416F	0.732	43.6
Y416N	2.16	129
Y416T	1.50	89.6
S417A	2.69	160
S417I	0.169	10.1
S417T	0.754	44.9
S417Y	0.231	13.8
G215S	18.9	1129

Table 3 Comparison of kinetic parameters

	V_{max} [μ M/s]	K_m [mM]	k_{cat} [1/s]
W.T.	1.57	9.38	0.129
S413A	0.210	15.5	0.197
S413N	0.133	13.3	0.126
S413T	0.205	13.9	0.132
Y416F	-	-	-
Y416N	0.179	14.5	0.131
Y416T	-	-	-
S417A	0.187	13.0	0.205
S417I	-	-	-
S417T	0.0943	8.41	0.144
S417Y	-	-	-
G215S	1.69	9.62	2.51

Table 4 Substrate specificities of PLD variants

	W.T.	G215S	G216S	G216S-S489G	S413A	S413N	S413T	Y416F	Y416N	S417A	S417T
Methanol	-	○	○	-	○	-	-	-	○	○	○
Ethanol	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
1-Propanol	-	○	○	○	○	○	○	-	○	○	○
2-Propanol(**)	○	○	○	○	○	-	○	○	○	○	○
2-Methyl-1-Propanol	○	○	○	○	○	-	○	-	○	○	○
1-Butanol	○	○	○	○	○	-	○	-	-	○	-
2-Butanol(**)	-	○	○	○	-	-	-	-	-	-	-
2-Methyl-2-Butanol	-	-	-	-	-	-	-	-	○	-	-
3-Methyl-1-Butanol(**)	-	-	-	-	-	-	-	-	○	-	-
1-Pentanol	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2-Pentanol(**)	-	○	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3-Pentanol(**)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>t</i> -Butyl-Alcohol(***)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

(**)...Secondary Alcohol, (***)... Ternary Alcohol

4. 考察

4.1 Lid 領域内への変異導入による活性への影響

413 番目のセリンに変異を導入した PLD 酵素のうち W. T. と比較して S413N は活性が向上し、S413N, S413T はほぼ同程度の活性を示した。S413A の活性が向上した原因として、Lid 領域に対するかさ高さ (立体障害) が減少し、基質の取り込みが行われやすくなり、酵素と基質との反応がスムーズに進むようになったと考えられる。このことは活性が減少した変異体では全て分子構造からかさ高さが増えていることから推測できる。また、 k_{cat} 値 (分子活性: 値が大きいほど酵素がよく触媒作用し基質-酵素複合体から目的物への反応がよく進むことを表す) が W. T. よりも大きい値を示したことから推測できる。

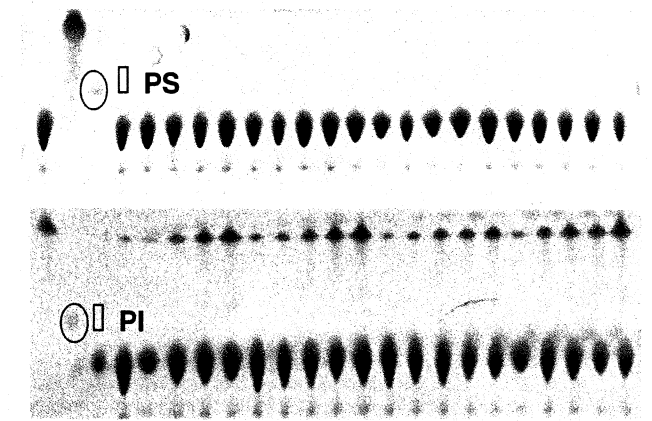


Fig. 5 TLC analysis of PS and PI production

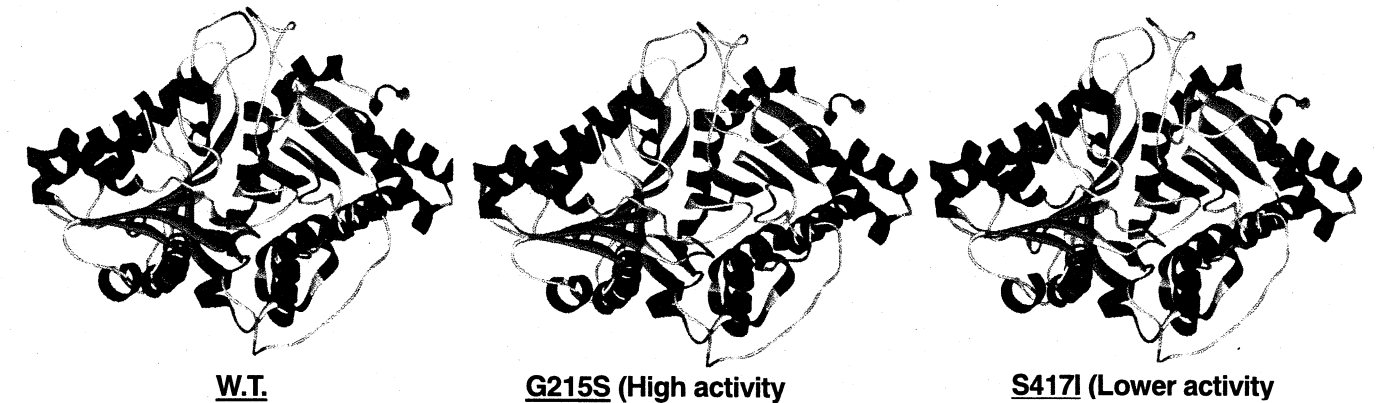


Fig. 6 Structural comparison of PLD variants

416 番目のチロシンに変異を導入した PLD 酵素については、Y416F が W. T. と比較して活性が大きく低下した。フェニルアラニンはチロシンからヒドロキシル基を除いた構造をとるため、Y416 のヒドロキシル基が活性に関与していると推測される。しかし、チロシンと同様にヒドロキシル基を有するスレオニンに置換した変異体 Y416T では W. T. の活性とあまり変化が見られなかったことから、チロシンのヒドロキシル基が活性に関与しているか結論できない。従って、今後もう一つのヒドロキシル基を有するアミノ酸であるセリンに置換した変異体を構築し、活性がどのように変化するか検討する必要がある。

417 番目のセリンに変異を導入した PLD 酵素については、S417A のみが W. T. と比較して活性の向上が見られ、他の変異体は W. T. の半分以上にまで活性が低下した。S417A も S413A と同様の傾向が見られ、 k_{cat} 値も W. T. よりも大きい値を示しており、Lid 領域のかさ高さが減少することが活性の向上につながったと推測される。

4.2 変異体による基質特異性の変化

変異体によって基質特異性が変化していることが確認された。特に、PLD が触媒作用を示しにくい 3 級アルコールである 2-メチル-2-ブタノールの反応を Lid 領域内に変異を導入した Y416N のみが触媒作用を示していた。

5. 結言

今回、変異体置換実験より PLD 酵素特性に関して、以下のことが明らかとなった。

- (1) Lid 領域内に存在するヒドロキシル基を有するアミノ酸がリン酸基転移反応において PLD が基質を取り込む際に重要な役割を果たしている。特に、416 番目のチロシンが関与していることが明らかとなった。
- (2) Lid 領域内のかさ高さと酵素特性には相関関係がある。
- (3) アミノ酸置換により、基質特異性を変化できる。

金沢市角間・俵周辺の止水域における水生昆虫の多様性と分布

飯田順一郎¹・中村浩二^{1,2}

¹〒920-1192 金沢市角間町 金沢大学理学部生物学科；²〒920-1192 金沢市角間町 金沢大学自然計測応用研究センター

Jyun'ichiro IIDA¹ and Koji NAKAMURA^{1,2}: Biodiversity and distribution of aquatic insects in artificial ponds and other dead water regions in Kakuma and Tawara, Kanazawa city

はじめに

里山のため池には、水生動植物の高い多様性がみられる。近年、ため池の開発、コンクリート化、農薬使用、外来種の侵入により、水生動植物は危機にさらされている。本研究では、金沢市角間町と俵町のため池や水路の水生昆虫の種類相と個体数を調査し、それに及ぼす環境要因の影響を考察することを目的とする。さらに、これら水域の生物多様性の保全について提言する。

調査・解析方法

本調査では、ため池（実際に農業に使用されているものと、使用されていないものがある。また、コンクリート護岸のものと同様のものがある）と水路を対象とした：金沢市角間町で6池、俵町で10池、4水路。2005年4月から9月にかけて7回調査し、トンボ目、半翅目、甲虫目の種数・個体数を記録した。環境要因として①水温（調査1回につき5地点で測定し、その年平均を求めた）、②水面、水中を対象とした植生、③池の古さ（角間ではここ数年以内に造成、改修された水域、俵では昔からある水域）、④水深（cm）、⑤面積（m²）、⑥餌資源量（カゲロウ、カワゲラ、オタマジャクシ、ミズムシの個体数）、⑦岸の形状（土かコンクリートか）を記録した。これらの環境要因が上記の水生昆虫の種数・個体数と優占種（本研究では全水域で30個体以上のものを優占種とした）にどのように影響しているか解析した。

結果

1. 岸が土の池（以後自然池とよぶ）とコンクリート護岸の池（以後コンクリート池とよぶ）と水路間での水生昆虫3目の種数・個体数の比較
どの目でも種数・個体数は「コンクリート池<水路<自然池」の順に増加した。特にトンボ目、甲虫目は、3水域間に有意差があった。半翅目では水域間に有意差はなかった。
2. 自然池(13池)間の比較
極端に水温が低かった2池では、どの目でも種数・個体数が低かった。したがって、それら2池を除外し、残りの11池で種数・個体数と上記の6要因の関係を解析した。その結果、トンボ個体数は餌資源量、甲虫種数は植生の豊富さ、甲虫個体数は水温と池の古さの影響をそれぞれ受けていた。他の環境要因との関係は有意ではなかった。半翅目の個体数とこれらの要因のあいだに有意な関係は確認できなかった。

考察

コンクリート池は自然池に比べ水生昆虫の種数・個体数が少なかった。コンクリート池は岸から急に深くなり、岸辺の植生が乏しいため水生昆虫が利用できる多様な生育条件が少ないためである。水路は流れがあり、植生も乏しい。自然池より種数・個体数が低かったが、水路に多い種もいた。トンボ個体数は餌資源の豊富な池で多く、甲虫種数は植生の豊富な池で多く、甲虫個体数は、水温が高い池ほど多く、また新しい池で多かった。半翅目は6要因の影響を受けなかった。以上から生物多様性の高いため池は、土の岸をもち、水温が年平均20℃前後、植生が豊富、餌資源量が豊富、遠浅という条件をみたす池であろう。