

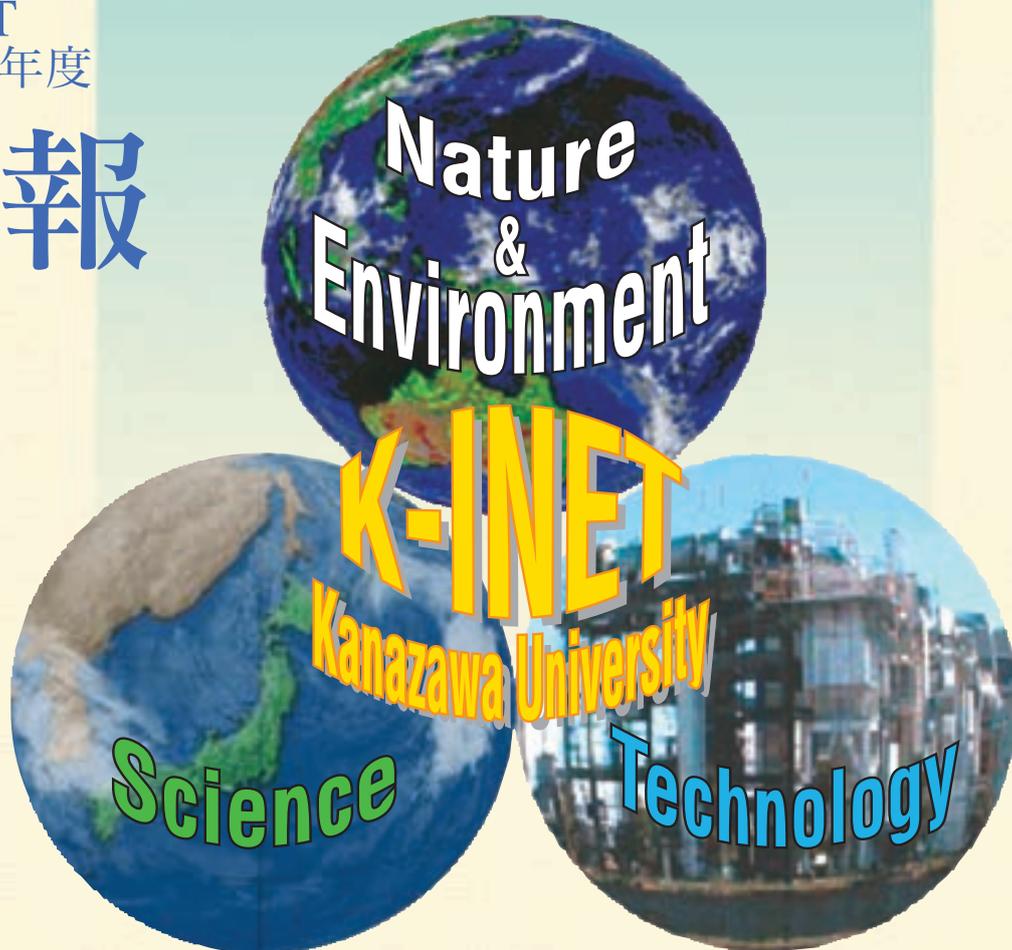
# 金沢大学 環日本海域環境研究センター

Institute of Nature and Environmental Technology

Kanazawa University  
Japan

K-INET  
平成22年度

# 年報



2010

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



## 目 次

巻頭言	1
センターの活動	3
組織と運営	6
研究・運営活動（2010年度の研究概要）	8
研究成果リスト	25
研究費	56
研究指導	60
その他	63
研究報告	65



# 活動報告



## 巻 頭 言

### 国際生物多様性年によせて

環日本海域環境研究センター長 中村浩二

本センターは、2002年4月に当時の理学部（低レベル研究施設、臨海研究所、植物園）と工学部（電磁波実験施設）、および、両学部の環境研究者が参加して「自然計測応用研究センター」として発足し、2008年に「環日本海域環境研究センター」と改称しました。理学的手法による、環境変動の基礎研究と、工学的アプローチによる環境保全技術の開発・産業創出を組み合わせ、環日本海域（石川県から日本海、朝鮮半島、東アジア等）の自然、および人為活動に起因する「環境問題」の解明と解決をはかり、成果を地域へ還元し、社会的・国際的貢献をめざすことをミッションとしています。

本年度（2010年）は、国際生物多様性年（International Year of Biodiversity Year）であり、10月には名古屋市で、第10回国際生物多様性条約締約国会議（COP10）が開催されました。生物多様性条約は、1992年に作られた国際条約で、地球に生きる生命の多様さ、それを支える環境の多様さを守り、そこから得られる恵みを公正に分け合い、未来に受け継いで行くための世界の約束事です。いま、地球上では、乱開発、乱獲、汚染、地球温暖化、外来生物などが原因となり、「生物多様性の危機」（種の絶滅や生態系の破壊）が大規模に起きています。当センターには、生物多様性研究部門があり、海洋生物多様性部門（臨海実験施設）と陸上生物多様性部門（角間キャンパス内の植物園、里山ゾーンなど）を有しています。臨海実験施設は、能登半島先端部（能登町小木）にあり、日本海の生物多様性の現状と問題を生物学的に、生態学的に、また環境科学的にモニターする絶好な位置にあります。この有利な条件をいかして、本年度、文部科学省の教育関係共同利用拠点に「日本海域環境学教育共同利用拠点」を申請しました。この中では、日本海域特有の物理化学的及び生物学的特性、能登沿岸の環境に対する人間活動の影響（近年の急激な海水温の上昇、日本海対岸の中国、北朝鮮、韓国、ロシア等からの大気および海流を通じた越境汚染など）、能登の里山里海（自然と文化の豊かさと過疎高齢化の問題）を、総合的に教育する「総合的日本海域環境学」を提案しました。残念ながら、本年度は、いま一步のところでは採択されませんでした。次年度に再挑戦すべく準備をはじめていきます。

陸上生物多様性部門では、従来から、生物多様性のフィールド研究を、角間キャンパス内の里山ゾーン、金沢市近郊、能登半島などの里山、里海で繰り広げており、昨年度より『持続可能な地域発展をめざす「里山里海再生学」の構築』（文部科学省特別経費、5年間）がはじまりました。上述のCOP10でも、SATOYAMAが重要課題として登場し（『SATOYAMA イニシャティブ国際パートナーシップ』（IPSI）の発足、『日本の里山・里海の現状と国際的評価』（JSSA）など）、金沢大学の貢献が高く評価されています。本文では、国際生物多様性年にちなみ、生物多様性部門の動向を述べましたが、本センターとして重要なことは、センター内にとどまらず、学内、学外、国際ネットワークに広がる強い共同研究を企画・実施することです。生物多様性の教育研究を、生物学的アプローチに終わらせず、本センターの他部門が得意とする環境科学的アプローチや、環境技術と統合することが求められています。それがセンターとしての求心力と展開力を高める最良の手段となることでしょう。能登半島では、「大気観測スーパーサイト」（大陸から飛来する黄砂を中心とした大気観測。三井物産環境基金により、2008～10年。代表：岩坂泰信特任教授）が活動しており、総合地球学研究所の連携研究プロジェクト「半島域における持続可能な社会構築のための環境半島学の提言」（代表者：長尾誠也教

授) も、本年度に FS 研究が立ち上がりました。能登から、環日本海域、東アジアに広がる統合的環境研究への発展を目指したいものです。

## センターの活動－１年間の活動概況

### 国際ワークショップ・シンポジウム

- (1) The 8th international symposium on Environmental Processes of East Eurasia- Asian monsoon changes and iterplay of high and low latitude climates, Kunming, China, 2010.11.7-13、60名
- (2) The 7th East Asia Internatinal Workshop, Present Earth Surface Processes and Histrical Environmental Changes in East Asia, Jeju, Korea, 2010.10.6-10、60名
- (3) 第4回環日本海域の環境シンポジウム「Extending our knowledge on Japan/East Sea as large chemical reactor and its effect on global/regional environment (The 4th International Symposium on Environment of Rim of the Japan/East Sea)」(平成22年10月18～22日、済州島、ソギポ KAL ホテル、30名)

### 研究会等の開催

- (1) 日本 BICER 協議会 2010 年シンポジウム「バイカルリフト地帯の環境変動」2010.6.19、金沢大学自然科学研究科図書館棟 G-15 会議室、19名
- (2) 学術講演会「台湾のジオパーク」2010.12.1、金沢大学自然科学研究科レクチャーホール、55名
- (3) 学術講演会「モンゴル・ダラハド湖盆の環境変動」2011.1.13、金沢大学自然科学研究科図書館棟 G-15 会議室、14名
- (4) 学術講演会「韓国における歴史時代の環境変動」2011.1.19、金沢大学自然科学研究科図書館棟 G-15 会議室、13名
- (5) 学術講演会「突発的気候変動と海岸浸食に関するいくつかの課題」2011.3.17、金沢大学自然科学研究科図書館棟 G-15 会議室、13名
- (6) 北陸流体工学研究会 (平成22年9月13日、金沢大学、約100名)
- (7) 平成22年度金沢大学重点戦略経費研究第1回セミナー「アンコール遺跡世界遺産の自然と地域社会」(平成23年1月28日、金沢大学、34名)
- (8) 第2回能登総合シンポジウム (平成23年1月21～22日、珠洲市、商工会議所、80名)
- (9) 北陸流体工学研究会 (平成23年3月13日、富山大学、約100名)

### 社会教育を目的とした実習・講義

- (1) 流体工学研究室見学会 (平成22年8月7～8日、金沢大学)
- (2) サイエンスカフェ：「立山で納豆菌発見」&「納豆と稲を結ぶ赤い糸」(平成23年1月21日、珠洲市、ラポルトすず、20名)

### シンポジウム開催報告

#### (1) The 7th East Asia Internatinal Workshop, Present Earth Surface Processes and Histrical Environmental Changes in East Asia

環日本海域環境研究センターの共催により、東アジア地域における環境問題や環境変動を議論することを目的として、平成22年10月6～10日に韓国チェジュ島にて開催された。シンポジウムには日本・韓国・中国・台湾・ロシアより60名超の参加があった。25件の口頭発表と、22件のポスター発表が行われ、活発な議論がなされた。10月9日には野外巡検が行われた。

#### (2) The 8th international symposium on Environmental Processes of East Eurasia- Asian monsoon

### **changes and interplay of high and low latitude climates**

中国科学院、日本学術会議、環日本海域環境研究センターの主催により平成 22 年 11 月 7 日から 13 日に中国昆明で開催された。本会議では陸域で得られた湖沼堆積物などから古環境情報を読み解くことで過去から現在にわたる環境変動を議論することを目的としている。今回第 8 回を迎えた本会議では、日本・中国・韓国・ロシア・台湾・モンゴル・アメリカ・ドイツから 60 名超の参加があった。11 月 10 日～13 日には中国雲南省における野外巡検が行われた。

### **(3) 第 4 回環日本海域の環境シンポジウム「Extending our knowledge on Japan/East Sea as large chemical reactor and its effect on global/regional environment」**

エコテクノロジー研究部門 岩坂泰信・松木 篤

環日本海域は、世界的にみても極めて人間活動が高い地域の一つであり、ゆえに深刻な地球環境問題をこの地域に引き起こしつつあることも指摘されねばならない。この地域の地球環境科学の総合的な発展と研究者ネットワーク創出を図るため、環日本海域環境研究センターが中心となって「環日本海域の環境シンポジウム」を過去 3 回にわたり金沢で開催してきた。第 4 回目は同じ環日本海域をフィールドに持つ研究者同士に情報交換の機会を提供し、国際ネットワーク構築への具体的な足がかりとすることを目的として、ソウル大学の協力のもと開催地を韓国に移して行われた。シンポジウムには日本、韓国に加え、中国からの研究者の参加も得て 30 名超が参加し、「アジアの大気環境」「環境研究の新潮流」「海=大気相互作用」「浮遊微生物」の各セッションにおいて最新の研究成果が紹介された。

### **(4) 北陸流体工学研究会**

エコテクノロジー研究部門 木村繁男

金沢大学、金沢工業大学、富山大学、富山県立大学、福井大学、福井工業大学から約 100 名の研究者・学生が参加し、流体運動の可視化、熱移動、相変化、非ニュートン流体などについて研究発表を行った。

### **(5) 国際学術調査報告会／セミナー「アンコール遺跡区域における環境汚染と環境破壊の現状と影響評価」**

エコテクノロジー研究部門 塚脇真二

カンボジアのアンコール遺跡群は数ある UNESCO 世界遺産の中でももっとも有名なもののひとつである。一方、同じくカンボジアにあるトンレサップ湖は淡水生物の多様性では世界最高の存在であり、メコン河のホットスポットとして UNESCO の生物圏保護区に指定されている。アンコール遺跡群もトンレサップ湖もカンボジアはもとより全人類共通の資産といえる存在である。長年の戦乱にみまわれたカンボジアだったが、1993 年の国民総選挙の成功とともに門戸が世界に開かれた。それとともに外国資本の流入が始まり、観光客が世界各地からアンコールに押し寄せるようになった。観光産業は計画性のないまま急激な成長をとげ、その結果としてカンボジアの豊かな自然やひとびとは環境破壊・環境汚染の荒波にさらされるようになってしまった。アンコール遺跡やトンレサップ湖において、金沢大学を中心に 10 年以上にわたって継続してきた系統的か

つ総合的な環境調査は国際的な評価を得ている。環境汚染の実態が次々と明らかにされ対策が提言されてきた。しかし、失われているのは自然だけではない。社会構造の変化によってこの地域の有形・無形の文化遺産も次々と失われつつある。前時代的な拝金主義の蔓延も指摘されている。この中核的教育研究拠点研究は、理工系中心だったこれまでの活動にいわゆる人文社会科学系を組み入れ、観光産業の発展にともなう変化を「人と文化」の視点から抽出し、これを理工系の成果とを相互に参照することで、今後の研究や教育を多面的に展開するための基礎作りを目的としている。今回のセミナーでは、これまでの理工系による研究の成果を、地域住民の活動や地域社会といった視点からとらえなおし、アンコール遺跡（ERDAC）/トネレサップ湖（EMSB）研究チームの若手研究者たちにわかりやすく解説してもらった。また、在カンボジア日本大使館元専門調査員の東海大学高橋宏明准教授には人文社会科学の視点から話題を提供いただいた。それをふまえて、理工系と人文社会科学系とで今後の調査研究の発展にむけて情報や意見の交換を行った。

## (6) 第2回能登総合シンポジウム

エコテクノロジー研究部門 岩坂泰信・松木 篤

金沢大学では、能登半島を拠点とし、地域の自然を生かした地域活性化プログラム「能登半島 里山里海自然学校」（三井物産環境基金）をはじめ、農林水産業を基盤に据えた地域振興のための人材養成の拠点形成事業「能登里山マイスター養成プログラム」（科学振興調整費）、東アジア域の大気環境の変動を監視する「大気環境モニタリングを通じた環日本海域の環境ガバナンスへの貢献：能登スーパーサイト構想（略称、能登スーパーサイトプロジェクト）」（三井物産環境基金）など、いくつかのプロジェクトを実施している。本シンポジウムでは、平成21年12月に開催された第1回目のシンポジウム「フィールド科学のあり方を考える」で議論した内容を受け継ぎ、その後の教育研究活動の成果を発表すると場として、

- 能登で見た大気（その1）：偏西風と日本海の影響
- 能登で見た大気（その2）：黄砂バイオエアロゾル学の展開そして食と大気と微生物
- 環境半島学への試み：海・空・水循環・人・医・生活を通して能登半島を考える

の3つを基本的な討議課題とする第2回能登総合シンポジウムを、平成23年1月21～22日、珠洲市商工会議所において開催した。シンポジウムには国内外の研究者のみならず、地元有識者や自治体関係者を交えた80名超が参加し、今後の研究教育活動の更なる発展を期すための様々な分野の将来計画とその実現に向け活発な議論がなされた。なお、シンポジウム開催にあわせて社会教育を目的としたサイエンスカフェを企画し、一般市民を対象に「大気中浮遊微生物と食の関わり」について最新の研究動向をわかりやすく紹介する場を設けた。

## (7) 北陸流体工学研究会

エコテクノロジー研究部門 木村繁男

金沢大学、金沢工業大学、富山大学、富山県立大学、福井大学、福井工業大学から約100名の研究者・学生が参加し、風車、熱移動、乱流、森林キャノピー内乱流などについて研究発表を行った。

## 2. 組織と運営

### 1) 研究組織

#### 【自然計測領域】

##### 地球環境計測研究部門

地球環境システムの構造や変化を明らかにするために、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及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、および自然環境の保全と持続的活用のため、大気環境計測技術の開発とその実用化、自然界のエコエネルギー源の計測ならびにその要素技術の研究開発、日本海東縁部および東南アジアの自然環境の成立と環境変遷に関する研究をおこない、自然環境の保全技術の開発と環境にやさしい産業活動の創出とに貢献する。

##### 生物多様性研究部門

日本海及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、環境の自然及び人為的変動が生物の多様性に及ぼす影響をミ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。

##### 生体機能計測部門

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。

#### 環境情報領域

##### 自然環境情報研究部門

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。

##### 人間環境情報研究部門

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。

#### 地域研究領域

##### 人文・社会研究部門・環境・防災研究部門

ユーラシア東部、中国、ロシア・シベリア地方に関する当該地域の歴史、社会情勢、環境問題などを幅広い視点から現地の調査機関と連携しながら、従来の学問領域にとらわれることなく総合的な調査、研究を行う。

## センターの構成

### 地球環境計測研究部門

教授	柏谷健二、山本政儀、長尾誠也
准教授	長谷部徳子
助教	福士圭介、浜島靖典、井上睦夫
研究員・協力員	青田容明、落合伸也、Aleksandr Orkhonselenge、落合伸也、西村周作
技術員・補佐員	大林麗子、中本美智代

### エコテクノロジー研究部門

教授	木村繁男、塚脇真二
客員教授	大屋裕二（九州大学応用力学研究所教授）
特任教授	岩坂泰信（フロンティアサイエンス機構）
助教	仁宮一章
特任助教	松木 篤（フロンティアサイエンス機構）
研究員	洪 天祥（フロンティアサイエンス機構）

### 生物多様性研究部門

教授	中村浩二、笹山雄一、
准教授	木下栄一郎、鈴木信雄
助教	
連携研究員	赤石大輔、笠木哲也、岩西 哲、井下田 寛、木村一也、小路晋作、宇都宮大輔
技術員・補佐員	又多政博、曾良美智子、安田晴夫

### 生体機能計測研究部門

教授	清水宣明、山田外史
客員教授	松木英敏（東北大学）
准教授	田中茂雄
助教	柿川真紀子
研究員・協力員	Arkadiusz Miaskowski
技術職員等	池畑芳雄、山田彩子

### 事務担当

総務第二係	福井彩子、藤井恭子
-------	-----------

### 3 研究・運営活動

#### 地球環境計測研究部門

##### 【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、地表プロセスの解明、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ている。本年度は主に以下の研究課題に取り組んだ。

#### (1) ダルハド湖における水文環境変動の推定

湖沼堆積物の特徴から内陸アジアにおける水文環境変動を推定することを目的に、環境変動の原因を推測しやすい湖沼堆積物の分析と解析を行った。研究対象地域であるダルハド湖はモンゴル北西部に位置しており、現在では乾燥化が進み盆地を形成している。分析試料には 2010 年 3 月～4 月に掘削された Hodon1 コアを用いた。Hodon1 は全長 164m であり、試料は約 3cm 毎に分割された。分析項目は含水率、全岩中央粒径、鉱物中央粒径、有機物・炭酸カルシウム・生物起源シリカおよび鉱物粒子含有量である。

全岩粒径変動における粗粒化には束状の部分とパルス的なものがみられる。粗粒化は流速、水位の変化などにより土砂の流入環境が変化したことを意味する。詳細な分析を行った表層～52m まででは、(1)温暖期における束状の粗粒化（表層～18m）、(2)移行期間（18m～27m）およびパルス状の粗粒化（27m-52m）が認められた。表層から深さ 52m において、乾燥季から温暖期への水文環境変動が記録されていると推定できる。また移行期間の粗粒化は後期更新世に発生した大規模洪水と対応するのではないかと考えられる。

#### (2) モンゴル・フブスグル湖堆積物の熱ルミネセンスカラー画像と古環境変動

湖沼堆積物を用いた古気候復元の研究には、代替指標として堆積物の粒径や試料に含まれる花粉・珪藻・各種元素・生物起源物質などを用いることが多い。このような指標に加えて、本研究では熱ルミネセンスカラー画像(TLCI)解析と環境変動の関連性に着目した。実験試料にはフブスグル湖で掘削されたコア試料を用いた。本研究ではコアの 2～56m 間を平均間隔 0.36m で、163 箇所から試料を分取した。またダルハド盆地から採取された石灰岩試料も比較試料として用いた。

TLCI の発行数の再現性はよくないものの、試料数・実験数を増やすことによって統計的な取り扱いが可能となり、試料ごとに優位な差が確認された。石灰岩試料からの CIE 色度ダイアグラムの発光点領域と堆積物試料のそれは一致したこと、発光数の少ない試料には赤領域の発光点が確認されなかったこと、年代に対する塩酸可溶物と発行数の増減がほぼ一致していることから、発光数のほとんどを占める赤の発光は炭酸塩鉱物起源だと分かった。粗粒試料は細粒試料の発光数を大幅に上回る。細粒試料のほとんどの CIE 色度ダイアグラムに特徴的な発光点が見られたが、試料の供給源を特定するには至らなかった。発光数の増減は特定の因子おみに影響を受けているわけではない。スペクトル解析から、発光数は 20kyr 周期を持つ因子に大きな影響を受けていることが分かった。

#### (3) 白山火山噴出物の熱ルミネセンス年代測定

白山火山では数々の年代学的研究が行われてきた。本研究では白山の噴出年代を調べるために、適用年代範囲が合致しているにもかかわらず、過去に報告されていない熱ルミネセンス(TL)法で年代測定をすることを目的とする。本研究では先行研究で報告されたジルコンと晶出年代との比較を通じて白山火山の詳細な形成過程を定性的・定量的に考察する。

試料には古白山火山噴出物 5 試料と親白山火山噴出物 3 試料を用い、以下の結果を得た。(1) 先行研究で報告されている古白山火山の噴出年代と本実験で算出した年代が近く、古白山火山の噴出結同はおよそ 100ka 前後に始まったと考えられる。(2) 古白山火山を作ったマグマは、マグマだまりで少なくとも 5~10 万年間滞留していたと思われる。

#### (4) その他の研究

このほかに、「歯の化石のフィッシュントラック年代測定の試み」、「フィッシュントラック法によるモンゴル中部堆積物の堆積年代の推定」、「モンゴル・ダルハド湖沼堆積物の鉱物組成に記録された水質変動」、「モノヒドロカルサイトの生成条件」、「花崗岩への Eu 吸着の表面錯体モデリング」、「ベントナイトの熱年代学」、「フェリハイドライトへの硫酸吸着におけるその場赤外分光観察と表面錯体モデリング」に関する研究も行った。

### 【低レベル放射能実験施設分野】

本研究施設では、低バックグラウンドガンマ線測定法などの適用により、放射性核種を精密に測定し、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、以下の研究を実施した。

#### (1) バックグラウンド低減化システムの開発と応用

Ge 半導体検出器の遮へい内に  $2\pi$  sr 相当の薄いプラスチックシンチレータ (PS) と波長変換光ファイバーを設置して、バックグラウンド (BKG) となる宇宙線成分を検出し、逆同時計数により BKG 成分を除去するシステムを開発し、本年度は LLRL の地上設置 Ge 検出器での長時間試験を行った。PS と光電子増倍管 (PMT) の間に光コネクターを設け、PMT-コネクター間を透明ファイバーとして光子損失を低減することにより設置の自由度が大きく改善した。また PS, 遮光幕も補強し実用機としての使用を可能とした。試験の結果、大部分が宇宙線成分と思われる 3MeV 以上の領域では約 70%が除去できることを確認した。

#### (2) 小惑星いとかわ試料の全岩元素分析

尾小屋地下実験室の極低バックグラウンド井戸型 Ge 検出器を用いて、小惑星いとかわ試料の全岩元素分析 (首都大学東京、京都大学他と共同で実施) を行った。Sc, Fe, Cr, Mn, Fe, Co, Zn, Ir の定量を行った。他の手法で求めた分析結果とともに、結果の一部は 2011 年 3 月に Houston で行われた月惑星科学会で速報した。

#### (3) 大陸からの汚染物質の長距離輸送

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、冬期にはシベリア等気圧に伴う季節風によって、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 数年継続の降下物試料を用いて放射性核種、①成層圏起源の  $^7\text{Be}$ 、②主に大陸起源の  $^{210}\text{Pb}$ 、③土壌起源の  $^{40}\text{K}$  および  $^{137}\text{Cs}$  降下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。併せて、本年度はアジア大陸由来の空気塊が日本海でどのように変質しているかを検討するために、新たにアンダーセン・ローボリウム・エアサンプラーを用いて、エアロゾルを粒径別に採取し、放射能濃度の粒度依存性を検討した。

#### (4) 日本海～東シナ海の多核種同時測定

平成 22 年 7-8 月の蒼鷹丸調査航海において、日本海西部、東シナ海東部の海水試料を鉛直および水平方向に採取した。簡便な共沈法を施した海水試料およびフィルター試料に低バックグラウンドガンマ線測定法を適用することにより、これら試料における  $^7\text{Be}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{226}\text{Ra}$ 、 $^{228}\text{Ra}$  および  $^{228}\text{Th}$  の測定をおこなった。その結果より、本海域における水塊、粒子など物質循環に関する知見を引き出した。

#### (5) 東シナ海東部における $^{226}\text{Ra}$ 、 $^{228}\text{Ra}$ および $^{228}\text{Th}$ 濃度の季節変動

西海区水産研究所の協力により、2 月、3 月、4 月、5 月および 7 月の 6 回にわたり、東シナ海東部の 7 地点において採取された表層海水の  $^{226}\text{Ra}$ 、 $^{228}\text{Ra}$  および  $^{228}\text{Th}$  濃度を測定した。その結果、 $^{228}\text{Ra}$  および  $^{228}\text{Th}$  濃度に大きな季節変動があることが明らかになった。東シナ海の水塊、粒子など物質循環が季節的に大きく異なることを反映する。

#### (6) 海洋環境における放射性核種の長期挙動に関する研究

海水中に存在する極微量の人工放射性核種  $^{137}\text{Cs}$  (30.5 年) の海水循環の研究で、太平洋深海約 1000-5500m の深層水中の  $^{137}\text{Cs}$  濃度 50 試料を尾小屋地下実験室の Ge 検出器で測定した。この結果及び表層から 1000m の測定結果を基に太平洋の海水循環に加えインド洋、大西洋の海洋循環が更に明らかになった。この結果は、海水大循環予測モデルのデータとして提供し、モデルの検証が行われている。

#### (7) 旧ソ連核実験場セミパラチンスク周辺住民の被曝線量評価

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幅広い範囲で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、低線量のリスク評価に資するデータを提供するために、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。今年度は、1953 年の旧ソ連最初の水爆からのフォールアウトの被害を受けたサルジャーラおよびカラウル村内外に加えてカイナル村内外で、きめ細かな土壌採取を行い、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $\text{Pu}$  測定を通して放射性雲の飛来状況（センター軸、幅）と降下レベルの把握を目指した。さらに爆発時の中性子との核反応で生成した誘導放射性核種を見積もるために  $^{125}\text{Eu}$ 、 $^{60}\text{Co}$ 、加えて、水爆の原料組成や規模等の情報を得るために  $^{238}\text{U}(n,2n)$ 、 $^{238}\text{U}(n,3n)$ 、 $^{235}\text{U}(n,\alpha)$  などの核反応で生成する可能性がある  $^{237}\text{Np}$ 、 $^{236}\text{U}$  についても測定を試みた。

#### (8) グローバルフォールアウト $^{236}\text{U}$ の評価と広島原爆への応用

広島原爆直後の中性子や  $\gamma$  線による人体への被曝線量評価などは日米共同で信頼できるまでに至っている (DS02)。しかし、原爆投下 20-30 後に“黒い雨”が降り、これに伴うローカルフォールアウトからの被曝は、これまでその寄与が少ないとみなさら検討されてこなかった。最近、黒い雨に含まれている放射性物質からの被曝が関心を呼ぶようになり、黒い雨の降下時間推移、降下範囲、この雨に放射性物質がどの程度含まれていたのかなどの検討が緊急の研究課題になっている。1976 年と 1978 年に、厚生省が中心となり、広島市の爆心地 30 km 圏内 16 方位で、きめ細かな土壌試料の採取を行い、残留放射能の調査を行った。物理的半減期の長い核分裂生成核種  $^{137}\text{Cs}(T_{1/2}=30.17 \text{ y})$  を中心に測定が行われたが、1950 年から 1960 年代はじめに行われた米ソの大気圏核実験からの大量の地球規模フォールアウト (global fallout) のために、広島原爆由来のフォールアウト  $^{137}\text{Cs}$  の痕跡を見出すことが極めて困難であった。

そこで、Global fallout の影響を受けず、当時の Close-in fallout の降下状況を保存している試料に

目が向けられた。幸い、市民の協力が得られ、原爆直後に建築されて最近解体する建物が幾つか見つかり、その床下の土壌が最適ではないかということになり  $^{137}\text{Cs}$  測定を試みる機会を得た。もし、 $^{137}\text{Cs}$  が検出されれば、この  $^{137}\text{Cs}$  は Close-in fallout 由来の可能性が非常に高く、降下レベルや分布解明に非常に役立つ。また、黒い雨の降下分布と Close-in fallout の分布との関係解明にも多いに貢献出来る可能性が高い。これらの試料について  $^{137}\text{Cs}$ , Pu 同位体の測定を試みた。

#### (9) 大深度掘削井から得られる高塩濃度 Na-Cl 型地下水の Ra 同位体の地球化学的研究

油田塩水など、海水よりも高塩濃度の塩水が Ra 同位体を高濃度(例えば、 $^{226}\text{Ra}$  濃度で数 10～数 100 Bq/kg)に含むことが世界の幾つかの地域で見出されている。近年、国内においても掘削技術の進歩により平野部や海岸地域において大深度井の開発が進み、様々な種類の水(例えば、海水、化石水、沈み込むプレートからの脱水流体など)を起源とする高塩濃度 Na-Cl 型地下水が得られるようになった。その大部分は、温泉として利用されている。我々は、これら高塩濃度 Na-Cl 型地下水が  $^{226}\text{Ra}$  を高濃度に含むのではないかと考え、Na-Cl 型地下水水中の Ra 同位体の地球化学的研究を始めたこれまで、典型的なグリーンタフ地域である石川県、日本の油田・ガス田地域である新潟県および一部石油や天然ガスを含む温泉が点在する富山県氷見市をフィールドにして研究してきた。その結果、1Bq/kg をこえる地下水が点在することが明らかになり、Ra 同位体の起源や水相への輸送メカニズム解明が重要になってきた。本年度は、メカニズム解明と併せて、北海道の西側において温大深度地下水の採取を行なった。

#### (10) アクチノイドと腐植物質との錯体研究

放射性廃棄物の地中埋設処分において、放射性核種の移行に影響を及ぼす溶存有機物の検討が重要課題として残され、地下水有機物の大部分を占め、アクチノイドとの錯形成能が高い腐植物質を対象にした研究が行われている。腐植物質は、フミン酸とフルボ酸で構成され、生成される環境により構造・官能基特性等が異なる。そのため、アクチノイドの移行挙動への影響を定量化するには、1つのパラメータで系統的に評価する必要がある。我々は、腐植物質の分子サイズに着目し、分子サイズをパラメータとして錯形成、吸着移行性に関する検討を進めている。今年度は、三次元蛍光分光光度法と高速液体サイズ排除クロマトグラフィー分析法を組み合わせ、土壌から分離精製したフミン酸と Eu(III)との錯形成の特徴を蛍光消光法と分子サイズ分布の観点から検討した。その結果、高分子画分と低分子画分のフミン酸と Eu との錯形成は異なることが示唆された。

#### (11) C-14 をトレーサーとした有機物の環境動態研究

地球温暖化に関係した有機物の動態研究では、炭素の貯蔵媒体の陸域や海洋における溶存有機炭素の特徴や起源推定、時間軸を考慮することが重要である。また、微量金属や有害有機物の輸送媒体として有機物の重要性が報告され、生態系との関連性の観点から、腐植物質の移行挙動に関心が集まっている。当実験施設では、炭素安定同位体比 ( $\delta^{13}\text{C}$ ) と放射性炭素 ( $\Delta^{14}\text{C}$ ) を組み合わせて、有機物の分解・滞留時間を考慮した有機物の移行動態の検討を進めている。このアプローチでの河川や大気での報告例はそれほど多くはないが、トレーサーとしての有効性が示唆されている。今年度は北海道の湿原を流れる釧路川と別寒牛川において分離した粒子について、懸濁態有機物の炭素同位体比を測定した。その結果、同じ湿原域でも釧路川と別寒牛川の懸濁態有機物の炭素同位体比は異なり、微弱な流域環境の違いを反映していることが明らかとなった。

#### (12) 能登半島七尾湾流域における物質動態研究

里山と里海の連関性を物質動態の観点より検討するため、熊木川で月 1 回の観測を開始し、溶存

成分とともに粒子態成分の濃度と特徴を分光分析、クロマトグラフィー分析、さらに Be-7, Cs-137, Pb-210 等の放射性核種をトレーサーとした検討を進めた。河床堆積物と流域の土壌コアの Cs-137/exPb-210 の放射能濃度比を比較した結果、中流域に広がる水田からの寄与が中流以降の物質動態に重要な役割を示す可能性が示唆された。

## エコテクノロジー研究部門

### 【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。これまで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してきた。一般に透水性を有する砂礫層に調査孔を設ける場合には、ケーシングパイプを挿入する必要がある。ケーシングパイプの透水率が内部に設置した地下水流向・流速プローブに与える影響について水槽を用いた室内実験で明らかにした。その結果ケーシングパイプの種類により、プローブによる計測流速が水槽内実流速の最大 1/2.5 倍まで小さくなることがわかった。今後は地層透水性とケーシングパイプ透水率の組み合わせが計測に与える影響を究明する予定である。

#### (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。特にこのような非定常現象について一次元の解析モデルを提案することを目的とする。一次元モデルはその解法がきわめて簡単で、実用的だけでなく、どのような無次元パラメータが現象を支配しているのかについて明快な理解を得ることができる。本年度は流動管路内の凝固現象に着目した研究を実施した。鉛直に流下する角管路内の一つの壁面を冷却して固相がどのように発達して行くかについて、実験的、数値的および解析的に研究を行った。数値解では境界固定法により、成長する固液界面を追って行く手法を用いた。一次元の数値モデルでは、液相からの対流熱伝達と固相を通った冷却面への熱伝導とのアンバランスが固相成長を駆動するとして定式化を行った。これまでの研究から固相の生成量あるいは平均の厚さについて、数値モデルと解析モデルは共に実験結果と良く一致することを確認した。一次元数値モデルをさらに簡略化して、固相内準定常温度場を仮定すると、流速の変動が小さい場合に摂動法により解析解が求められることを示した。その結果、ステファン数と固相内拡散時間に基づく無次元周波数が現象を支配する二つの無次元パラメータであることを示した。

#### (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し、森林内の微気象を支配する重要な要

因となる。森林内の微気象条件は動植物の生存環境を形成するため極めて重要である。たとえば風媒樹木の分断化が繁殖に与える影響は花粉の飛散距離に大きく左右される。また、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、5 台の超音波風速計を用いて樹林内での気流の計測を行なっている。観測タワーの周辺は樺やくぬぎの木が多く密生している。また、観測点は丘陵地の尾根に位置している。本年度は特に 5 台の超音波風速計により常時風速の計測を行う計測システムの構築を行った。この計測システムは平成 21 年 11 月に稼働させることができた。平成 22 年 2 月までは正常に稼働しデータの取得ができた。しかし、3 月から一台の風速計に不具合が発生し、現在データ取得ができていない。一方、他の 4 台は正常に稼働しており、現在もデータの集積が行われている。今後集積されたデータを基に、渦拡散係数に与える種々の要因（葉面積密度、風速、大気安定度、風向）を順次明らかにしてゆく予定である。

#### (4) 風ライダーの開発

相互相関法を用いてエアロゾルの動きから大気の動きを可視化する手法について引き続き研究を行った。計算機上に一定速度で水平に運動する 3 次元のエアロゾル塊を発生させ、レーザー光のスキャンによる後方散乱画像（時間遅れを伴う複数枚の 2 次元スキャン画像）が得られたと仮定して、それらの画像を合成することにより 3 次元の風速ベクトル分布を計算することを試みた。基本的にはこのような手法で大気の 3 次元運動が観測できることを示すことができた。また、三菱電機（株）の協力を得て、ドップラーライダーによるコーン型のスキャンデータの提供を受け、本手法によりその解析を行った。

#### (5) 木質系バイオマスの効率的利用を目指した超音波とイオン液体による前処理

木質系バイオマスをバイオエタノールなどに変換する際に問題となるのが、セルロースを覆っている難分解性物質リグニンとセルロースの結晶構造である。従来の物理化学的な方法に変わる低環境負荷型のリグノセルロース前処理法の開発を目的として、TiO<sub>2</sub> と超音波により発生するラジカルとセルロースの結晶構造を緩める効果のあるイオン液体を組み合わせた方法を検討する。

#### (6) 効率的なバイオ燃料生産のためのスーパー酵母株の高速育種

バイオエタノールの安価な製造に必要なスーパー酵母（セルロース糖化酵素の表層発現量が劇的に向上した酵母）の育種を目的とする。本年度は、i)重イオンビームを用いた細胞への変異導入と ii)セルソーターを用いた変異集団中の一細胞ごとの酵素発現量の評価および高発現細胞の分取を行う。本研究で確立される育種法は、「日本の強みである加速器技術」と「バイオ」が融合した革新的な技術となる。

### 【環境保全システム分野】

#### (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：航空機による日本上空の観測

黄砂の発生メカニズムには、さまざまなプロセスが関与している。タクラマカン砂漠の砂塵は、おおきな低気圧活動に伴って大気中に舞いあげられるものに加えて、局地的な山谷風によっても自由大気圏に巻き上げられているために、バックランド黄砂の主要な生成源と考えられる。ここでは、比較的地表面近くからおよそ 5 キロメートル辺りまで気塊は日常的にかき混ぜられてい

るため、比較的地表面付近に浮かんでいる物質もたやすく自由大気圏高度に運ばれる。このことを利用して係留気球を使った黄砂と微生物の混合状態に関する観測研究が始まった。韓国の釜慶大学校と黄砂の長距離輸送の解明に向けた共同研究体制の準備は本年度も継続しており、一部の試験観測が釜山において行われた。蘭州大学、国立環境研究所などとの黄砂の長距離輸送監視・研究ネットワークは、本年度は中国政府の「気象法」に基づく規制の強化の影響で運用が出来ない状態になり、日本上空の航空機観測に重点を置いた。

## (2) 黄砂の輸送途中に生じる黄砂粒子表面の物理化学的変化に与える水蒸気の影響：船上観測

大陸起源の乾燥した気塊が日本海洋上で海からの水蒸気によって大気質を変えることは、以前から気象学あるいは大気物理学の立場から注目され降水過程や雲過程に関する研究は行われてきた。しかし、大気化学的な面での観測研究は著しく少なく、今日越境大気汚染が社会の強い関心を集めているにもかかわらずそれらの関心にこたえる科学的成果は少ない。韓国の釜慶大学校の練習船を使った試験的観測を実施した。また、これまでに得られた黄砂の個々の観察結果を検討して、黄砂粒子表面での化学反応と海洋大気中の HC 1 濃度や水蒸気濃度との関係を解析している。

## (3) 能登スーパーサイトの展開

環日本海域は、急速な経済発展をとげる大陸沿岸部を中心に汚染物質の排出が進み、世界的にみて大気環境問題がもっとも顕在化している地域のひとつである。能登半島は日本海に大きく迫り出しており、大陸から吹き付ける偏西風の風上方向に国内の大都市は存在しない。このため近隣の都市からの汚染の影響が小さく、極東アジアの代表的なバックグラウンド大気の監視ポイントとしてうってつけである。本研究では能登半島先端の珠洲市にある金沢大学里山里海自然学校(旧小泊小学校)の一角を観測拠点に選び、国内外の関連研究機関と連携しながら環日本海域における先端的大気観測サイトの整備を進めてきた。これまでの活動を通じ、能登のスーパーサイトを受け皿とした、上空の大気エアロゾルのリモートセンシング観測、係留気球を使用したバイオエアロゾル観測、大気エアロゾルインレットを介した各種連続観測、微量気体成分(対流圏オゾン、一酸化炭素、窒素酸化物)の観測、などが始まっている。2010年の春からは、これまで主に西日本に偏重してきた国内の主だった観測サイトとの比較観測も行われている。

## (4) 富士山山頂における大気エアロゾルの観測的研究

富士山は世界的にも稀にみる急峻な独立峰で、その山頂は地上の汚染源の影響が少ない超高感度の環境センサーとして注目されている。自由対流圏などの高高度環境において、気体から大気エアロゾルが二次的に生成する新粒子生成過程は十分に解明されておらず、その観測例もごく限られている。これを受け2009年から夏の間、フランスの研究者と共同でナノサイズの粒子と大気イオンの連続観測を行っている。

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

これまでの気球観測の結果の解析を進めるとともに、長距離水平非行型気球を使った観測準備の一環として気象ゾンデ受信システムを導入し試験運転を実施した。

## (6) バイオエアロゾルの自由大気圏中での動態研究と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行い、プロトタイプ製作に成功した。実用に向けて光学系の改良(散乱光の集光量

の増加，レーザービームの視野絞りを狭くする）を試みている。

## (7) チベット高気圧とエアロゾル

チベット高原に発生する強い上昇流に伴ってエアロゾルが活性化され雲粒子に成長する可能性を気球観測データの解析から明らかにした。

### 【環境動態解析分野】

環境動態解析分野では，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地質科学/環境科学的な手法にもとづく以下の研究を展開している。

#### (1) カンボジアのアンコール遺跡区域における環境汚染・環境破壊の現状評価

長年の戦乱から見事な復興をとげたカンボジアであるが，社会経済の発展とともに環境保全をかえりみない政策のため環境汚染や環境破壊がいきなり顕在化してきた。同国の首都プノンペンはもちろんのこと，アンコール遺跡世界遺産の観光基地シェムリアプ市でこれが著しい。これを放置することは住民の健康被害を招くことはもちろんのこと，アンコール遺跡群の観光資源としての価値低下にもつながることになる。そこで，このような環境汚染や破壊の現状を正確に評価するとともにその低減・撲滅策の提言を目的として，大気環境分野，森林環境分野，河川/地盤環境分野，水/生物環境分野からなる分野横断的な観測・調査を同国政府やアンコール遺跡整備機構，UNESCO などとの密接な連携のもとに実施しており，2009年10月にはこれにかかる国際報告会を東京都世田谷区の日本大学文理学部で，また学生向けセミナーを同年10月に金沢大学総合教育講義棟でそれぞれ開催した。

#### (2) カンボジアのトンレサップ湖における環境変遷史および生物多様性の解明

トンレサップ湖は東南アジア最大の淡水湖であり，熱帯低地に位置する湖としては世界最大の大きさを誇る。また，この湖は乾季と雨季とでその面積が7倍にも変化する伸縮する水域として著名であるとともに，世界最高水準の生物多様性で有名でもある。この湖が生み出す水産資源が有史以前から現在にいたるまでカンボジアの暮らす人々の社会を支えてきたともいえる。これまでの16年間にわたっての調査で，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変化の予測に成功した。さらに，同湖の生物多様性の維持機構を，湖底地質学，水文学，植物動態学，無脊椎動物学の各分野から記録保存してきた。これらの成果をふまえながら，この湖の近い将来の環境変化，とくに現在計画されている諸開発事業が湖の生態系や水・堆積物収支などに与える影響を評価している。

#### (3) 南タイのマングローブ林周辺海域における堆積作用とスマトラ地震津波の影響評価

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大いに懸念されている。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た。これまで継続してきた南タイに分布するマングローブ林周辺海域での堆積作用の調査研究，および開発や海面変動による同海域での堆積作用の将来的変化の予測にもとづき，近年では最大の環境変動といえる2004年12月に発生したスマトラ-アンダマン地震津波がマングローブ生態系や周辺海

域に与えた影響とその後の生態系の再生作用について、津波襲来前後の堆積物や微小生物群集の比較検討による評価を行っている。

#### (4) 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

代表的な縁海である日本海は、最深部が3,000mをこえるにもかかわらず太平洋などの外洋とは対馬海峡や津軽海峡などの狭小で浅い海峡で連絡するのみであり、同じく縁海である南シナ海や東シナ海に比べて閉鎖性がきわめて高いことを特徴とする。これに加えて日本海は、閉鎖性の高さに加えて暖流と寒流とがちょうどぶつありあう中緯度に位置することから、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。これまでの約10年間に我が国経済水域下となる日本海東半部海域ほぼ全域での海洋地質学的調査を実施し、約50点の海底柱状試料および約500点の海底表層堆積物試料を採集した。そしてこれらの解析結果にもとづき、氷河時代最盛期となる約20,000年前から約6,000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変化を復元するとともに、表層堆積物の空間分布、とくに深度に応じた分布を明らかにしてきた。現在は海洋環境変化のさらに高精度での復元、ならびにこれにもとづく日本海深海域の堆積作用変遷史の解明をめざしている。

#### (5) 北陸地方に分布する上部新生界の地質構造発達史

石川県を中心とする北陸地方には、寒流系貝化石の多産で著名な下部更新統大桑層など我が国日本海側を代表する上部新生界の時間的・空間的にほぼ連続する分布が知られる。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である。また、2007年3月に発生した能登半島地震にみられるように、防災や開発の視点からも同地方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まず金沢市地域から開始し、これまでに金沢市の主要地域、津幡町南部、能美市、小松市、富山県西部の小矢部市、氷見市、旧福光町での調査が終了した。今年度はこれらの調査を金沢市南部の湯涌市方面へ拡大するとともに、これまでの成果を総括することで金沢市およびその周辺地域の後期新生代層序の確立を進めている。

### 生物多様性研究部門

#### 【海洋生物多様性分野】

##### (1) 無脊椎動物及び脊椎動物の生理・生化学的研究

4年生の松本高大君は、笹山雄一教授の指導の下、マシコヒゲムシの幼若個体の栄養体を観察するため、複数回のドレッジによって、幼若個体を採集した。それらの体幅は0.48~0.11mmであり、栄養体を含む後環帯部までであったのは15個体のみであった。その内5個体の体幅は0.48~0.25mmであり、残りの10個体は0.18~0.11mmで、極めて細かった。これらの栄養体を観察した結果、体幅0.48mmの個体では栄養体が発達しているように観察されたが、DAPI染色で共生細菌がほとんど確認できなかつた。体幅0.15mmの個体では、ヘマトキシリン・エオシン染色で栄養体が貧弱に見えてもDAPI染色で多数の共生細菌が確認できた。このように、体幅と共生細菌の存在の明確さの関係を調べると、少なくとも本観察の結果からは、幼若な個体ほど共生細菌が少ないということではなかつた。成体では環帯より前の体表面から、周囲の環境にある多糖を単糖に分解して

取り込み、栄養としている可能性が示されている。したがって、幼若個体においても共生細菌から栄養が補給されているのではなく、対表面から栄養が取り込まれているのかもしれない（研究報告参照）。

山岸功典君（4年生）は、笹山雄一教授及び鈴木信雄准教授の指導の下、ヌタウナギのカルシトニン様物質を研究した。これまで最古の脊椎動物として知られるヌタウナギ（*Eptatretus burgeri*）において鰓後腺は存在しないと言われているが、その血液中にカルシトニン様分子の存在が報告されている。そこで、ヌタウナギのカルシトニン様分子がどこで産生されているのかを調べた。ヌタウナギの消化管を、サケカルシトニンに対するポリクローナル抗体を用いて免疫組織化学的に精査した。その結果、消化管全体にカルシトニンの抗体に反応する細胞が見つかり、カルシトニン様分子を産生する細胞が消化管全体に広く分布することが明らかになった。これまで、脊椎動物のキンギョにおいて鰓後腺に加えて、消化管前方部の上皮にカルシトニン産生細胞が混在することが報告されている。また、系統発生的に鰓後腺をもたない原索動物のナメクジウオの消化管の特定の部位においても、カルシトニンの抗体に反応する細胞の存在が知られている。これらのことを考え併せると、消化管が鰓後腺の起源である可能性が高い。今後、ヌタウナギのカルシトニンの構造決定を行う予定である（研究報告参照）。

軟骨魚類のアカエイのカルシトニン受容体のクローニングも笹山雄一教授と鈴木信雄准教授が中心に進めている。この研究は（財）サントリー生物有機科学研究所の佐竹 炎博士、同研究員関口俊男博士との共同研究により行った。カルシトニン受容体の構造は、リガンドのカルシトニンと同様にして、硬骨魚類と哺乳類のカルシトニン受容体の中間的な配列だった。さらにカルシトニン受容体の発現解析を岡山大学附属牛窓臨海実験施設の坂本竜哉教授との共同研究により行った結果、希釈海水に移行した時の鰓や腎臓におけるカルシトニン受容体の発現が低下した。したがって、アカエイにおいてカルシトニンは浸透圧調節に関与している可能性が高い。これらの成果は、日本動物学会及び日本比較内分泌学会で発表し、Gene誌に投稿予定である。

## (2) 副甲状腺ホルモンのカルシウム代謝に対する応答についても解析

この研究は、鈴木信雄准教授が中心となり、オーストラリアのメルボルン大学の Prof. T. John Martin と RMIT 大学 Dr. Janine A. Danks、東京医科歯科大学の服部淳彦教授、同大学の田畑 純准教授、岡山大学の山本敏男教授、同大学池亀美華准教授、早稲田大学の中村正久教授、当施設の笹山雄一教授との共同研究により進めている。国内外の共同研究により、以下のことがわかった。副甲状腺ホルモンはヒトと同様にまず骨芽細胞を活性化し、次いで破骨細胞を活性化して骨吸収を行うことを *in vitro* 及び *in vivo* でも証明した。さらに骨芽細胞で発現しているリガンドである Receptor Activator of NF- $\kappa$ B Ligand (RANKL) と破骨細胞にあるレセプターである Receptor Activator of NF- $\kappa$ B (RANK) の mRNA 発現も副甲状腺ホルモンにより上昇することが判明した。これらの成果は、国際骨代謝学会の学会誌である Bone 誌に発表した（研究報告参照）。

## (3) 様々な物理的刺激に対する骨組織の応答に関する研究：魚類のウロコを用いた解析

魚のウロコを骨のモデルとして、物理的刺激やホルモン等の生理活性物質の骨に対する作用を調べ、その応答の多様性を鈴木准教授が中心となり研究を進めている。本年度は国際宇宙ステーション「きぼう」船内実験室第2期利用に向けた候補テーマとして採択され、本年5月にスペースシャトル（アトランティス号）でキンギョのウロコが打ちあがり、野口聡一宇宙飛行士により、宇宙実験が実施された。僅か2年の準備期間で宇宙実験が行われたのは、ウロコという非常に優れた材料を用いたおかげである。ウロコは低温（4℃）でも約2週間保管可能であり、低温保管後

も重力刺激に保管前と同様に応答する。現在、宇宙実験のサンプルの解析を行っている。来年度、骨計測学会、骨代謝学会、歯科基礎医学会等で宇宙実験の成果を発表する予定である。さらに本年、JAXA との共催で金沢市民向けのシンポジウムを計画中である。来年度は、宇宙実験の成果を学会及びシンポジウム等で発表していく予定である。

宇宙実験では、新規メラトニン誘導体の作用についても解析している。この研究は、東京医科歯科大学の服部淳彦教授と金沢大学の染井正徳名誉教授との共同研究であり、2004年から継続して研究しているテーマである (J. Pineal Res., 2008a)。既に、国内特許は取得済 (JP Patent 4014052号) であり、現在米国特許を出願中である。また、ハムリー (株) の関あずさ博士と共にメラトニン誘導体の卵巣除去ラット及び低 Ca 食ラットにおける影響を評価した。その結果、卵巣除去ラットおよび低 Ca 食ラットにおいて、メラトニン誘導体を経口投与することにより骨強度が上昇することが判明した (J. Pineal Res., 2008b)。したがって、この化合物は骨疾患の治療薬として有望である。これらの成果の一部は、金沢大学若手イノベーション発表会、福井で開催されたテクノフェア 2010 で発表した。さらに金沢大学イノベーション会議及び金沢大学の理学談話会でも講演した。

超音波の音圧による機械的刺激に対する応答について解析を行った。ヒトの骨折の治療に使用されている超音波治療機器 (SAFHS: Sonic Accelerated Fracture Healing System) の骨に対する作用をゼブラフィッシュのウロコを材料として用いて解析した。その結果、破骨細胞の活性が低下し、骨芽細胞の活性が上昇した。さらに本年度は、JAXA の矢野幸子主任研究員、本学保健学類の北村敬一郎准教授、岡山大学池亀美華准教授、富山大学近藤 隆教授、同大学田淵圭章准教授、同大学高崎一朗助教との共同研究により、破骨細胞に対する作用を詳細に解析した。キンギョの筋肉内にキンギョのウロコを自家移植して、ウロコの表面に破骨細胞を誘導し、その破骨細胞に対する影響を解析した。その結果、超音波の刺激により、ウロコの破骨細胞がアポトーシスを起こしていることが判明した。超音波は骨の内部には浸透せず、骨の表面に作用する。骨折した骨の表面に超音波が作用するため、骨折にはその治癒効果が認められる。ウロコの骨芽細胞と破骨細胞は表面に存在することから、ウロコは超音波に対する骨の影響を解析する非常によいモデルである (Bone に投稿予定)。

#### (4) 海洋汚染に関する研究

金沢大学医薬保健研究域薬学系の早川和一教授と鈴木准教授との共同研究により、多環芳香族炭化水素類 (PAH) の内分泌攪乱作用を調べている。多環芳香族炭化水素 (PAH) 類は化石燃料の燃焼に伴って生成して大気中に放出される非意図的生成化学物質の一つであり、その中にはベンゾ[a]ピレンのように発癌性/変異原性を有するものが多い。また、PAH 類は原油にも含まれており、1997年1月に日本海で発生したロシア船籍タンカーナホトカ号の重油流出事故では、流出した大量の重油による海洋生態系への影響が危惧された。しかし、重油残留海域で採集した魚類に癌が見出された報告はこれまでなく、重油汚染海水で孵化した稚魚に脊柱彎曲が観察されている。したがって、魚類に及ぼす重油の影響は発癌ではなく、骨代謝異常であることを強く示唆しているが、その発症機序は不明のままである。そこで、ウロコを用いて PAH 類の骨に対する作用を解析した。ウロコの *in vitro* の培養系で解析した結果、水酸化 PAH (P450 により代謝された PAH の代謝産物) の内分泌攪乱作用が、PAH 自体よりも強いことが示唆された (Life Sci., 2009)。現在、富山大学遺伝子実験施設の田淵圭章准教授と高崎一朗助教との共同研究により、GeneChip 解析を行い、詳細な機構を解析中である。これらの成果は Busan Symposium in Pukyong National University

及び JENESYS-POMRAC-Kanazawa University Joint Symposium 2010、日本動物学会中部支部例会、日本薬学会で発表した。これらの成果の一部を Journal of Health Science に投稿予定である。

### 【陸上生物多様性分野】

陸上生物多様性部門では陸上生物の群集構造や種分化や形質進化に関する研究を行っている。これらの研究では生態学および遺伝学的な手法が用いられている。野調査は角間キャンパス里山地区や能登から東南アジア、オセアニアまで至る。

#### 1) テンナンショウ属植物（サトイモ科）の性転換モデルの検証

金沢市のマムシグサ集団から DNA を抽出し、マイクロサテライト領域を用いて種子の花粉親を決定している。繁殖成功が個体サイズの関係が雄個体と雌個体で異なっている状況下で性転換が進化するという Size Advantage 仮説の検証を行っている。長野県の集団の性転換サイズはこの仮説の下で予想されるサイズとほぼ一致した。金沢のマムシグサ集団の性転換サイズは長野県の集団とは異なる。金沢の性転換サイズを計算するためには、個体サイズと繁殖成功の関係を知ることが必要である。雌の繁殖成功は果実数を繁殖成功とすることができるため、サイズと繁殖成功の関係は容易にわかる。雄の場合、できた種子の花粉親を決定し、それを基に繁殖成功とサイズの関係構築する必要がある。異なる集団に見られる性転換サイズの違いを Size Advantage 仮説で説明できれば、この仮説はほぼ検証されたことになる。これは西沢徹氏（国立環境研究所生態遺伝部門）との共同研究である。

#### 2) 雑種起源種トウカイコモウセンゴケの生活史の比較研究

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。対象はとその両親種である。2009年1月8日から1月22日までオーストラリアでコモウセンゴケの現地調査を行った。コモウセンゴケはトウカイコモウセンゴケの片親と見なされている種である。これは中野真理子氏（石川県自然史資料館）と植田邦彦氏（金沢大学大学院自然科学研究科）との共同研究である。

#### 3) 自家不和合性の崩壊過程の進化モデルの構築

ミヤマガマズミとコバノガマズミを用いて、繁殖様式の進化に関する研究を行っている。ミヤマガマズミとコバノガマズミは近縁種で里山地区でも同所的に生育している。ミヤマガマズミは自家不和合性であるが、コバノガマズミは自家不和合性が崩壊して自家和合性になりつつあることを見つけた。一般に自家不和合性は近交弱勢  $\delta > 1/2$  の時維持されるが、 $\delta > 1/2$  の時でもある状況下では自家和合性の個体が侵入できることが進化モデルから予想されている。コバノガマズミの場合であることがわかってきた。 $\delta > 1/2$  でも自家和合性の個体が侵入、自家不和合性の崩壊を生じさせる生態的条件に関する数理モデルの構築とその検証を現在行っている。

#### 4) 雑種起源種オオミズヒキモとその両親種の繁殖と分散に関する研究

オオミズヒキモは栄養繁殖をおこなうため、交雑個体が不稔であっても大きなクローン集団を形成し維持することが可能である。3種が栄養繁殖によって河川の中でどのように分布しているのかを解明するために、個体を識別できる分子マーカーが必要である。マイクロサテライトは個体の認識が可能な解像力を持つ遺伝マーカーである。現在オオミズヒキモの個体識別用のマイクロサテライトマーカーを開発している。この研究は中嶋信美・西沢徹氏（国立環境研究所生態遺伝部門）との共同研究でもある。

#### 5) 能登地域における水田畦畔植物の種多様性とその地域間比較

能登地域の農村域で水田畦畔植物相を調査し、それらの地域間比較および人為的攪乱がそれらに及ぼ

す影響評価を行っている。17カ所の農村域に設けた53調査地点において、計64科251種の水田畦畔植物が記録された。53地点の種組成は農村域ごとにまとまる傾向がみられた。能登の小地域ごとに農法や圃場整備の経歴は比較的似ているため、人間活動によって引き起こされる攪乱の強度は地域（農村域）内では似ていることが予想される。しかしながら、能登町波並、輪島市金蔵、羽咋町神子原などは域内で種組成の違いが大きく、その結果、他の調査地との種組成の違いがはっきりしない傾向もみられた。今後は管理手法や圃場整備経歴などを地点ごとに精査し、地域間地域内の種多様性パターンとそれらを生み出しうる要因群との関係性を明らかにしていく。

#### 6) 熱帯山地林における *Medinilla* 属 8 種の開花・結実の季節性

1996年から2001年にかけてマレーシア・サバ州キナバル山の熱帯山地林で行った生物季節学的研究の一部に関してとりまとめを進めた。湿潤熱帯では気候の季節変化が乏しいにもかかわらず、そこに生育する植物の多くはその繁殖活動に明瞭な季節性を示す。本研究では、ノボタン科の *Medinilla* 属 8 種の繁殖時期および繁殖トリガーを明らかにするため、開花・結実と気温、降水量、日照量との季節的対応について調べた。本研究の内容は、第57回日本生態学学会（2009、盛岡）で発表し、日本生態学会誌の *Tropics* に掲載されている。

#### 7) 林内低木種ヒサカキの成長・繁殖に関する生態学的研究

林内低木種ヒサカキの成長・繁殖に関する研究を行っている。二次林低木層を優占するヒサカキの成長戦略と繁殖戦略を解明するために、個体ごとの繁殖形質（花・果実サイズ、開花・結実サイズ、フェノロジー等）、繁殖成功に影響する内外的要因（個体サイズ、枝伸長量、葉数、日照条件、送粉者、種子散布者など）と繁殖成功率（結果率、果実食害率、果実消費率、散布種子数など）の関係を明らかにする。2009年度は、調査地の選定、調査個体（100個体）のマーキング、開花数の予備調査を行った。

#### 8) 林床植物チゴユリの繁殖戦略に関する生態学的研究

林床植物チゴユリの繁殖戦略の解明をめざした調査を行っている。チゴユリの繁殖活動には種子繁殖と、匍匐枝をのばして分布を広げる栄養繁殖がみられる。チゴユリは外的要因（送粉者、物理的環境など）の状況に応じた繁殖戦略を採っていると推測される。さらにチゴユリは光が乏しい条件下に生育するために光合成が制限され、成長と繁殖のあいだに物質投資のトレードオフがあると推測される。摘葉や摘花を行って投資先を操作し、チゴユリの種子繁殖、栄養繁殖、成長のあいだ投資配分の関係を明らかにする。

### 生体機能計測研究部門

#### 【生物機能材料分野】

生物が有する優れた分子認識能や触媒機能を、ナノレベルでの解析、遺伝子操作などの手法を駆使することにより、工学的観点から活用する。これから得られる基盤技術を先端医療技術、環境浄化技術、および遺伝子組換え微生物の開発研究などへ応用することにより、地球環境の保全や人類の健康維持に貢献することを目指している。具体的には以下のような研究テーマについて研究を行っている。

#### (1) 二酸化チタン・超音波触媒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（活性酸素種）を生成する事が明らかになっている。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

分解する技術に関する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する研究を行っている。

## (2) 標的化ナノテクノロジーと超音波技術を融合した新規がん治療

本研究は、二酸化チタン（光触媒）に超音波を照射した時生成する高濃度のOHラジカルを新規のがん治療に応用することを目的とする。がん細胞を特異的に認識するタンパク質もしくはDNA分子を修飾した二酸化チタンナノ粒子を作製し、その結合および細胞内取り込みを解析する。また超音波照射によって誘起される細胞死を解析する。

## (3) 超音波刺激応答性ナノキャリアによるピンポイント抗がん剤投与システムの開発

本研究目的は「抗がん剤を必要な量を必要な時期に必要な場所に送達する」次世代型の新規薬物送達システム(DDS)のプラットフォーム技術を構築することにある。このため目的抗がん剤の運搬担体として、超音波刺激に応答するナノサイズ(50~100 nm)のリポソームを作製する。リポソーム表面にはがん細胞を特異的に認識するタンパク質あるいは抗体などを化学的に修飾することでがん組織に特異的に集積させる。さらに超音波照射による表面修飾温度感受性ポリマーの相転移によりリポソームの内容物を放出させる。

## (4) がん細胞を特異的に認識する機能性DNA分子（アプタマー）の探索

通常、生体内のDNAは2重螺旋構造をしている。しかし、本研究では、様々な構造を取り、生体分子に対して親和性を持つ一本鎖のDNA分子（DNAアプタマー）を設計し利用することを目的とする。本研究では、分子進化工学的手法によって、がん細胞を特異的に認識するDNAアプタマーを探索し、さらに取得されたDNAアプタマーのがん細胞に対する結合能力を評価する。

## (5) 嫌気性細菌をがん組織探索マイクロマシンとして用いるがん治療システムの開発

固形がん組織は極めて低酸素な状態であることから、本研究では、嫌気性細菌をがん組織探索マシンとした新規がん治療用ドラッグデリバリーシステムの構築を目的とする。ビフィズス菌や乳酸菌の「嫌気性」や「自己複製能」を利用することで、遺伝子組換え菌体表層に発現させた抗がん性タンパク質をがん組織へ「特異的」かつ「高濃度」で送達・集積させる。

## (6) 木質系バイオマスの効率的利用を目指した超音波とイオン液体による前処理

木質系バイオマスをバイオエタノールなどに変換する際に問題となるのが、セルロースを覆っている難分解性物質リグニンとセルロースの結晶構造である。従来の物理化学的な方法に変わる低環境負荷型のリグニンセルロース前処理法の開発を目的として、TiO<sub>2</sub>と超音波により発生するラジカルとセルロースの結晶構造を緩める効果のあるイオン液体を組み合わせた方法を検討している。

### 【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、バイオ関連検査機器、磁気アクチュエータ、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への研究開発
- 2) 針形状マイクロ磁気プローブのがん温熱療法の磁性微粒子の濃度の検出

- 3) 針形状マイクロ磁気プローブの神経信号の検出
- 4) 針形状マイクロ磁気プローブの非破壊検査への応用
- 5) 受動磁気回路素子による交流電流抑制素子の研究開発
- 6) 超磁歪アクチュエータのパルスパワーによる殺菌・ウイルス不活性化への応用
- 7) 誘導加熱形ハイパーサーミア治療法における効果的加温システムの研究
- 8) 骨形成における交流磁界曝露効果に関する研究
- 9) 交流磁界による抗がん剤作用の増強効果に関する研究

下記において主な項目について概要を説明する。

#### **(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への研究**

本研究は、うず電流探傷技術に関し高機能磁気センサを採用したアレイ形のマイクロ化プレーナプローブを研究開発し、電子産業分野における渦電流探傷技術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 $\mu\text{m}$ 以下の先端的電子技術での高密度基板上の断線等の欠陥を磁氣的検出可能である。この技術は、プリント基板の検査のみではなく、微細な欠陥が問題になるIC用の半導体基板、軸受などの超精密産業部品等の検査への適用が可能である。

#### **(2) 針形状マイクロ磁気プローブのがん温熱療法の磁性微粒子の濃度の検出**

針形状マイクロ磁気プローブは、セラミック材の針先にスピンバルブ形磁気抵抗効果素子（磁気センサ）をつけた極細の磁界計測プローブである。形状は、長さ20mm、幅250 $\mu\text{m}$ のセラミック針であり、75 $\mu\text{m}$ \*7 $\mu\text{m}$ の大きさの磁気センサを先端に、また温度特性を改善するために針元に同じセンサ3個を配置しホイーストブリッジの構成としている。

磁性微粒子の誘導発熱を利用する癌の誘導加温システムでは、加温温度の制御のため磁性微粒子を体内に注入し、外部磁界を印加し発熱源となる。発熱体の熱量、温度などを制御するため、磁性微粒子の体内への注入後、磁性微粒子の濃度、分布を検出する必要があり、さらに治癒後の体内に残留している磁性微粒子の評価が必要とされる。

体内で磁性粒子を検出する方法として、一様な外部磁界下の磁性粒子を含む体積内の磁界の変化を検出することで推定できることが明らかにした。このため、超小形、高感度センサの磁気抵抗効果センサを針状構造にした低侵襲の磁界プローブを作成し、体積内の磁性粒子の濃度の推定を行った。実験結果によれば、理論的に推定したとおり濃度と検出磁界とが比例することを見出し、磁性粒子の濃度0.03%までの推定が可能であった。

#### **(3) 超磁歪アクチュエータのパルスパワーによる殺菌・ウイルス不活性化への応用**

液体を微小時間内に断熱圧縮・膨張させると、無数の小さな気泡が発生、崩壊する。この現象をキャビテーションとよばれ、大きなパルスパワーを発生する。このパワーを細菌やウイルスの殺菌に用いる。本研究は、キャビテーションを発生するために超磁歪アクチュエータとピストンシリンダーの発生装置を検討するとともに、細菌（大腸菌）ならびにウイルス（ラムダファージ）の殺菌、不活性化の作用を固体からDNAレベルにわたり検討した。

本研究では、キャビテーション発生装置の等価回路作成、ピストン駆動時周波数特性測定、駆動時間・振動周波数変化によるウイルス不活性化実験を行い、キャビテーション発生装置の周波数特性とその効果に対する検討を行った。その結果、ウイルス不活性化実験において、キャビテーション発生装置の駆動時間に比例してウイルス存在数が減少し、約60分間の駆動によりほぼ完全にウイルスを不活性化できた。キャビテーション発生装置の水質浄化への有効性が示された。

ここで、キャビテーション発生装置の駆動周波数を上げることでウイルスの不活性化がより顕著になったが、これは振動周波数が大きくなるほど単位時間当たりには発生するキャビテーションの発生頻度が増し、パルスパワーによる影響がより顕著に見られるようになったためであると考えられる。また、大腸菌を用いた実験からも効果的に殺菌ができることが明らかになった。これらのことから、薬品を用いない超磁歪アクチュエータのパルスパワーによる殺菌・ウイルス不活性化が可能であることを明らかにした。

#### (4) 誘導加熱形ハイパーサーミア治療法における効果的加温システムの研究

誘導加熱形ハイパーサーミア治療法は、磁性微粒子の誘導発熱を利用する癌の治療システムである。加温温度の制御のため磁性微粒子を体内に注入した後、外部から周波数  $f = 150 \text{ kHz}$ 、磁界強度  $B = 10\text{-}30 \text{ mT}$  を対外から印加することにより、磁性流体が注入された部分のみ加温する癌の標的療法である。研究では、前記の①加熱源の磁性微粒子の濃度、位置などの制御があり、さらに②磁性粒子に印加する高周波の高磁界の発生法がある。後者について、対外に置いたパンケーキコイル（アプリケーション）の形状、励磁するコイル電源（励磁電流 数百 A、電圧 数千 V）について検討した。コイル形状について、体深部の位置（コイルから距離  $d = 15\text{-}20 \text{ cm}$ ）での磁束密度を高くするため、磁束収束形のコイルを検討した。

#### (5) 交流磁界による抗がん剤作用の増強効果に関する研究

本研究は、交流磁界による抗がん剤作用の増強について、効果的な交流磁界条件や抗がん剤の種類、磁界の作用メカニズムについて検討している。固形がんの治療において、交流磁界を局所的に患部に曝すことで薬の作用を増強し抗がん効果を得られれば、薬量を減らし、副作用を軽減する効果的な治療法が確立できる可能性があり、医療応用を目指して検討している。

### 【力学環境分野】

力学環境分野では「骨」を研究対象として、力学刺激に対する生体組織または再生組織の形成・修復反応に関する研究を行っている。また、力学環境への組織や細胞の反応を光により非破壊的に計測する技術の開発研究を並行して行っている。最終的には、以上より得られた成果を骨粗鬆症予防や骨再生医療へ応用することを目指している。主な研究課題の概要は下記の通りである。

#### (1) 力学刺激による組織形成促進に関する研究

骨粗鬆症予防には運動による骨への力学刺激が有用であるが、運動が困難な方々が多くいることも現状である。そこで、筋への電気刺激により生じる筋収縮力で骨をひずませ、これにより実際に運動をすることなしに骨を力学的に刺激する方法を提案した。これまで、後肢懸垂ラットに対し本法を適用し、後肢懸垂により引き起こされる骨量減少が本法により抑制され得ることを動物実験により確認してきた。現在、刺激直後に発現される骨形成関連タンパクの発現を RT-PCR 法を用いて調べることで同法の骨形成効果をより高める刺激波形の探索を行っている。

#### (2) 力学刺激による組織再生促進に関する研究

液体成分を含む多孔質体である生体組織は、動的な力学的負荷により内部に繰り返しの液体の流動が生じる。骨組織においては、このひずみ誘導型液体流動刺激により骨の細胞が刺激され適応反応を起こすことが知られている。本研究室では、培養再生骨の石灰化を促すための手段としてひずみ誘導型液体流動を利用することに着目し、実際に同力学刺激が培養再生骨の石灰化を促進することを長期培養実験により確認している。現在、刺激直後に観察される細胞内  $\text{Ca}^{2+}$  応答を調べることで再生骨内骨芽細胞の力学刺激への感受性における周波数依存性を調べている。

### (3) 光を用いた非破壊的生体情報計測法の開発

光を利用した新たな生体計測装置の開発を行っている。例えば、近赤外光 LED を利用することにより、骨粗鬆症や宇宙滞在により減少する骨組織の密度を非破壊的に調べる方法の開発や力学刺激に対する培養再生骨の石灰化促進反応を非破壊的にモニタリングするための装置を開発している。また、 $\text{Ca}^{2+}$ 感受性蛍光プローブと LED 光源を利用することにより、刺激に対する細胞内  $\text{Ca}^{2+}$  濃度変化を顕微鏡の使用なしに観察することのできる小型光学装置を開発した。現在、同装置を用いて骨芽細胞の力学刺激感受性の周波数依存性を調べている。

## 4. 研究成果リスト

### 地球環境計測研究部門

#### 1 学術論文

- (1) Kashiwaya, K., Ochiai, S., Hasebe, N., Yamamoto, M. et al., Climato-hydrological fluctuations recorded in long lacustrine records in Lake Hövsgöl, Mongolia, *Quaternary International*, 219, 178-187, 2010
- (2) Nahm WH, Lee GH, Yang DY, Kim JY, Kashiwaya K., Yamamoto M., Sakaguchi A., A 60-year record of rainfall from the sediments of Jinheung Pond, Jeongeup, Korea. *Journal of Paleolimnology*, 43, 489-498, 2010
- (3) 柏谷健二, 東アジアの湖沼一流域系における地表プロセスと環境変動, 学術の動向, 2月号, 10-17, 2010.
- (4) 竹下 徹・長谷部徳子・野村和良, 四国中央部三波川帯緑泥石帯砂質片岩中のジルコンのフィッシュントラック年代: 2つの異なる年代とその意味, *地質学雑誌*, 117, 53-56, 2011
- (5) Kentaro ITO and Noriko HASEBE, Fission track dating of Quaternary volcanic glass by stepwise etching, *Radiation Measurement*, 46, 176-182, 2011
- (6) 稲垣亜矢子, 長谷部徳子, 遠藤徳孝, 伊藤一充, 湯本仁亭, 柏谷健二, 湖沼堆積物の熱ルミネセンスデジタル写真撮影とその色特性, (Thermoluminescence digital images of lake sediments and their color characteristics) *地質学雑誌* 116, XIX-XX, 2010
- (7) 稲垣亜矢子, 長谷部徳子, 遠藤徳孝, 伊藤一充, 熱ルミネセンスのデジタル写真撮影と Java アプリケーションを用いた色の数値化方法 (Thermoluminescence digital color image and its evaluation using Java application), *地質学雑誌* 116, 690-693, 2010
- (8) Keisuke Fukushi, Tomonori Sugiura, Morishita Tomoaki, Yoshio, Takahashi, Noriko Hasebe and Hiroshi Ito. Iron-bentonite interactions in the Kawasaki bentonite deposit, Zao area, Japan, *Applied Geochemistry*, 25, 1120-1132, 2010
- (9) 末岡 茂・田上高広・堤 浩之・長谷部徳子・田村明弘・荒井章司・山田隆二・松田達生・小村健太郎, フィッシュントラック熱年代に基づいた六甲地域の冷却・削剥史, *地学雑誌* 119, 84-101, 2010
- (10) 長谷部徳子・田村明弘, FT年代と U-Pb年代の同時測定について, *フィッシュントラックニュースレター*, 23, 44-45, 2010
- (11) 末岡 茂・堤 浩之・田上高広・長谷部徳子・山田国見・田村明弘・荒井章司, 年代学的手法に基づく木曾山脈の隆起・削剥史, *フィッシュントラックニュースレター*, 23, 1-3, 2010
- (12) Sherif Mansour・Noriko Hasebe, Evolution and Thermo-Tectonic Development of The Basement complex, West-central Sinai, Egypt: Constraints from Uranium-Lead Dating and Apatite Fission Track Low-Temperature Thermochronology, *フィッシュントラックニュースレター*, 23, 8-9, 2010
- (13) 大石新之介・長谷部徳子, 原子間力顕微鏡(AFM)によるジルコン中のフィッシュントラックの観察, *フィッシュントラックニュースレター*, 23, 42-43, 2010
- (14) 伊藤一充・長谷部徳子・柏谷健二・田村明弘, 炭酸塩鉱物を用いたルミネセンス年代測定ーモンゴル・フブスグル湖堆積物の報告ー, *フィッシュントラックニュースレター*, 23, 26-27, 2010
- (15) 稲垣亜矢子・長谷部徳子・伊藤一充・遠藤徳孝・柏谷健二, 湖沼堆積物を用いた東アジアにおける古環境推定のための熱ルミネセンスカラー画像解析, *フィッシュントラックニュースレター*, 23, 28-29, 2010

- (16) 山田浩史・長谷部徳子・福士圭介・田村明弘・檀原 徹・岩野英樹, ベントナイトの FT 年代測定 -特にアパタイトのウラン濃度について-, フィッショントラックニュースレター, 23, 18-19, 2010
- (17) 長谷部徳子, 地表プロセスと環境変動を測る時間軸の設定, 学術の動向 2010年2月号, 63-67
- (18) Kanematsu M., Young T., Fukushi K., Green P., and Darby J., Extended Triple Layer Modeling of Arsenate and Phosphate Adsorption on A Goethite-based Gracular Porous Adsorbent. *Environmental Science and Technology*, 44, pp. 3388-3394, 2010
- (19) Fukushi, K. Sugiura, T. Morishita, T. Takahashi, Y. Hasebe, N. and Ito, H. Iron-bentonite interactions in the Kawasaki bentonite deposit, Zao area, Japan. *Applied Geochemistry*, 25, pp. 1120-1132, 2010
- (20) Nagata T and Fukushi, K. Prediction of iodate adsorption and surface speciation on oxides by surface complexation modeling. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 74, pp. 6000-6013, 2010
- (21) Kanematsu, M. Young T.M. Fukushi, K. Sverjensky, D. Green, P.G. and Darby, J.L. Quantification of the effects of organic and carbonate buffers on arsenate and phosphate adsorption on a goethite-based granular porous adsorbent. *Environmental Science and Technology*, 45, pp. 561-568, 2011
- (22) Watanabe, Y. Kasama, T. Fukushi, K. Ikoma, T. Komatsu, Y. Tanaka, J. Moriyoshi, Y. and Yamada, H. Synthesis of nano-sized boehmites for optimum phosphate sorption. *Separation Science and Technology*, in press
- (23) Yagi, S. and Fukushi, K. Phosphate sorption on monohydrocalcite. *Journal of Mineralogical and Petrological Sciences*, in press
- (24) 矢部太章, 福士圭介, 伊藤弘志, 窪田宗弘, 榎谷優輔: 水溶液中における酸化マグネシウムの変質挙動, 粘土科学, 印刷中
- (25) M. Aoyama, M. Fukasawa, K. Hirose, Y. Hamajima, T. Kawano, P.P. Povinec and J.A. Sanchez-Cabeza, Cross equator transport of  $^{137}\text{Cs}$  from North Pacific Ocean to South Pacific Ocean (BEAGLE2003 cruises), *Progress In Oceanography* (in press)
- (26) T. Aramaki, S. Nagao, Y. Nakamura, M. Uchida, Y. shibata, The effects of rainfall on carbon isotopes of POC in the Teshio River, northern Japan. *Radiocarbon*, 52, 808-814 (2010)
- (27) M. Fukushima, S. Shigematsu, S. Nagao, Degradation of pentachlorophenol in a contaminated soil suspension using hybrid catalysts prepared via urea-formaldehyde polycondensation between tetrakis(hydroxyphenyl)porphineiron (III) and humic acid. *Environmental Chemistry Letters* (in press)
- (28) M. Fukushima, Y. Ishida, S. Shigematsu, H. Kuramitz, S. Nagao, Pattern of oxidation products derived from tetrabromobisphenol A in a catalytic system comprised of iron (III)-tetrakis (p-sulfophenyl) porphyrin,  $\text{KHSO}_5$  and humic acids. *Chemosphere* 80, 860-865 (2010)
- (29) Kashiwaya, K., Ochiai, S., Sumino, G., Tsukamoto, T., Szyniszewska, A., Yamamoto, M., Sakaguchi, A., Hasebe, N., Sakai, H., Watanabe, T., Kawai, T.: Climato-hydrological fluctuations printed in long lacustrine records in Lake Hövsgöl, Mongolia, *Quaternary International*, 219, 178-187 (2010)
- (30) I. Levy, P.P. Povinec, M. Aoyama, K. Hirose, J.A. Sanchez-Cabeza, J.-F. Comanducci, J. Gastaud, M. Eriksson, Y. Hamajima, C.S. Kim, K. Komura, I. Osvath, P. Roos, S.A. Yim, Marine anthropogenic radiotracers in the Southern Hemisphere: New sampling and analytical strategies, *Progress In Oceanography* (in press)
- (31) S. Nagao, H. Kodama, T. Aramaki, N. Fujitake, M. Uchida, Y. Shibata, Carbon isotopic composition of

- dissolved humi and fulvic acids in the Tokachi River system. *Radiation Protection Dosimetry* (in press)
- (32) S. Nagao, T. Irino, T. Aramaki, K. Ikehara, H. Katayama, S. Ootosaka, M. Uchida, Y. Shibata, Spatial distribution of  $\Delta^{14}\text{C}$  values of organic matter in surface sediments off Saru River in northern Japan, one year after a flood event in 2006. *Radiocarbon*, 52, 1068-1077 (2010)
- (33) Ochiai, S., Kashiwaya, K.: Measurement of suspended sediment for model experiments using general-purpose optical sensors, *Catena*, 83, 1-6 (2010)
- (34) S. Shigematsu, M. Fukushima, S. Nagao, Oxidative degradation of 2,6-dibromophenol using an anion-exchange resin supported supramolecular catalysts of iron(III)-5,10,15,20-tetrakis (p-hydroxyphenyl) porphyrin bound to humic acid prepared via formaldehyde and urea-formaldehyde polycondensation. *Journal of Environmental Science and Health, Part A: Toxic/Hazardous Substances and Environmental Engineering* 45, 1536-1542 (2010)
- (35) K. Tsuda, H. Mori, D. Asakawa, Y. Yanagi, H. Kodama, S. Nagao, K. Yonebayashi, N. Fujitake, Characterization and grouping of aquatic fulvic acids isolated from clear-water rivers and lakes in Japan. *Water Research*, 44, 3837-3846 (2010)
- (36) M. Aoyama, M. Fukasawa, K. Hirose, Y. Hamajima, T. Kawano, P.P. Povinec and J.A. Sanchez-Cabeza, Cross equator transport of  $^{137}\text{Cs}$  from North Pacific Ocean to South Pacific Ocean (BEAGLE2003 cruises), *Progress In Oceanography* (in press)
- (37) (2) T. Aramaki, S. Nagao, Y. Nakamura, M. Uchida, Y. shibata, The effects of rainfall on carbon isotopes of POC in the Teshio River, northern Japan. *Radiocarbon*, 52, 808-814 (2010)
- (38) (3) M. Fukushima, S. Shigematsu, S. Nagao, Degradation of pentachlorophenol in a contaminated soil suspension using hybrid catalysts prepared via urea-formaldehyde polycondensation between tetrakis(hydroxyphenyl)porphineiron (III) and humic acid. *Environmental Chemistry Letters* (in press)
- (39) (4) M. Fukushima, Y. Ishida, S. Shigematsu, H. Kuramitz, S. Nagao, Pattern of oxidation products derived from tetrabromobisphenol A in a catalytic system comprised of iron (III)-tetrakis (p-sulfophenyl) porphyrin,  $\text{KHSO}_5$  and humic acids. *Chemosphere* 80, 860-865 (2010)
- (40) (5) Kashiwaya, K., Ochiai, S., Sumino, G., Tsukamoto, T., Szyniszewska, A., Yamamoto, M., Sakaguchi, A., Hasebe, N., Sakai, H., Watanabe, T., Kawai, T.: Climato-hydrological fluctuations printed in long lacustrine records in Lake Hövsgöl, Mongolia, *Quaternary International*, 219, 178-187 (2010)
- (41) (6) I. Levy, P.P. Povinec, M. Aoyama, K. Hirose, J.A. Sanchez-Cabeza, J.-F. Comanducci, J. Gastaud, M. Eriksson, Y. Hamajima, C.S. Kim, K. Komura, I. Osvath, P. Roos, S.A. Yim, Marine anthropogenic radiotracers in the Southern Hemisphere: New sampling and analytical strategies, *Progress In Oceanography* (in press)
- (42) (7) S. Nagao, H. Kodama, T. Aramaki, N. Fujitake, M. Uchida, Y. Shibata, Carbon isotopic composition of dissolved humi and fulvic acids in the Tokachi River system. *Radiation Protection Dosimetry* (in press)
- (43) (8) S. Nagao, T. Irino, T. Aramaki, K. Ikehara, H. Katayama, S. Ootosaka, M. Uchida, Y. Shibata, Spatial distribution of  $\Delta^{14}\text{C}$  values of organic matter in surface sediments off Saru River in northern Japan, one year after a flood event in 2006. *Radiocarbon*, 52, 1068-1077 (2010)
- (44) (9) Ochiai, S., Kashiwaya, K.: Measurement of suspended sediment for model experiments using general-purpose optical sensors, *Catena*, 83, 1-6 (2010)
- (45) (10) S. Shigematsu, M. Fukushima, S. Nagao, Oxidative degradation of 2,6-dibromophenol using an

anion-exchange resin supported supramolecular catalysts of iron(III)-5,10,15,20-tetrakis (p-hydroxyphenyl) porphyrin bound to humic acid prepared via formaldehyde and urea-formaldehyde polycondensation. *Journal of Environmental Science and Health, Part A: Toxic/Hazardous Substances and Environmental Engineering* 45, 1536-1542 (2010)

- (46) (11) K. Tsuda, H. Mori, D. Asakawa, Y. Yanagi, H. Kodama, S. Nagao, K. Yonebayashi, N. Fujitake, Characterization and grouping of aquatic fulvic acids isolated from clear-water rivers and lakes in Japan. *Water Research*, 44, 3837-3846 (2010)

## 2 総説・資料・報告書

- (1) 福士圭介、鉄-ベントナイト相互作用のナチュラルアナログ研究、放射性廃棄物重要基礎技術研究調査報告書、財団法人原子力環境整備促進・資金管理センター、2010
- (2) 長尾誠也：河川水の DOM の特徴と生元素の運搬機構 日本土壌肥科学会編 溶存有機物の動態と機能—土壌—河川—海を結んで—。pp.119-144 博友社 (2011).
- (3) 玉村修司、渡部芳夫、長尾誠也、渡部芳夫、Loading Capacity (LC)法を主とした地下水中の様存有機物と放射性核種との錯形成能評価. *原子力バックエンド研究*、17, pp31-53 (2010)

## 3 著書

- (1) 福士圭介、おおきな人のための「ごろん ごろん ねんどマン」、福音館書店。ちいさなかがくのとも（おりこみふろく）, 2011年1月号, pp 2-3, (2011)

## 4 学術発表

- (1) Kenji Kashiwaya, An elementary process model of erosion-sedimentation in lake-catchment systems, The 7th East Asia International Workshop: Present Earth Surface Processes and Long-term Environmental Changes in East Asia (招待講演), Korea Jeju, 2010.10.6-10
- (2) K. Kashiwaya, Climato-hydrogeomorphological fluctuations printed in lacustrine records in Lake Hövsgöl, Mongolia, The 8th international symposium on Environmental Processes of East Eurasia: Asian monsoon changes and interplay of high and low latitude climates (招待講演), China Kunming, 2010.11.7-9
- (3) 長谷部徳子, 地表プロセスと環境変動を測る時間軸の設定, ユーラシア東部/環日本海域・国際環境セミナー「東アジアにおける地表プロセスと環境」金沢, 2010.1.19
- (4) 伊藤一充・長谷部徳子・柏谷健二・荒井章司・鴈澤好博, モンゴル・フブスグル湖細粒湖沼堆積物のルミネッセンス年代測定, 2009年度ルミネッセンス年代測定研究会, 函館, 2010.3.5-6
- (5) 稲垣亜矢子・伊藤一充・遠藤徳孝・長谷部徳子・柏谷健二, 湖沼堆積物の TLCI 解析と古環境変動との関連性についての検証, 2009年度ルミネッセンス年代測定研究会, 函館, 2010.3.5-6
- (6) 長谷部徳子, モンゴル・ダラハド盆地掘削報告, BICER 協議会, 金沢, 2010.6.19
- (7) Sherif Mansour, N. Hasebe, F. I. Khalaf, M. K. El-Shafei3 S. Arai, A. Tamoura & Y. M. Sultan, Cratonization and Development of the Arabian-Nubian Shield, West-central Sinai, Egypt; Constrains from Zircon U-Pb and Apatite Fission Track Thermochronologies, 12th International Conference on Thermochronology, Glasgow, 2010.8.15-20
- (8) Shinnosuke Ohishi & N. Hasebe, Observation of fission-tracks in zircon by Atomic Force Microscope, 12th International Conference on Thermochronology, Glasgow, 2010.8.15-20

- (9) Hiroshi Yamada, N. Hasebe, K. Fukushi, A. Hasebe & S. Arai, Approaches to estimate alteration age and temperature of bentonite, 12th International Conference on Thermochronology, Glasgow, 2010.8.15-20
- (10) Noriko Hasebe, S. Ohishi & A. T. Hasebe, New techniques in fission track dating: LA-ICP-MS and AFM, 12th International Conference on Thermochronology, Glasgow, 2010.8.15-20
- (11) Noriko Hasebe, Kenji Kashiwaya, and HDP members, K-Ar dating of basement basalt from HDP09, The 7th East Asia International Workshop: Present Earth Surface Processes and Long-term Environmental Changes in East Asia, Korea Jeju, 2010.10.6-10
- (12) Ayako Inagaki, Noriko Hasebe, Kazumi Ito, Noritaka Endo and Kenji Kashiwaya, TLCI analysis on sediment of Lake Hovsgol, The 7th East Asia International Workshop: Present Earth Surface Processes and Long-term Environmental Changes in East Asia, Korea Jeju, 2010.10.6-10
- (13) S. Ohishi & N. Hasebe, Observation of fission-tracks in zircon by Atomic Force Microscope, The 7th East Asia International Workshop: Present Earth Surface Processes and Long-term Environmental Changes in East Asia, Korea Jeju, 2010.10.6-10
- (14) H. Yamada, N. Hasebe, K. Fukushi, A. Hasebe & S. Arai, Approaches to estimate alteration age and temperature of bentonite, The 7th East Asia International Workshop: Present Earth Surface Processes and Long-term Environmental Changes in East Asia, Korea Jeju, 2010.10.6-10
- (15) Kazumi Ito, Noriko Hasebe, Kenji Kashiwaya, Toshio Nakamura, Yoshihiro Ganzawa, Luminescence dating of bottom sediments from Lake Hovsgol, Mongolia (HDP-08), The 8th international symposium on Environmental Processes of East Eurasia: Asian monsoon changes and interplay of high and low latitude climates, China Kunming, 2010.11.7-9
- (16) Ayako Inagaki, Noriko Hasebe, Kazumi Ito, Noritaka Endo and Kenji Kashiwaya, TLCI analysis on sediment of Lake Hovsgol, The 8th international symposium on Environmental Processes of East Eurasia: Asian monsoon changes and interplay of high and low latitude climates, China Kunming, 2010.11.7-9
- (17) 山田浩史・長谷部徳子・福士圭介・荒井章司, ベントナイトへのフィッシュントラック法の適用 - 変質年代と温度決定の試み - 第35回フィッシュントラック研究会, 京都, 2010.1.7-7
- (18) 林清記・長谷部徳子・田村明弘・水上知行, 歯の化石のフィッシュントラック年代測定の試み, 第35回フィッシュントラック研究会, 京都, 2011.1.7-7
- (19) 長谷部徳子・荒井章司・田村明弘, LA-ICP-MS FT 年代式その2 : と較正法への対応, 第35回フィッシュントラック研究会, 京都, 2011.1.7-7
- (20) 末岡茂・Barry P. Kohn・田上高広・長谷部徳子・堤浩之・田村明弘・荒井章司・狩野謙一・池田安隆・白濱吉起, 低温領域の熱年代学から見た木曾山脈・赤石山脈の傾動隆起, 第35回フィッシュントラック研究会, 京都, 2011.1.7-7
- (21) 大石新之介・長谷部徳子, AFMを使用したジルコンの年代測定方法, 第35回フィッシュントラック研究会, 京都, 2011.1.7-7
- (22) 川村泰士・長谷部徳子・安藤寿男・長谷川 精・長谷川 卓・太田 亨・山本正伸・Niiden Ichinnorov, フィッシュントラック法によるモンゴル中部堆積物の堆積年代の推定, 第35回フィッシュントラック研究会, 京都, 2011.1.7-7
- (23) 中野靖幸・長谷部徳子・伊藤一充・荒井章司・東野外志男, 白山火山噴出物の熱ルミネッセンス年代測定, 2010年度ルミネッセンス年代測定研究会, 横浜, 2011.3.2-4
- (24) 稲垣亜矢子・長谷部徳子・遠藤徳孝・柏谷健二・福士圭介, モンゴル・フブスグル湖堆積物の熱

ルミネセンスカラー画像と古環境変動, 2010 年度ルミネセンス年代測定研究会, 横浜, 2011. 3. 2-4

- (25) 伊藤一充・長谷部徳子・柏谷健二・中村俊夫, 鷹澤好博, モンゴル・フブスグル湖細粒堆積物のルミネセンス年代測定, 2010 年度ルミネセンス年代測定研究会, 横浜, 2011. 3. 2-4
- (26) 岡道隆・木戸良介・高松裕美・福士圭介・汲田幹夫・川西琢也, シュベルトマナイトによるヒ素吸着に及ぼす腐植物質の影響, 化学工学会第42回秋季大会, 同志社大学, 9月6-8日
- (27) 矢部太章・福士圭介・伊藤弘志, 水溶液中における酸化マグネシウムの相変化挙動, 第54回粘土科学討論会, 名古屋大学, 9月6-8日
- (28) 長谷川優介・杉浦朋典・福士圭介・森下知晃・大橋竜太郎, 鉄を含む溶液によるベントナイト変質, 第54回粘土科学討論会, 名古屋大学, 9月6-8日
- (29) 山田浩史・長谷部徳子・福士圭介・田村明弘, ベントナイトの変質年代決定の試み, 第54回粘土科学討論会, 名古屋大学, 9月6-8日
- (30) 青山和樹・福士圭介, Extended Triple Layer Modelによるフェリハイドライトへの硫酸吸着挙動の解析, 日本地球化学会第57回年会, 立正大学(埼玉), 9月7-9日
- (31) 福士圭介, 先進的表面錯体モデリングによる酸化物への陰イオン吸着挙動の予測(地球化学会奨励賞受賞講演), 日本地球化学会第57回年会, 立正大学(埼玉), 9月7-9日
- (32) 八木新大朗・福士圭介, モノヒドロカルサイトによるリン酸の取り込み, 日本鉱物科学会2010年年会, 島根大学, 9月23-25日
- (33) 青山和樹・福士圭介, ATR-FTIRによるフェリハイドライト表面における硫酸吸着反応のその場観察, 日本鉱物科学会2010年年会, 島根大学, 9月23-25日
- (34) 福士圭介・Dimitri A. Sverjensky, 酸化物へのモリブデン酸吸着の表面錯体モデリング, 日本鉱物科学会2010年年会, 島根大学, 9月23-25日
- (35) 水野崇・福士圭介・Abdelgawad M. bdelrahman・竹内真司・渡辺邦夫, 瑞浪超深地層研究所における地球化学的研究-地下施設建設が周辺環境へ与える影響の把握-, 地球惑星科学連合2010年大会, 千葉幕張メッセ, 5月23日
- (36) Kanematsu M., Young TM, Fukushi K., Green PG, Darby JL, Prediction of arsenate and phosphate adsorption on goethite-based granular porous adsorbent using the extended triiple layer model (ETLM), 239th ACS National meeting, San Francisco, 3月21-25日
- (37) Kanematsu M., Young TM, Fukushi K., Green PG, Darby JL, Effects of carbonate on adsorption and mobility of arsenate near the maximum contaminated level (MCL) on a goethite-based porous adsorbent, 239th ACS National meeting, San Francisco, 3月21-25日
- (38) Aoyama K. and Fukushi K., Surface Speciation of Sulfate at Mineral-Water Interfaces, Goldschmidt2010, Knoxville, USA, 6月13-18日
- (39) Fukushi K., Nagata T. and Takahashi Y., Prediction of Iodine (I<sup>-</sup> and IO<sub>3</sub><sup>-</sup>) Adsorption and Surface Speciation on Oxides by Surface Complexation Modeling, Goldschmidt2010, Knoxville, USA, 6月13-18日
- (40) Munemoto T. and Fukushi K., Formation and Stability of Monohydrocalcite, Goldschmidt2010, Knoxville, USA, 6月13-18日
- (41) Sato T., Fukushi K., Ito K., Takada M. and Yoneda T., Utilization of schwertmannite for sustainable remediation of contaminated land and water, IMA2010, Budapest, Hungary, 8月21-27日

- (42) Aoyama K. and Fukushi K., In situ ATR-FTIR observation of sulfate on ferrihydrite, Present Earth Surface Processes and Historical Environmental Changes in East Asia, Jeju, Korea, 10月6-10日
- (43) Fukushi K., Sakai M. and Munenoto T., Arsenate removal by monohydrocalcite, Present Earth Surface Processes and Historical Environmental Changes in East Asia, Jeju, Korea, 10月6-10日
- (44) Fukushi K., Fuchizaki M., Hasebe N. and Kashiwaya K., Mineralogy of long drill core from Darhad Basin in Northern Mongolia, The 8th international symposium on Environmental Processes of East Eurasia, Kunming, China, 11月6-13日
- (45) Fukushi K. and Yagi S., Phosphate removal by monohydrocalcite, (招待講演) NIMS International Workshop on Photocatalysis and Environmental Remediation Materials 2011, つくば, 1月27-28日
- (46) 青山道夫、中野英之、本井達夫、津旨大輔、浜島靖典、深澤理郎、河野健、村田昌彦、内田裕、熊本雄一郎: 太平洋における  $^{137}\text{Cs}$  の3次元分布とモデル計算結果との比較. 環境放射能研究会、つくば (2011/3/8-10)
- (47) M. Aoyama, M. Fukasawa, Y. Hamajima, K. Hirose, T. Kawano, H. Nakano, P.P. Povinec, J.A. Sanchez-Cabeza, D. Tsumune: Inter and intra basin scale transport of  $^{137}\text{Cs}$  in the Pacific Ocean. IAEA International Symposium on Isotopes in Hydrology, Marine Ecosystems, and Climate Change Studies, Monaco (2011/3/27-4/1)
- (48) M. Ebihara, S. Sekimoto, Y. Hamajima M. Yamamoto, K. Kumagai, Y. Oura, N. Shirai, H. T. R. Ireland, F. Kitajima, K. Nagao, T. Nakamura, H. Naraoka, T. Noguchi, R. Okazaki, A. Tsuchiyama, M. Uesugi, H. Yurimoto, M. Zolensky, M. Abe, A. Fujimura, T. Mukai, and T. Yada: Neutron activation analysis of single grains recovered by the Hayabusa spacecraft. 月惑星科学会議, Houston (2011/3)
- (49) 浜島靖典: 薄い逆同時計数用プラスチックシンチレータによる Ge 検出器の宇宙線成分の除去. 第54回放射化学討論会、大阪 (2010/9)
- (50) Y. Hamajima, Reduction of cosmic ray components on Ge detector utilizing thin plastic scintillators and wavelength shifting fibers for anticoincidence, Environmental Radioactivity –New Frontiers and Developments-, Rome (2010/10/25-27)
- (51) M. Inoue, K. Yoshida, M. Minakawa, H. Kofuji, S. Nagao, Y. Hamajima, A. Shiomoto and M. Yamamoto: Spatial distributions of  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{228}\text{Ra}$ ,  $^{228}\text{Th}$ , and  $^{137}\text{Cs}$  in the southwestern area of the Sea of Okhotsk. Environmental Radioactivity –New Frontiers and Developments-, Rome (2010/10/25-27)
- (52) 入野智久、池原研、長尾誠也: 北海道沙流川における河川水中懸濁粒子と河口域海底堆積物の主要元素組成. 2010年度日本地球化学会年会、立正大学 (2010.9)
- (53) 木下哲一、森田祐一郎、横山明彦、浜島靖典、榎本和義、八島 浩、関本 俊、廣瀬健太郎、大槻 勤、高橋成人、Michael Paul: p 核 Sm-146 元素合成における核反応. 第54回放射化学討論会、大阪 (2010/9)
- (54) H. Kofuji, M. Inoue, K. Yokota, H. Maeda: Sedimentation rates in Kagoshima Bay, Southwestern Japan, using  $^{210}\text{Pb}$  method. Environmental Radioactivity –New Frontiers and Developments-, Rome (2010/10/25-27)
- (55) S. Nagao, N. Fujitake, S. Tamamura. T. Tanaka, Y. Nakaguchi, R. R. Rao: Size selective complexation for Am with groundwater humic and fulvic acids. The 6<sup>th</sup> International Conference on Interface Against Pollution, Beijing, (2010/5/16-19)
- (56) S. Nagao, H. Kodama, T. Aramaki, N. Fujitake, M. Uchida, Y. Shibata:  $\Delta^{14}\text{C}$  values of dissolved humic and

fulvic acids in the Tokachi River system. The Third Asian and Oceanic Congress on Radiation and Protection. Chiba, (2010/5/24-28)

- (57) 長尾誠也、藤嶽暢英、田中孝幸、荒巻能史、児玉宏樹、山本政儀、内田昌男、柴田康行：放射性炭素を用いた十勝川水系における様存有機物の移行挙動研究。第 54 回放射化学討論会、大阪 (2010.9)
- (58) S. Nagao, N. Fuhitake, T. Tanaka, T. Aramaki, H. Kodama, M. Yamamoto, M. Uchida, Y. Shibata: Transport of dissolved organic matter in the Tokachi River system. The 7<sup>th</sup> East Asia International Workshop Present Earth Surface Processes and Long-term Environmental Changes in East Asia. Jeju, Korea (2010/10/6-10)
- (59) S. Nagao; Outline of Noto Peninsula Sciences Project. The 4<sup>th</sup> International Symposium on Environment of Rim of the Japan/East Sea. Jeju, Korea (2010/10/18-20)
- (60) 長尾誠也：環境半島学における能登半島：コアサイトとしての重要性 第 2 回能登総合シンポジウム、珠洲市商工会議所 (2011/1/21-22)
- (61) 長尾誠也：環境半島学の展開 総合地球環境学研究所連携 F S 研究シンポジウム「半島の現状と未来」、総合地球環境学研究所、京都 (2011/2/28)
- (62) R. Nomura, K. Nakamura, K. Seto, M. Inoue and H. Kofuji: Opening of the closed water area and the change of  $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$  ratios in brackish Lake Nakaumi, southwest Japan. Environmental Radioactivity –New Frontiers and Developments-, Rome (2010/10/25-27)
- (63) 西村周作、柴田英昭、長尾誠也：サロベツ原野の地下水における有機物の特徴。第 26 回日本腐植物質学会講演会、つくば (2010. 11)
- (64) Ochiai, S., Lin, J., Huang, J., Kao, S., Kashiwaya, K.: Climato-hydrological changes and dam construction impact inferred from sediments of Sun Moon Lake, Taiwan. European Geosciences Union General Assembly 2010, Vienna, Austria (2010/5)
- (65) Ochiai, S., Lin, J., Huang, J., Kao, S., Kashiwaya, K.: Climato-hydrological changes and artificial construction impact inferred from sediments of Sun Moon Lake, Taiwan. Present Earth Surface Processes and Long-term Environmental Changes in East Asia, Jeju, Korea (2010/10)
- (66) Ochiai, S., Nagao, S., Yonebayashi, K., Fukuyama, T., Yamamoto, M., Nakamura, K., Kashiwaya, K.: Transport processes of particulate organic matter in small reservoir-catchment systems in Noto peninsula, Japan. Present Earth Surface Processes and Long-term Environmental Changes in East Asia, Jeju, Korea (2010/10)
- (67) Ochiai, S., Nagao, S., Yonebayashi, K., Fukuyama, T., Yamamoto, M., Nakamura, K., Kashiwaya, K.: Environmental changes inferred from small reservoir sediments in Noto Peninsula. The 4<sup>th</sup> International Symposium on Environment of Rim of the Japan/East Sea, Jeju, Korea (2010/10)
- (68) 大西健夫、楊宗興、柴田英昭、長尾誠也：アムール川における鉄生成・輸送モデリングー1990 年代後半の急激な増加解明に向けてー。地球惑星合同大会、幕張 (2010.5)
- (69) 大西健夫、楊宗興、柴田英昭、長尾誠也：アムール川における鉄輸送モデルー形容モデルとのカップリングへ向けて。地球惑星合同大会、幕張 (2010.5)
- (70) 大西健夫、楊宗興、柴田英昭、長尾誠也：アムール川流域における土地利用の変化が溶存鉄生成量に及ぼしうる影響の評価。地球惑星合同大会、幕張 (2010.5)
- (71) 柴田英昭、上田宏、N.Ileva、長尾誠也、中村洋平、門谷茂、柴沼成一郎：Changes of river water quality

- under the land-use changes in Teshio River watershed, northern Japan. 地球惑星合同大会、幕張 (2010.5)
- (72) 粗康輝、渡邊剛、坂本竜彦、長尾誠也：石垣島に生息するハマサンゴ骨格の発光バンドと腐植物質の関係 日本サンゴ礁学会第13回大会 (2010/12/2-5)
- (73) K. Yoshida, M. Inoue, Y. Kiyomoto, M. Minakawa, H. Kofuji, S. Nagao, Y. Hamajima, and M. Yamamoto: Seasonal variations and vertical distribution of  $^{228}\text{Ra}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ , and  $^{228}\text{Th}$  activities in surface water on the east side of the East China Sea and their implications. Environmental Radioactivity –New Frontiers and Developments-, Rome (2010/10/25-27)
- (74) 吉田圭佑、井上睦夫、清本容子、小藤久毅、長尾誠也、浜島靖典、山本政儀：東シナ海東部における表層海水の  $^{228}\text{Ra}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{228}\text{Th}$  濃度の季節変動およびそれらがもたらす知見. 第54回放射化学討論会、大阪 (2010/9)

## 5 研究交流

- 共同研究
  - (1) 柏谷健二、山本政儀、長尾誠也、長谷部徳子、福士圭介、モンゴル・フブスグル湖・ダルハド盆地掘削；モンゴル・地質資源研究所、ロシア地球化学研究所、韓国・韓国地質資源研究院
  - (2) 柏谷健二、山本政儀、長谷部徳子、福士圭介、中国東北部豆満江流域の環境変動に関する共同調査・解析；中国・延辺大学
  - (3) 柏谷健二、山本政儀、長谷部徳子、福士圭介、韓国中央部の地表環境の共同調査・解析；韓国・韓国地質資源研究院
  - (4) 柏谷健二、山本政儀、長谷部徳子、福士圭介、台湾日月潭流域の環境に関する共同調査・解析；台湾・国立台湾大学
  - (5) 福士圭介、(独)日本原子力研究開発機構先行基礎工学研究(共同研究) 坑道内水質モニタリング装置を用いた原位置固液分配係数の測定
  - (6) 福士圭介、株式会社摩郷(共同研究)「モノハイドロカルサイトと珪藻土等との配合に関する研究」
  - (7) 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
  - (8) 山本 政儀、広島原爆“黒い雨”にともなう放射性降下物に関する研究広島“黒い雨”放射能研究会、2009-現在
  - (9) 長尾誠也、北海道沿岸河口域における物質動態に関する検討、北海道大学低温科学研究所、一般共同研究、2009-現在
  - (10) 長尾誠也、C-14 をトレーサーとし河川水中粒子態有機物の起源推定研究、日本原子力研究開発機構、施設利用共同研究、2006-現在
  - (11) 長尾誠也、地下水中有機コロイドの特徴と核種移行に及ぼす影響評価、日本原子力研究開発機構、地層処分の実力を示すネットワーク、原子力重点連携研究、2009-現在
  - (12) 長尾誠也、地下及び地表環境での C-14 の移行動態とモデル解析、日本原子力研究開発機構、地層処分の実力を示すネットワーク、原子力重点連携研究、2009-現在
  - (13) 浜島靖典、放射性同位元素分析によるズワイガニの年齢評価、若狭湾エネルギーセンター、2007-現在
  - (14) 井上睦夫、近年の海面水位上昇が及ぼす沿岸水の滞留時間の長期化問題と生態系への影響、島根大学、共同研究、2009-現在

- 海外渡航

- (1) 柏谷健二、モンゴル・ダルハド盆地掘削国際共同研究、2010.3.29-4.7
- (2) 柏谷健二、モンゴル・フブスグル、コア切断、2010.9.6-10
- (3) 柏谷健二、韓国・済州島、国際会議出席、2010.10.6-10
- (4) 柏谷健二、中国・昆明、国際会議出席、2010.11.6-14
- (5) 柏谷健二、中国・南京地理湖沼研究所、日中韓プロジェクトリーダー会議、2011.3.29-4.1
- (6) 長谷部徳子、モンゴル・ダルハド盆地掘削国際共同研究、2010.3.29-4.12
- (7) 長谷部徳子、モンゴル・ダルハド盆地掘削国際共同研究、2010.5.31-6.4
- (8) 長谷部徳子、台湾、特別講義、2010.6.8-18
- (9) 長谷部徳子、英国・グラスゴー、国際会議出席、2010.8.13-25
- (10) 長谷部徳子、モンゴル・ダルハド盆地掘削国際共同研究、2010.9.8-22
- (11) 長谷部徳子、韓国・済州島、国際会議出席、2010.10.6-10
- (12) 長谷部徳子、中国・昆明、国際会議出席、2010.11.6-14
- (13) 長谷部徳子、アメリカ・ハワイ 野外巡検 2、2010.11.19-25
- (14) 福士圭介、モンゴル・ダルハド盆地、海外学術調査、2010.4.5-18
- (15) 福士圭介、アメリカ合衆国・ボルチモア・ジョーンズホプキンス大学、組織的な若手研究者海外派遣プログラムによる在外研究、2010.6.9-8.10
- (16) 福士圭介、韓国・済州島、国際会議参加、2010.10.6-10
- (17) 福士圭介、中国・昆明、国際会議参加、2010.11.6-14
- (18) 福士圭介、フランス・オルレアン・BRGM、組織的な若手研究者海外派遣プログラムによる在外研究、2011.2.24-4.26
- (19) 山本政儀、旧ソ連核実験場周辺住民の被曝線量評価」の土壌試料収集・The IV International Conference on "Medical and biological and radio-ecological problems on uranium- and oil-producing regions"、カザフスタン共和国 (2010.9.19-29)
- (20) 長尾誠也、IAP2010 (第 6 回環境汚染におけるコロイド界面現象と界面科学の取り組み国際会議、中国 (2010.5.16-20)
- (21) 長尾誠也、第 15 回国際腐植物質学会国際会議、スペイン (2010.6.27-7.3)
- (22) 長尾誠也、The 7th East Asia International Workshop Present Earth Surface Processes and Long-term Environmental Changes in East Asia、韓国 (2010.10.6-10)
- (23) 長尾誠也、The 4th International Symposium on Environment of Rim of the Japan/East Sea、韓国 (2010.10.17-20)
- (24) 井上睦夫、Environmental Radioactivity –New Frontiers and Developments-、ローマ・イタリア (2010.10)
- (25) 浜島靖典、Environmental Radioactivity –New Frontiers and Developments-、ローマ・イタリア (2010.10)

- 訪問外国人研究者

- (1) 林俊全、国立台湾大学、教授、共同研究・講演会、2010.11.30-12.3
- (2) Sergey Krivonogov、ロシア科学アカデミーシベリア支部地質鉱物学研究所、共同研究・講演会、

2011.12-14

- (3) 金周龍、韓国地質資源研究院、主席研究員、共同研究・講演会、2011.1.17-21
- (4) 梁東潤、韓国地質資源研究院、グループリーダー、共同研究・講演会、2011.3.16-18

- 非常勤講師

- (1) 柏谷健二、三重大学
- (2) 長谷部徳子、台湾中正大学、招待講演「Application LA-ICP-MS on fission track dating and trace element measurement」2010.6.10-15
- (3) 長尾誠也：神戸大学人間科学部 「集中講義」 (2010/9)

## 6 各種活動

- 学会活動

- (1) 柏谷健二：日本地形学連合委員，1981－現在、日本地形学連合渉外主幹，2007－現在、国際ワークショップ「現代の環境プロセスと歴史的環境変動」共同議長，2004－現在、日本 BICER 協議会会長，2009－現在、International Symposium on Terrestrial Environmental Changes in East Eurasia and Adjacent Areas 共同議長，2003-現在、日本学術会議地球惑星科学委員会 IAG 小委員会委員長，2006－現在、連携会員、2009-現在、柏谷健二、国際地形学会日本代表，2008－現在
- (2) 長谷部徳子：「火山」編集委員
- (3) 福士圭介：日本粘土学会若手の会代表，(2008－)、日本粘土学会評議委員(2010-)
- (4) 山本政儀：日本温泉科学会編集委員
- (5) 長尾誠也：日本原子力学会編集委員、日本放射化学会編集委員、日本腐植物質学会編集委員・評議委員・会長 (2011/1～)、日本地球惑星連合 2010 年大会「水循環・水環境」コンビーナー、日本放射化学会「環境放射能・放射線夏の学校」の開催(2010/8/1-3、金沢)
- (6) 浜島靖典：日本放射化学会ニュース編集委員

- 社会活動

- (1) 福士圭介：(独)物質・材料研究機構光触媒センターリサーチアドバイザー，2007-、(財)原子力安全研究協会「人工バリアの設計・製作に関する技術課題検討専門委員会ワーキンググループ」委員，2007-、(独)産業技術総合研究所地質調査総合センター協力研究員、2008-、金沢子ども科学財団児童・生徒科学研究作品展、審査員、2008 年、2010 年
- (2) 山本政儀：原子力安全委員会核燃料安全専門審査会審査委員、国連科学委員会 UNSCEAR 国内対応委員環境科学技術研究所委員会委員、福井県原子力安全専門委員会委員、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、石川県原子力環境安全管理協議会委員、石川県放射線測定試技術委員会委員
- (3) 長尾誠也：小松高校 SSH 運営委員・評価委員、日本原子力研究開発機構研究嘱託、総合地球環境学研究所客員教授、総合地球環境学研究所 F S 研究シンポジウム「半島の現状と未来」の開催 京都 総合地球環境学研究所 (2011/2/28)

## 7 その他

- 招待講演および特別講演，依頼講演

- (1) 長尾誠也 「縁辺海域における陸起源有機物の移行動態と堆積過程」第30回石橋雅義先生記念講演会 京大 (2010/4/28)
- (2) 長尾誠也：石川県立大 「集中講義」 (2010/8)
- (3) 長尾誠也：神戸大学人間科学部 「集中講義」 (2010/9)
- (4) 長尾誠也 「七尾西湾、熊木川、里山の研究から分かること」 金沢大学タウンミーティング in 七尾、七尾市サンビーム日和ヶ丘、(2011/3/5)

## エコテクノロジー研究部門

### 1 学術論文

- (1) Crumeyrolle, S., Tulet, P., Gomes, L., Garcia-Carreras, L., Flamant, C., Parker, D. J., Matsuki, A., Formenti, P. and A. Schwarzenboeck, 2010, Transport of dust particles from the Bodélé region to the monsoon layer - AMMA case study of the 9-14 June 2006 period. *Atmospheric Chemistry and Physics*, **11**, 479-494.
- (2) Katakura, Y., Sano, R., Hashimoto, T., Ninomiya, K. and Shioya, S., 2010, Lactic acid bacteria display on the cell surface cytosolic proteins that recognize yeast mannan. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, **86**, 319-326.
- (3) Kimura, S. and Kamen, K., 2010, e-Learning of phase change processes. *Information Tech. and Control*, **8**, 12-18.
- (4) Kobayashi, F., Kodaniguchi, K., Kakikawa, M., Maki, T., Yamada, M., Tobo, Y., Hong, C.-S., Matsuki, A. and Iwasaka, Y., 2010, Direct samplings and identifications of KOSA bioaerosols over deposit region and the research of effect on a plant ecosystem. *Earozoru Kenkyu*, **25**, in press.
- (5) Komatsu, N., Kiwata, T. and Kimura, S., 2010, Thermodynamic properties of an evaporation process in self-gravitating N-body systems. *Phys. Rev. E*, **82**, 021118, 1-9.
- (6) Maki, T., Aoki, K., Susuki, S., Kobayashi, F., Kakikawa, M., Tobo, Y., Matsuki, A., Hasegawa, H. and Iwasaka, Y., 2010, PCR-DGGE analysis of Asian dust (KOSA) bioaerosol recorded in snow cover at Mount Tateyama, Central Japan. *Journal of Ecotechnology Research*, in press.
- (7) Maki, T., Kobayashi, F., Kakikawa, M., Susuki, S., Tobo, Y., Yamada, M., Matsuki, A., Hong, C.-S., Hasegawa, H. and Iwasaka, Y., 2010, Phylogenetic analysis of halotolerant bacterial species in Kosa bioaerosols, Earozoru Kenkyu, 25, in press.
- (8) Maki, T., Susuki, S., Kobayashi, F., Kakikawa, M., Tobo, Y., Yamada, M., Higashi, T., Matsuki, A., Hong, C.-S., Hasegawa, H. and Iwasaka, Y., 2010, Phylogenetic analysis of atmospheric halotolerant bacterial communities at high altitude in an Asian dust (KOSA) arrival region, Suzu City. *Science of the Total Environment*, **408**, 4556-4562.
- (9) Matsuki, A., Quennehen, B., Schwarzenboeck, A., Crumeyrolle, S., Venzac, H., Laj, P. and Gomes, L., 2010, Temporal and vertical variations of aerosol physical and chemical properties over West Africa: AMMA aircraft campaign in summer 2006. *Atmospheric Chemistry and Physics*, **10**, 8437-8451.
- (10) Mohamad Mizanur Rahman, Ninomiya, K., Ogino, C. and Shimizu, N., 2010, Ultrasound-induced cell damage and membrane lipid peroxidation of Escherichia coli in the presence of non-woven TiO<sub>2</sub> fabrics. *Ultrason. Sonochem*, **17**, 738-743.

- (11) Moukamnerd, C., Kino-oka, M., Sugiyama, M., Kaneko, Y., Boonchird, C., Harashima, S., Noda, H., Ninomiya, K., Shioya, S. and Katakura, Y., 2010, Ethanol production from biomass by repetitive solid-state fed-batch fermentation with continuous recovery of ethanol. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, **88**, 87-94
- (12) Ogino, C., Shibata, N., Sasai, R., Takaki, K., Miyachi, Y., Kuroda, S., Ninomiya, K. and Shimizu, N., 2010, Construction of protein-modified TiO<sub>2</sub> nanoparticles for use with ultrasound irradiation in a novel cell injuring method. *Bioorg Med Chem Lett*, **20**, 5320-5325
- (13) Ohtaka, A., Narita, T., Kamiya, T., Katakura, H., Araki, Y., Im, Sokrithy, Rachna, Chhay, and Tsukawaki, S., 2010, Composition of aquatic invertebrates associated with macrophytes in Lake Tonle Sap, Cambodia. *Limnology*, DOI 10.1007/s10201-010-0330-4.
- (14) Reeves, C. E., Formenti, P., Afif, C., Ancellet, G., Attié, J.-L., Bechara, J., Borbon, A., Cairo, F., Coe, H., Crumeyrolle, S., Fierli, F., Flamant, C., Gomes, L., Hamburger, T., Jambert, C., Law, K. S., Mari, C., Jones, R. L., Matsuki, A., Mead, M. I., Methven, J., Mills, G. P., Minikin, A., Murphy, J. G., Nielsen, J. K., Oram, D. E., Parker, D. J., Richter, A., Schlager, H., Schwarzenboeck, A. and Thouret, V., 2010, Chemical and aerosol characterisation of the troposphere over West Africa during the monsoon period as part of AMMA. *Atmospheric Chemistry and Physics*, **10**, 7575-7601.
- (15) 齊藤雅之・木綿隆弘・杉沼淳子・倉谷知宏・小松信義・木村繁男, 2010, 円筒型給水タンクの入替性能に関する研究. 日本機械学会論文集 (B編), **77**, 689-701.
- (16) Shimizu, N., Ninomiya, K., Ogino, C. and Mohamad Mizanur Rahman, 2010, Potential uses of titanium dioxide in conjunction with ultrasound for improved bacterial disinfection, *Biochem. Eng. J.*, **48**, 416-423
- (17) Tobo, Y., Zhang, D., Matsuki, A. and Iwasaka, Y., 2010, Asian dust particles converted into aqueous droplets under remote marine atmospheric conditions. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, DOI:10.1073/pnas.1012277107.

## 2 総説・資料・報告書

- (1) Japan National Committee for CCOP (Kato, T., Tsukawaki, S., Wakita, K. *et al.*), 2010, *Member Country Report of Japan*, 47th Annual Session, Manado, Indonesia, 18th - 21st October 2010, CCOP-47AS/3-7, 22p
- (2) 松木 篤, 2010, 山岳サイトにおける大気化学・物理に関するシンポジウム報告, *Earozoru Kenkyu*, **25**, 369-376.
- (3) 仁宮一章・Mohamad Mizanur Rahman・清水 宣明・荻野 千秋, 2010, 二酸化チタン/超音波触媒法を応用した有害生物殺菌システム. *超音波テクノ*, **22**, 1-5.
- (4) Ninomiya, K., Soda, H., Satoh, K., Narumi, I. and Shimizu, N., 2011, FACS-based Screening of Yeast Strain Highly Expressing Cellulase. *JAEA Takasaki Annual Report 2009*, 78.
- (5) 仁宮一章・高橋憲司・清水 宣明, 2011, イオン液体と超音波を組み合わせたリグノセルロースの糖化前処理. *ケミカルエンジニアリング*, **56**, 19-23.
- (6) Tsukawaki, S., 2010, Results of research on the hydraulic environment in Angkor: presence of arsenic and alien fish. *19th Technical Committee, International Coordinating Committee for the Safeguarding and Development of the Historic Site of Angkor*, Sokka Hotel, Siem Reap, Cambodia, p.124 (English), 135-136 (French).

### 3 学術発表

- (1) Matsuki, A., Iwasaka, Y., Tobo, Y., Kobayashi, F., Maki, T., Kakikawa, M. and Hong, C.-S., Climatic and environmental study of atmospheric trace gases and aerosols in Noto peninsula: Establishing a new monitoring station and international collaborations. *International Symposium on Aerosol and Radiation Studies*, Zibo, China, April 2010.
- (2) Oyagi, H., Motomura, H., Tsukawaki, S. and All Members of Team ERDAC, Two current topics on the water environment in Angkor - arsenic and alien fishes -. *18th Technical Committee of International Co-ordinating Committee for the Safeguarding and Development of the Historic Site of Angkor*, Sokha Hotel, Siem Reap, Cambodia, June 2010.
- (3) Matsuki, A., Laj, P., Sellegri, K., Venzac, H., Boulon, J., Miura, K., Iwasaka, Y. and Dokiya, Y., Size distribution measurement of air ions at the summit of Mt. Fuji during 2009 summer campaign. *ACP symposium 2010 "Symposium on Atmospheric Chemistry and Physics at Mountain Sites"*, Interlaken, Switzerland, June 2010.
- (4) 小松信義・木綿隆弘・木村繁男, 蒸発過程を伴う自己重力N体系の熱力学的特性, 第59回理論応用力学講演会 NCTAM2010, 日本学術会議, 東京, 2010年6月.
- (5) 仁宮一章: 超音波, 固体触媒, イオン液体を組み合わせたリグノセルロースの糖化前処理. NPO 法人近畿バイオインダストリー振興会議バイオマス研究会第14回研究会, 神戸大学, 神戸, 2010年7月.
- (6) Kiwata, T., Hirai, M., Yamada, T., Kitamura, T., Komatsu, N. and Kimura, S., Rotational speed control of a variable-pitch vertical axis wind turbine by means of tail vanes. *Proceedings of RENEWABLE ENERGY 2010*, Yokohama, JAPAN, O-Wd-8-3, July 2010.
- (7) Komatsu, N., Kiwata, T. and Kimura, S., Dynamical evolutions and thermodynamic properties of an evaporation process in N-body systems with long-range attractive potentials. *2nd International Symposium on Structural Thermodynamics (ISST-2010)*, Osaka, JAPAN, August 2010.
- (8) 松木 篤・岩坂泰信・Schwarzenboeck, A.・Deboudt, K.・Gayet, J.-F.・Febvre, G.・Gourbeyre, G., 北極域対流圏における大気エアロゾルと雲残渣粒子の直接観測: POLARCAT 春季航空機観測から. 第27回エアロゾル科学・技術研究討論会, 名古屋大学, 名古屋, 2010年8月.
- (9) Komatsu, N., Kiwata, T. and Kimura, S., Thermodynamic properties of a nonequilibrium process in long-range attractive interacting systems. *International Symposium on Non-Equilibrium Soft Matter 2010*, Nara, Japan, August 2010.
- (10) 木綿隆弘・中田博精・古路裕子・中口彰人・木村繁男・小松信義, フェンス上部に設置したクロスフロー型風車の性能, 日本機械学会 2010年度年次大会, 名古屋工業大学, 名古屋, 2010年9月.
- (11) 木綿隆弘・臼沢太一・木村繁男・小松信義・Peter OSHKAI, 同軸円形噴流における三次元流れ構造の数値シミュレーション, 日本機械学会 2010年度年次大会, 名古屋工業大学, 名古屋, 2010年9月.
- (12) 小川順平・木村繁男・木綿隆弘・小松信義・中村浩二, 森林内における乱流統計量に及ぼす葉面積密度の影響, 日本流体力学会年会 2010, 北海道大学, 札幌, 2010年9月.
- (13) 小松信義・木綿隆弘・木村繁男, 自己重力開放系の非平衡過程と恒星ポリトロープの準平衡構造. 日本流体力学会年会 2010, 北海道大学, 札幌, 2009年9月.
- (14) 上田将誉・木村繁男・木綿隆弘・小松信義, 一方向凝固における固液界面成長の制御に関する研究,

日本冷凍空調学会 2010 年度年次大会, 金沢大学, 金沢, 2010 年 9 月.

- (15) 小松信義・木村繁男・木綿隆弘, 自己重力 N 体系のエネルギー・質量損失過程の熱力学的特性. 日本天文学会 2010 年秋季年会, 金沢大学, 金沢, 2010 年 9 月.
- (16) Matsuki, A., Tobo Y., Kobayashi, F., Maki, T., Kakikawa, M. and Iwasaka, Y., Intensive chemical and physical modification of Asian dust particles along their long-range transport JSPS - Kanazawa University, Asia and Africa Science Platform Program International Seminar “Environment and Health”, Kanazawa, Japan, September, 2010.
- (17) 仁宮一章・金田孝彦・荻野千秋・清水宣明: Cell SELEX 法によるヒト肝臓由来がん細胞に対する DNA アプタマーの選抜. 日本生物工学会第 62 回大会, 宮崎シーガイア, 宮崎, 2010 年 10 月.
- (18) Matsuki, A., Tobo, Y., Kobayashi, F., Teruya, M., Kakikawa, M. and Iwasaka, Y., Intensive chemical and physical modification of Asian dust particles along their long-range aerial transport. *The 7th East Asia International Workshop “Present Earth Surface Processes and Long-term Environmental Changes in East Asia”*, Jeju, Korea, October, 2010.
- (19) Matsuki, A., Tobo, Y., Kobayashi, F., Maki, T., Kakikawa, M. and Iwasaka, Y., Intensive chemical and physical modification of Asian dust particles along their long-range transport, *The 4th International Symposium on Environment of Rim of the Japan/East Sea*, Jeju, Korea, October, 2010.
- (20) 齋藤雅之・木綿隆弘・杉沼淳子・木村繁男・小松信義, 円筒形給水タンク内の流れの可視化, 日本機械学会第 88 期流体工学部門講演会, 山形大学, 米沢, 2010 年 10 月.
- (21) 高松裕美・仁宮一章・清水宣明: 二酸化チタン・超音波触媒法を用いたリグノセルロースの糖化前処理. 日本ソノケミストリー学会第 19 回討論会, 東京工業大学, 横浜, 2010 年 10 月.
- (22) 松木 篤・當房 豊・山田 丸・小林史尚・牧 輝也・柿川真紀子・岩坂泰信, 能登半島で観測された黄砂粒子の混合状態. 日本気象学会 2010 年度秋季大会, 京都テルサ, 京都, 2010 年 10 月.
- (23) 田下裕之・仁宮一章・清水宣明: 超音波刺激応答型リポソームを用いたドラッグデリバリーシステムの構築. 日本ソノケミストリー学会第 19 回討論会, 東京工業大学, 横浜, 2010 年 10 月.
- (24) 岩倉和希・砂田桃子・仁宮一章・清水宣明: 二酸化チタン・超音波触媒法を用いた殺菌における超音波周波数の影響. 日本ソノケミストリー学会第 19 回討論会, 東京工業大学, 横浜, 2010 年 10 月.
- (25) 上出一輝・仁宮一章・清水宣明: イオン液体と超音波照射を組み合わせたリグノセルロースの糖化前処理. 日本ソノケミストリー学会第 19 回討論会, 東京工業大学, 横浜, 2010 年 10 月.
- (26) 仁宮一章・曾田裕司・清水宣明・佐藤勝也・鳴海一成: 重イオンビーム照射と FACS を用いたセルラーゼ酵素高発現酵母の選抜育種. 第 5 回高崎量子応用研究シンポジウム, 高崎シティギャラリー, 高崎, 2010 年 10 月.
- (27) Japan National Committee for CCOP(Kato, T., Tsukawaki, S., Wakita, K. *et al.*), *Member Country Report of Japan*, 47th Annual Session, Manado, Indonesia, October 2010.
- (28) 小松信義・木村繁男・木綿隆弘, 長距離相互作用 N 体系の蒸発過程と恒星ポリティロープの熱力学的特性. 日本物理学会北陸支部定例学術講演会, 福井大学, 福井, 2010 年 11 月.
- (29) Matsuki, A., Tobo, Y., Kobayashi, F., Maki, T., Kakikawa, M. and Iwasaka, Y., Intensive chemical and physical modification of Asian dust particles along their long-range transport, *The 21st International Symposium on Transport Phenomena*, Kaohsiung, Taiwan, November 2010.
- (30) Fujisawa, J., Kanaoka, Y., Kimura, S., Kiwata, T., Komatsu, N. and Vynnycky, M., Characteristics of a

Flow Vector Sensor Embedded in a Flat Plate, , *21st International Symposium on Transport Phenomena*, Kaohsiung, Taiwan, November 2010.

- (31) Ueda, M., Kimura, S., Kiwata, T. and Komatsu, N., Control of Solid-Liquid Interface Growth during Unidirectional Solidification in Natural Convection, *21st International Symposium on Transport Phenomena*, Kaohsiung, Taiwan, November 2010.
- (32) Kimura, S., Ogawa, J., Kiwata, T., Komatsu, N. and Nakamura, K., Effect of Leaf-Area-Density on Turbulent Diffusion in Deciduous Forest, *21st International Symposium on Transport Phenomena*, Kaohsiung, Taiwan, November 2010.
- (33) Usuzawa, T., Kiwata, T., Komatsu, N., Kimura, S. and Peter, O., Numerical Simulation of Three-dimensional Flow Structures in a Coaxial Circular Jet, *21st International Symposium on Transport Phenomena*, Kaohsiung, Taiwan, November 2010.
- (34) 佐々木祥平・木村繁男・木綿隆弘・小松信義, 山間部における安定成層崩壊に関する数値シミュレーション, 第24回数値流体力学シンポジウム, 慶應義塾大学日吉キャンパス, 横浜, 2010年12月.
- (35) 仁宮一章・高橋憲司・清水宣明: イオン液体・超音波によるバイオマス糖化前処理法. 第1回化学工学学会関西支部シーズフォーラムーバイオ・分離ー, 大阪ガーデンパレス, 大阪, 2010年11月.
- (36) 仁宮一章・高橋憲司・清水宣明: イオン液体・超音波によるバイオマス糖化前処理法. 第1回イオン液体研究会, 鳥取県民文化会館, 鳥取, 2011年1月.
- (37) 松木 篤・山田 丸・小林史尚・牧 輝弥・柿川真紀子・兼保直樹・岩坂泰信, 金沢大学能登スーパーサイトにおける大気エアロゾル直接観測. 第2回能登総合シンポジウム, 金沢大学能登学舎, 珠洲, 2011年1月.
- (38) 松木 篤・Laj, P.・Sellegrì, K.・Venzac, H.・Boulon, J.・三浦和彦・岩坂泰信, 富士山山頂における新粒子生成の観測. 平成22年度富士山測候所利活用に関する成果報告会, 東京大学, 東京, 2011年1月.
- (39) 白沢太一・木綿隆弘・小松信義・木村繁男, 拡大・縮小リングを有する円形噴流の流れ特性に関する研究, 第7回生体工学と流体力学に関するシンポジウム, 金沢大学, 金沢, 2011年3月.
- (40) 佐々木祥平・木村繁男・木綿隆弘・小松信義, 山間部における安定成層崩壊に関する数値シミュレーション, 第7回生体工学と流体力学に関するシンポジウム, 金沢大学, 金沢, 2011年3月.
- (41) 杉沼淳子・斉藤雅之・木綿隆弘・木村繁男・小松信義, 円筒形給水タンクの内部流動と入替性能, 第7回生体工学と流体力学に関するシンポジウム, 金沢大学, 金沢, 2011年3月.
- (42) 中田博精・木綿隆弘・古路裕子・中口彰人・小松信義・木村繁男, 有孔フェンス上部に設置したクロスフロー風車の性能に関する研究 - フェンス遮蔽領域の影響 -, 第7回生体工学と流体力学に関するシンポジウム, 金沢大学, 金沢, 2010年3月.
- (43) 中田博精・木綿隆弘・古路裕子・中口彰人・小松信義・木村繁男, 有孔フェンス上部に設置したクロスフロー風車に関する研究. 日本機械学会北信越支部第48期総会・講演会, 信州大学, 上田, 2011年3月.
- (44) 白沢太一・木綿隆弘・小松信義・木村繁男, 拡大・縮小リングを有する円形噴流の数値シミュレーション. 日本機械学会北陸信越支部第48期総会・講演会, 信州大学, 上田, 2011年3月.
- (45) 小川順平・木村繁男・木綿隆弘・小松信義・中村浩二, 森林内における乱流統計量に及ぼす葉面積密度の影響, 第46回北陸流体力学研究会, 富山大学, 富山, 2011年3月.
- (46) 仁志出憲聖・木綿隆弘・木村繁男・小松信義・樋本 航, ノズル内部に偏向板を設置した平面噴流の流

れ特性に関する研究. 第 46 回北陸流体工学研究会, 富山大学, 富山, 2011 年 3 月.

- (47) 平居聖朗・木綿隆弘・木村繁男・小松信義・北村利博, 二枚尾翼を用いたジャイロミル形風車の回転数制御. 第 46 回北陸流体工学研究会, 富山大学, 富山, 2011 年 3 月.
- (48) 小松信義・木綿隆弘・木村繁男, 力学的／熱力学的観点からみた自己重力開放系の蒸発過程. 日本物理学会第 66 回年次大会, 新潟大学, 新潟, 2011 年 3 月.
- (49) 仁宮一章・上出一輝・山内崇史・小林雅史・高橋憲司・清水宣明: イオン液体と超音波照射を組み合わせたリグノセルロースの糖化前処理. 化学工学会第 76 年回, 東京農工大学, 東京, 2011 年 3 月.
- (50) 仁宮一章・山田龍治・松本真実・清水宣明: 発光性ビフィズス菌の構築とその特性評価. 化学工学会第 76 年回, 東京農工大学, 東京, 2011 年 3 月.
- (51) 仁宮一章・川嶋 聡・金田壱彦・荻野千秋・清水宣明: Cell-SELEX 法によるがん細胞に対する DNA アプタマーの選抜とその特性評価. 化学工学会第 76 年回, 東京農工大学, 東京, 2011 年 3 月.
- (52) 仁宮一章・前川幸・平尾 敦・清水宣明: がん幹細胞を含む細胞集団に及ぼす超音波による殺傷効果の解析. 化学工学会第 76 年回, 東京農工大学, 東京, 2011 年 3 月.

#### 4 研究交流（共同研究）

- 共同研究

- (1) 木村繁男: 「Mpemba 効果に関する研究」, Michael Vynnycky, MACSI Senior Research Fellow, Department of Mathematics and Statistics University of Limerick, Limerick, Ireland
- (2) 木村繁男: 「植生内の乱流拡散に関する研究」, Robert McKibbin, Professor, Department of Mathematics, Massey University, New Zealand
- (3) 木村繁男: 「マイクロフローセンサーの開発に関する研究」, 矢崎総業 (株)
- (4) 木村繁男: 「二重拡散現象に関する基礎研究」, 産業技術総合研究所
- (5) 木村繁男: 「地下水の計測に関する研究」. (株) エオネックス
- (6) 岩坂泰信, D. I. Lee, Professor, Laboratory of Atmospheric Environment, Pukyong University, Busan, Korea, 日本海洋上大気中のエアロゾル粒子分布
- (7) 岩坂泰信, Professor, Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Science, Beijing, China, 中国起源の大気エアロゾルの観測・研究
- (8) 塚脇真二: 「アンコール遺跡区域における環境汚染の現状と評価」, カンボジア王国アンコール遺跡整備機構 (APSARA 公団), 鹿児島大学, 日本大学, 横浜国立大学, 滋賀大学, 大阪電気通信大学, 弘前大学, 東北学院大学, 京都大学
- (9) 塚脇真二: 「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調査 (EMSB&EMSB-u32)」, カンボジア王国産業省資源総局 (GDMR), アンコール遺跡整備機構 (APSARA 公団), 水資源気象省水文河川局, UNESCO/MAB-IHP, 北海道大学, 鹿児島大学, 日本大学, 横浜国立大学, 滋賀大学, 大阪電気通信大学, 弘前大学, 東北学院大学
- (10) 塚脇真二: 「南タイマングローブ生態系におけるスマトラアンダマン津波の影響評価」, タイ王国マヒドゥン大学, 同プリンスオブソンクラ大学, 同産業省資源局 (DMR), 東北大学, 信州大学, 弘前大学

- (11) 塚脇真二：「南タイのゴムプランテーションにともなう大気汚染の歴史的評価」，タイ王国プリンスオブソンクラ大学
- (12) 塚脇真二：「カンボジアにおける地球科学/環境科学教育ネットワーク構築計画」，カンボジア王国教育省教育学研究所（NIE），同カンボジア工科大学（ITC），同産業省資源総局（GDMR），東アジアおよび東南アジア地球科学諸計画調整委員会（CCOP）
- (13) 仁宮一章，「細胞毒性の低いセルロース可溶性混晶を利用したリグノセルロースからの効率的なバイオエタノール生産プロセスの構築」，株式会社三谷産業
- (14) 仁宮一章：「銃イオンビーム照射を利用したバイオエタノール生産用微生物の育種」，独立行政法人日本原子力研究開発機構
- (15) 松木 篤：「春季北極圏における大気エアロゾル航空機観測」，ブレース・パスカル大学 物理気象研究所(LaMP)
- (16) 松木 篤：「富士山山頂における新粒子生成の観測」，ブレース・パスカル大学 物理気象研究所 (LaMP)

- 海外渡航

- (1) 木村繁男，Third International Conference on Transport in Porous Media, Monte Catini, イタリア(2010.6)
- (2) 木村繁男，International Conference Automatics and Informatics, Sofia, ブルガリア(2010.10)
- (3) 木村繁男，21<sup>st</sup> International Symposium on Transport Phenomena(ISTP-21)，高雄，台湾 (2010.11)
- (4) 塚脇真二，カンボジア（シェムリアプ，プノンペン），アンコール遺跡世界遺産における環境評価調査およびアンコール世界遺産国際管理委員会技術小委員会（2010.6）
- (5) 塚脇真二，カンボジア（シェムリアプ，プノンペン），アンコール遺跡世界遺産およびトンレサップ生物圏保護区の環境影響調査（2010.7-8）
- (6) 塚脇真二，カンボジア（シェムリアプ，プノンペン），アンコール遺跡世界遺産およびトンレサップ生物圏保護区の環境影響調査（2010.8-9）
- (7) 塚脇真二，インドネシア（ジャカルタ，マナド），第47回東アジアおよび東南アジア地球科学諸計画調整委員会（CCOP）年次総会（2010.10）
- (8) 塚脇真二，カンボジア（シェムリアプ，プノンペン），アンコール遺跡世界遺産およびトンレサップ生物圏保護区の環境影響調査およびアンコール世界遺産国際管理委員会（2009.11）
- (9) 塚脇真二，カンボジア（シェムリアプ，プノンペン），アンコール遺跡世界遺産およびトンレサップ生物圏保護区における環境ESD教材調査（2010.2）
- (10) 塚脇真二，カンボジア（シェムリアプ），アンコール遺跡世界遺産およびトンレサップ生物圏保護区の環境影響調査（2010.2）
- (11) 塚脇真二，タイ（クラビ，バンコク），南タイのマングローブ生態系におけるスマトラアンダマン津波後の復興状況調査（2010.2）

- 訪問外国人研究者

- (1) Michael Vynnycky, MACSI Senior Research Fellow, Department of Mathematics and Statistics University of Limerick, Limerick, Irland, 「Mpemba 効果に関する研究」，木村繁男(2010.11)
- (2) Robert McKibbin, Prof. of Applied Mathematics, Massey University, New Zealand, 「森林 Canopy 内の乱

流拡散に関する研究」, 木村繁男(2001,1-3)

## 5 各種活動 (学会・社会)

### • 学会活動

- (1) 木村繁男 : Associate Editor of “*Journal of Porous Media*” and “*Special Topics and Reviews in Porous Media*” ; International Editorial Board Member of “*Transport in Porous Media*”, Springer ; International Editorial Board Member of *The Open Transport Phenomena Journal*, Bentham Science Publishers ; International Scientific Committee Member for the 22th International Symposium on Transport Phenomena (Delft, Netherlands, 2011.11) ; International Program Committee Member for "Fluxes and Structures in Fluids: Physics of Geospheres", Russian Academy of Science (ウラジオストック, ロシア, 2011.9) ; 2012 年度日本機械学会年次大会実行委員会委員 (2012.9.金沢開催予定) ; 日本機械学会評議員 (2011 年度) ; 日本機械学会校閲委員 ; 日本流体力学会中部支部幹事
- (2) 岩坂泰信 : 「黄砂」編集委員会代表, *Advanced in Meteorology* 編集委員, 第 3 回環日本海域の環境シンポジウム実行委員長, エアロゾル研究 (日本エアロゾル学会機関誌) バイオエアロゾル特集編集委員
- (3) 塚脇真二 : 日本応用地質学会中部支部評議員, 東アジアおよび東南アジア地球科学計画調整委員会日本国内委員会委員, UNESCO-MAB (Man and Biosphere: 人と生物圏) および UNESCO-BR (Biosphere Reserves: 生物圏保護区) 東アジア・東南アジア地区メンバー, 東アジア・東南アジア地球科学計画調整委員会 (CCOP) 日本国内委員会委員, カンボジアのシェムリアプ州ならびにアンコール遺跡区域水問題会議委員, アンコール遺跡国際管理運営委員会メンバー
- (4) 仁宮一章 : 日本生物工学会乳酸菌腸内細菌工学研究部会委員, 日本生物工学会 IT 駆動型微生物学研究部会委員, 日本生物工学会システムバイオテクノロジー研究部会委員

### • 社会活動

- (1) 木村繁男 : 静岡大学電子技術研究所プロジェクト評価委員, 科学技術振興機構調査研究「環境共生地熱開発のための計測・探査技術に関する調査研究」委員会委員, NEDO 研究補助金審査委員
- (2) 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, 国立総合地球環境科学研究所プロジェクト評価委員および運営協議委員, 海洋開発研究機構評価委員
- (3) 塚脇真二 : 第 3 回金沢大学未来開拓研究公開シンポジウム講師 (2010 年 11 月 27 日), 第 10 回金沢大学・北陸先端科学技術大学院大学研究交流会講師 (2010 年 12 月 10 日)
- (4) 仁宮一章 : 「バイオによるものづくり」金沢大学ふれてサイエンス&テクテクテクノロジー (2010 年 11 月 6 日), 「バイオによるものづくり」金沢大学オープンキャンパス (2010 年 8 月 5, 6 日), 「生体分子と無機材料の組み合わせによる新規な機能性材料の研究開発」日経 BP ムック「変革する大学」シリーズ『金沢大学理工研究域 2011-2012 改訂版』(2011 年)
- (5) 松木 篤, 「能登は大気の超高感度環境センサー」まちなかサイエンスセミナー 若手が伝える最先端科学, アートシアターいしかわ (2010 年 12 月 4 日)

## 生物多様性研究部門

### 1 学術論文

- (1) Kitamura, K., Suzuki, N., Sato, Y., Nemoto, T., Ikegame, M., Yamamoto, T., Shimizu, N., Kondo, T., Furusawa, Y., Wada, S. and Hattori, A.: Osteoblast activity in the goldfish scale responds sensitively to mechanical stress. *Comp. Biochem. Physiol., part A*, 156: 357-363 (2010)
- (2) Mishra, D., Srivastav, S.K., Suzuki, N. and Srivastav, A.K.: Corpuscles of Stannius of a teleost *Heteropneustes fossilis* following intoxication with a pyrethroid (cypermethrin). *North-West. J. Zool.*, 6:203-208 (2010)
- (3) Kitamura, K., Chen, W., Zhu, X., Suzuki, N., Yano, S. and Nemoto, T.: Acceleration-based study of optimum exercise for human weight-bearing bones enhancement. *Biol. Sci. Space*, 24:83-90 (2010)
- (4) Hayakawa, K., Suzuki, N., Kitamura, K., Bekki, K., Nakano, J., Yoshita, M., Toriba, A., Kameda, T. and Tang, N.: Toxic effect of polycyclic aromatic hydrocarbon metabolites on fish bone metabolism. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 135: 231-241 (2010)
- (5) 鈴木信雄, 矢澤一良, 渡部和郎, 繁森英幸, 山田昭浩, 畠 伸彦, 田中雅子, 前 成美, 矢野純博, 稲葉信策, 中間俊彦, 笹山雄一: イカの皮に存在する生理活性物質及び色素. *日本海域研究*, 41: 1-5 (2010)
- (6) 鈴木信雄, 田畑 純, 大森克徳, 井尻憲一, 北村敬一郎, 根本 鉄, 清水宣明, 笹山雄一, 染井正徳, 池亀美華, 中村正久, 近藤 隆, 古澤之裕, 松田恒平, 田淵圭章, 高崎一朗, 和田重人, 安東宏徳, 笠原春夫, 永瀬 睦, 久保田幸治, 鈴木 徹, 遠藤雅人, 竹内俊郎, 江尻貞一, 小萱康徳, 前田斉嘉, 内田秀明, 田谷敏貴, 林 明生, 中村貞夫, 杉立久仁代, 芹野 武, 奈良雅之, 服部淳彦: 魚類のウロコを用いた宇宙生物学的研究: 魚類のウロコにおけるホルモン応答. *Space Utilization Res.*, 26: 210-213 (2010)
- (7) Ngamniyom, A., Magtoon, W., Nagahama, Y. And Sasayama, Y.: Expression levels of bone morphogenetic protein 2b in fins of adult Japanese medaka (*Oryzias latipes*) exposed to sex steroid hormones. *J. Fisheries Aquatic Sci.*, 6: 119-129 (2011)
- (8) Asada, M., Nakabayashi, H. and Sasayama, Y.: Microscopic observation of Ito cells present in the livers of several species of teleost. *Nihon-Kaiiki Kenkyu*, 42: 1-8 (2011)
- (9) 北村敬一郎, 中野 淳, 川部季美, 早川和一, 根本 鉄, 大嶋雄治, 島崎洋平, 服部淳彦, 鈴木信雄: 自動面積測定法によるキンギョのウロコを骨のモデルとしたアッセイ法の改良. *日本海域研究*, 42:27-34 (2011)
- (10) 鈴木信雄, 大森克徳, 井尻憲一, 北村敬一郎, 根本 鉄, 清水宣明, 笹山雄一, 染井正徳, 池亀美華, 田畑 純, 中村正久, 近藤 隆, 古澤之裕, 松田恒平, 田淵圭章, 高崎一朗, 和田重人, 安東宏徳, 笠原春夫, 永瀬 睦, 久保田幸治, 土屋美和, 谷川直樹, 吉馴重徳, 大嶋一成, 鈴木 徹, 遠藤雅人, 竹内俊郎, 江尻貞一, 小萱康徳, 前田斉嘉, 内田秀明, 田谷敏貴, 林 明生, 中村貞夫, 杉立久仁代, 芹野 武, 嶋津 徹, 矢野幸子, 奈良雅之, 服部淳彦: 魚類のウロコを用いた宇宙生物学的研究: ウロコ及び頭蓋骨に対する重力応答. *Space Utilization Res.*, 27: 209-212 (2011)
- (11) Suzuki, N., Danks, J.A., Maruyama, Y., Ikegame, M., Sasayama, Y., Hattori, A., Nakamura, M., Tabata, M.J., Yamamoto, T., Furuya, R., Saijoh, K., Mishima, H., Srivastav, A.K., Furusawa, Y., Kondo, T., Tabuchi, Y., Takasaki, I., Chowdhury, V.S., Hayakawa, K. and Martin T.J.: Parathyroid hormone 1 (1-34)

acts on the scales and involves calcium metabolism in goldfish. *Bone*, 48: 1186-1193 (2011)

- (12) Suzuki, N., Yachiguchi, K., Hayakawa, K., Omori, K., Takada, K., Tabata, J.M., Kitamura, K., Endo, M., Wada, S., Srivastav, A.K., Chowdhury, V.S., Oshima, Y., and Hattori, A.: Effects of inorganic mercury on osteoclasts and osteoblasts of the goldfish scales *in vitro*. *J. Fac. Agr., Kyushu Univ.*, 56: 47-51 (2011)
- (13) Srivastav, A.K., Srivastav, B., Mishra, D., Srivastav, S.K. and Suzuki, N.: Calcitonin induced alterations in the ultimobranchial and parathyroid gland of garden lizard, *Calotes versicolor*. *Turk. J. Zool.*, 35: 9-14 (2011)
- (14) Satone, H., Lee, J.M., Oba, Y., Kusakabe, T., Akahoshi, E., Miki, S., Suzuki, N., Sasayama, Y., Nassef, M., Shimasaki, Y., Kawabata, S., Honjo, T. and Oshima, Y.: Tributyltin-binding protein type 1, a lipocalin, prevents inhibition of osteoblastic activity by tributyltin in fish scales. *Aquatic Toxicol.*, 103: 79-84 (2011)
- (15) Ngamniyom, A. and Sasayama, Y.: Expression levels of sex hormone receptors in brains of Japanese medaka, *Oryzias latipes* (Actinopterygii: Beloniformes: Adrianichthyidae). *Acta Ichthyologica et Piscatoria*, 41: 29-35 (2011)
- (16) Kobayashi, Y., Chiba, H., Mizusawa, K., Suzuki, N., Cerdá-Reverter, J.M. and Takahashi, A.: Pigment-dispersing activities and cortisol-releasing activities of melanocortins and their receptors in xanthophores and head kidneys of the goldfish *Carassius auratus*. *Gen. Comp. Endocrinol.*, in press

## 2 総説

- (1) 三島弘幸, 北原正大, 服部淳彦, 鈴木信雄, 田畑 純, 奈良雅之, 箕 光男, 見明康夫: 歯の象牙質における成長線の周期性と生物リズムとの関連: メラトニンによる調節の可能性, *比較内分泌学*, 36: 106-112 (2010)
- (2) 早川和一, 鳥羽 陽, 亀田貴之, 鈴木信雄: 多環芳香族炭化水素から見た海洋油汚染, *安全工学*, 50: 85-92 (2011)
- (3) 鈴木信雄, 北村敬一郎, 清水宣明, 染井正徳, 笹山雄一, 大森克徳, 矢野幸子, 重藤祐子, 谷垣文章, 鈴木ひろみ, 嶋津 徹, 池亀美華, 田淵圭章, 高崎一朗, 和田重人, 近藤 隆, 遠藤雅人, 中村正久, 井尻憲一, 田畑 純, 奈良雅之, 服部淳彦: 魚類のウロコを用いた宇宙生物学的研究, 平成 22 年度 JAROS 宇宙環境利用の展望, 第 2 章: 1-13 (2011)

## 3 著書

- (1) 服部淳彦, 田畑 純, 鈴木信雄: 第 3 章 親子判別. 『身近な動物を使った実験 4』, 鈴木範男編, 三共出版, 東京, 印刷中

## 4 研究発表・講演会

- (1) 鈴木信雄, 矢澤一良, 渡部和郎, 繁森英幸, 山田昭浩, 畠 伸彦, 田中雅子, 前 成美, 矢野純博, 稲葉信策, 中間俊彦, 笹山雄一: イカの皮に存在する生理活性物質及び色素. 第 24 回海洋生物活性談話会. 広島大学, 広島県 (2010, 6/5-6)
- (2) Maeda, M., Hayashi, A., Nakamura, S., Serino, T., Kitamura, K. and Suzuki, N.: Scale metabolite profiling reveals differential changes in response to gravitational stress. 58 th ASMS Conference on Mass Spectrometry and Allied Topics, Salt Lake City, Utah (May 23 - 27, 2010)
- (3) Kitahara, M., Hattori, A., Suzuki, N., Tabata, M.J., Kakei, M., Miake, Y. and Mishima, H.: The relationship

- between the melatonin and the periodicity of incremental lines in the tooth dentin. 37th European Symposium on Calcified Tissues, Glasgow, United Kingdom (June 26-30, 2010)
- (4) Hayakawa, K., Suzuki, N., Kitamura, K., Bekki, K., Nakano, J., Yoshita, M., Toriba, A., Kameda, T. and Tang, N.: Toxic effect of polycyclic aromatic hydrocarbon metabolites on fish bone metabolism. Tenth International Conference on Modelling, Monitoring and Management of Water Pollution, Intercontinental Hotel, Bucharest, Romania (June 9-11, 2010)
  - (5) 鈴木信雄：キンギョのウロコを使って宇宙実験．日本海イノベーション会議 2010 年度第 1 回プログラム，金沢大学，石川県（2010，7/17）（基調講演）
  - (6) 山岸功典，鈴木信雄，佐竹 炎，笹山雄一：ヌタウナギのカルシトニンの一次構造決定の試み．平成 22 年度日本動物学会中部支部大会，岐阜大学，愛知県（2010，7/24-25）
  - (7) 鈴木信雄，中野 淳，北村敬一郎，田淵圭章，高崎一朗，古澤之裕，近藤 隆，服部淳彦，笹山雄一，鳥羽 陽，早川和一：重油に含まれる多環芳香族水素類の魚の骨代謝に対する作用．平成 22 年度日本動物学会中部支部大会，岐阜大学，愛知県（2010，7/24-25）
  - (8) Kawabe, K., Suzuki, N. and Hayakawa, K.: Effect of polycyclic aromatic hydrocarbons on fish bone metabolism. 2010 Korea-Japan Joint Research Project Symposium. "Aging and Environment", Pusan National University (Busan, Korea), September 2, 2010
  - (9) Nakano, J., Suzuki, N. and Hayakawa, K.: Development of the high sensitive bioassay system for analysis of bone metabolism using the regenerating scales. 2010 Korea-Japan Joint Research Project Symposium. "Aging and Environment", Pusan National University (Busan, Korea), September 2, 2010
  - (10) 中野 淳，鈴木信雄，北村敬一郎，田淵圭章，高崎一朗，古澤之裕，近藤 隆，服部淳彦，笹山雄一，鳥羽 陽，早川和一：水酸化多環芳香族水素類（4-hydroxybenz[*a*]anthracene）の魚の骨代謝に対する作用重油に含まれる多環芳香族水素類の魚の骨代謝に対する作用．平成 22 年度衛生薬学フォーラム，星薬科大学，東京都（2010，9/10-11）
  - (11) 北村敬一郎，陳 文西，朱 欣，鈴木信雄，矢野幸子，根本 鉄：加速度計測に基づく過重負荷骨形成のための最適運動．平成 22 年度宇宙生物科学会，東北大学，宮城県（2010，9/17-18）
  - (12) 矢野幸子，笠原春夫，吉馴重徳，田畑 純，服部淳彦，鈴木信雄：宇宙空間における骨代謝制御：キンギョの培養ウロコを骨のモデルとした解析」(Fish Scales) 冷蔵輸送の検討．平成 22 年度宇宙生物科学会，東北大学，宮城県（2010，9/17-18）
  - (13) 鈴木信雄，柿川真紀子，山田外史，田淵圭章，高崎一朗，古澤之裕，近藤 隆，和田重人，廣田憲之，北村敬一郎，岩坂正和，服部淳彦，上野照剛：交流磁場の骨形成促進作用：再生ウロコを用いた *in vivo* の解析．平成 22 年度宇宙生物科学会，東北大学，宮城県（2010，9/17-18）
  - (14) 鈴木信雄，関口俊男，佐竹 炎，加藤花野子，西山雄大，坂本竜哉，兵藤 晋，竹井祥郎，柿川真紀子，服部淳彦，笹山雄一：アカエイにおけるカルシトニンの生理的役割．第 81 回日本動物学会，東京大学，東京都（2010，9/23-25）
  - (15) 丸山雄介，鈴木信雄，伊藤正則，服部淳彦：繁殖期の雌キンギョにおけるカルシウム代謝に対するメラトニンの作用．第 81 回日本動物学会，東京大学，東京都（2010，9/23-25）
  - (16) 鈴木信雄：宇宙実験による新規骨疾患治療薬の研究開発．金沢大学若手研究者シーズ発表会，金沢大学，石川県（2010，11/4）
  - (17) 奈良雅之，服部淳彦，大西晃宏，赤塚陽子，鈴木信雄，松田准一：再生ウロコの振動分光学研究．日本分光学会年次講演会，京都大学，京都府（2010，11/18-20）

- (18) 鈴木信雄, 関口俊男, 佐竹 炎, 加藤花野子, 西山雄大, 高橋英也, 御輿真穂, 坂本竜哉, 兵藤 晋, 柿川真紀子, 服部淳彦, 笹山雄一: アカエイのカルシトニンファミリー受容体のクローニングと発現解析. 第 35 回日本比較内分泌学会大会, 静岡大学, 静岡県 (2010, 11/18-20)
- (19) 中野 淳, 鈴木信雄, 北村敬一郎, 鳥羽 陽, 早川和一: 多環芳香族水素類の魚の骨代謝に対する作用. 平成 22 年度日本薬学会北陸支部 第 122 回例会, 北陸大学, 石川県 (2010, 11/21)
- (20) 鈴木信雄, 大森克徳, 井尻憲一, 北村敬一郎, 根本 鉄, 清水宣明, 笹山雄一, 西内 巧, 染井正徳, 池亀美華, 田畑 純, 中村正久, 近藤 隆, 古澤之裕, 松田恒平, 田淵圭章, 高崎一朗, 和田重人, 安東宏徳, 笠原春夫, 永瀬 睦, 久保田幸治, 土屋美和, 谷川直樹, 吉馴重徳, 大嶋一成, 鈴木 徹, 遠藤雅人, 竹内俊郎, 江尻貞一, 小萱康徳, 前田斉嘉, 内田秀明, 田谷敏貴, 林 明生, 中村貞夫, 杉立久仁代, 芹野 武, 嶋津 徹, 矢野幸子, 奈良雅之, 服部淳彦: 魚類のウロコを用いた宇宙生物学的研究: ウロコと頭蓋骨に対する重力応答. 第 27 回宇宙利用シンポジウム, 宇宙航空研究開発機構・相模原キャンパス, 神奈川県 (2011, 1/24-25)
- (21) 谷内口孝治, 鈴木信雄, 早川和一: 無機水銀は魚のウロコの骨芽細胞と破骨細胞の活性を抑制する. 第 45 回日本水環境学会, 北海道大学, 北海道 (2010, 3/18-20)
- (22) 川部季美, 中野 淳, 鈴木信雄, 北村敬一郎, 亀田貴之, 鳥羽 陽, 早川和一: 多環芳香族炭化水素類がキンギョの再生ウロコに及ぼす影響の *in vivo* 解析. 第 131 回日本薬学会年大会, 静岡大学, 静岡県 (2011, 3/28-31)
- (23) 吉本敦子・木下栄一郎. コバノガマズミに訪花する昆虫のサイズ・行動と結果率の関係. 日本生態学会 (2011.3)
- (24) 笠木哲也・木村一也・赤石大輔・中村浩二. 能登半島の地域活性化を目指す「里山里海再生学」の目指すもの: 能登半島の森林の概況. 第 2 回能登総合シンポジウム. 珠洲市 (2011 年 1 月)
- (25) 宇都宮大輔・小路晋作・伊藤浩二・笠木哲也・木村一也・赤石大輔・中村浩二. 能登半島の地域活性化を目指す「里山里海再生学」の目指すもの: 農地生態系における生物多様性とその活用～奥能登の調査の現況と今後について～. 第 2 回能登総合シンポジウム, 珠洲市 (2011 年 1 月)

## 5 研究交流

- 共同研究

- (1) 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
- (2) 笹山雄一: メダカの鰭の形成に及ぼす性ホルモンの研究, 愛媛大学社会連携推進機構教授 長濱義孝氏
- (3) 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
- (4) 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
- (5) 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, RMIT 大学 (オーストラリア) Dr. Janine A. Danks
- (6) 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) Prof. Ajai K. Srivastav
- (7) 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, 九州大学大学院農学研究院准教授 安東宏徳氏

- (8) 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，東京慈恵会医科大学医学部准教授 高田耕司氏
- (9) 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，新潟大学農学部准教授 杉山稔恵氏
- (10) 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薬学総合研究科教授 山本敏男氏，同准教授 池亀美華氏
- (11) 鈴木信雄：プロラクチンの骨組織に対する作用，岡山大学理学部付属臨海実験所教授 坂本竜哉氏，北里大学水産学部教授 高橋明義氏，同教授 森山俊介氏
- (12) 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，東京医科歯科大学大学院医歯学総合研究科准教授 田畑 純氏
- (13) 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，同准教授 兵藤 晋氏
- (14) 鈴木信雄：交流磁場の骨代謝に及ぼす影響，九州大学大学院工学研究院特任教授 上野照剛氏，千葉大学 工学部准教授 岩坂正和氏
- (15) 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名誉教授 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
- (16) 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 東北区水産研究所 資源生産部 増養殖管理グループ長 黒川忠英氏
- (17) 鈴木信雄：脂肪酸の石灰化に対する作用，富山大学 和漢薬研究所教授 浜崎智仁氏
- (18) 鈴木信雄：超音波の骨代謝に及ぼす影響，富山大学大学院医学薬学研究部教授 近藤 隆氏，同大学 医学部講師 和田重人氏，JAXA 主任研究員 矢野幸子氏
- (19) 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
- (20) 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 教授 井尻憲一氏
- (21) 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
- (22) 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 主任研究員 廣田憲之氏，同研究センター 特別研究員 木村史子氏
- (23) 鈴木信雄：インドール化合物の抗菌活性及び植物の根の成長促進作用に関する研究，富山大学大学院理工学研究部客員教授 神坂盛一郎氏，同准教授 唐原一郎氏
- (24) 鈴木信雄：魚のウロコを用いた宇宙生物学的研究，宇宙航空研究開発機構主任研究員 大森克徳氏，同主任研究員 矢野幸子氏，富山大学大学院理工学研究部教授 松田恒平氏
- (25) 鈴木信雄：トリブチルスズの海域汚染に関する研究，九州大学大学院農学研究院教授 大嶋雄治氏、同助教 島崎洋平氏
- (26) 鈴木信雄：インドール化合物のラットの骨代謝に及ぼす影響，ハムリー（株）国際事業部 部長 関あずさ氏
- (27) 鈴木信雄：魚類の骨代謝におけるビタミンKの作用，神戸薬科大学教授 岡野登志夫氏， 同講師 中川公恵氏
- (28) 鈴木信雄：魚のウロコで発現している遺伝子のメカニカルストレスに対する応答，富山大学生命

科学先端研究センター 遺伝子実験施設 准教授 田淵圭章氏、同助教 高碓一朗氏

- (29) 鈴木信雄：耳石の石灰化に対するメラトニンの作用，茨城県立医療大学教授 大西 健氏
- (30) 鈴木信雄：海産魚類及び海産無脊椎動物のカルシトニンの構造進化及び作用進化に関する研究，(財)サントリー生物有機科学研究所・第二研究部部長・主幹研究員 佐竹 炎氏，同研究員 川田剛士氏，同研究員 関口俊男氏
- (31) 鈴木信雄：海洋細菌に関する研究，富山大学生物圏地球科学科教授 中村省吾氏，同准教授 田中大祐氏
- (32) 木下栄一郎．テンナンショウ属植物（サトイモ科）の性転換モデルの検証，国立環境研究所 生態遺伝部門研究員 西沢徹氏
- (33) 木下栄一郎．雑種起源種トウカイコモウセンゴケの生活史の比較研究，中野真理子氏 石川県自然史資料館
- (34) 木下栄一郎．雑種起源種オオミズヒキモとその両親種の繁殖と分散に関する研究，国立環境研究所生態遺伝部門主任研究員 中嶋信美氏，同研究員 西沢徹氏

## 各種活動

- 学会活動
  - (1) 鈴木信雄：日本動物学会中部支部代議員，2008-2010
  - (2) 木下栄一郎：植物地理分類学会編集委員、2002-現在
  
- 社会活動
  - (1) 笹山雄一：石川県原子力発電温排水検討委員会委員，2000-現在、のと海洋ふれあいセンター研究報告編集委員会委員，1994-現在、笹山雄一：石川県公共事業評価監視委員会委員，2005-現在
  - (2) 鈴木信雄：石川県環境影響評価委員会委員，2010-現在
  - (3) 木下栄一郎：石川県環境影響評価委員会委員，2003-現在、金沢市文化財保護委員会委員、2000-現在

## 生体機能計測研究部門

### 1 学術論文

- (1) Miyachi, Y., Shimizu N., Ogino C., Kondo, A. Selection of DNA aptamers using atomic force microscopy. *Nucleic Acid Res.*,38, e21 (2010). (IF=6.878)
- (2) Suzuki, N., Kitamura, K., Omori, K., Nemoto, T., Satoh, Y., Tabata, M.J., Ikegame, M., Yamamoto, T., Ijiri, K., Furusawa, Y., Kondo, T., Takasaki, I., Tabuchi, Y., Wada, S., Shimizu, N., Sasayama, Y., Endo, M., Takeuchi, T., Nara, M., Somei, M., Maruyama, Y., Hayakawa, K., Shimazu, T., Shigeto, Y., Yano, S. Hattori, A. Response of osteoblasts and osteoclasts in regenerating scales to gravity loading. *Biol. Sci. Space*, (2010)
- (3) Kitamura, K., Suzuki, N., Sato, Y., Nemoto, T., Ikegame, M. Yamamoto, T., Shimizu, N., Kondo, T., Furusawa, Y., Wada, S., Hattori, A. Osteoblast activity in the goldfish scale responds sensitively to mechanical stress. *Comp. Biochem. Phys. A: Mol. Int. Phys.*, 156, 357-363 (2010).
- (4) Rahman, M.M., Ninomiya, K., Ogino, C., Shimizu, N. Ultrasound-induced cell damage and membrane lipid peroxidation of *Escherichia coli* in the presence of non-woven TiO<sub>2</sub> fabrics. *Ultrason. Sonochem.*,

17, 738-743 (2010).

- (5) Shimizu, N., Ninomiya, K., Ogino, C., Rahman, M.M. Potential uses of titanium dioxide in conjunction with ultrasound for improved bacterial disinfection, *Biochem. Eng. J.*, 48, 416-423 (2010).
- (6) C.P.Gooneratne, M.Kakikawa, T.Ueno, S.Yamada, Measurement of Minute Changes in Magnetic Flux Density by Means of a Novel GMR Needle Probe for Application in Hyperthermia Therapy, *Journal of the Magnetism Society of Japan*, 34, 119-122 (2010).
- (7) Suzuki T., Yamada S., Ueno T., Kakikawa M., Action of Cavitation Phenomena Generated by Giant Magnetostrictive Actuator to Inactivation of Phage, *Journal of the Magnetism Society of Japan*, 34, 131-135 (2010).
- (8) Hoang H., Haraszczuk R., Kakikawa M., Ueno T., Yamada S., High Spatial Resolution Measurement of Low Magnetic Fields by Needle-Type GMR Sensor, *Journal of the Magnetism Society of Japan* 34, 529-532 (2010).
- (9) Haraszczuk R., Kakikawa M., Ueno T., Yamada S, Nadi M., Spectroscopic Susceptibility Measurements of Magnetic Markers by SV-GMR Needle Probe, *Journal of the Magnetism Society of Japan* 35, 157-162 (2011).
- (10) Haraszczuk R., Yamada S, Kakikawa M., Gooneratne CP., Estimation of Magnetic Properties of Tissue with Magnetic Fluid by SV-GMR Needle Type Probe, *Asia Pacific Symposium on Applied Electromagnetics and Mechanics*, in press (2010).
- (11) Ueno T., Hosoda Y., Kitagawa D., Yamada S., Study on Pulse Voltage Driving Method for Magnetostrictive Linear Actuator using Iron Gallium Alloy, *Asia Pacific Symposium of Applied Electromagnetics and Mechanics*, in press (2010).
- (12) 小林史尚, 小谷口久美子, 柿川真紀子, 牧輝弥, 山田丸, 當房豊, 洪天祥, 松木篤, 岩坂泰信, 能登半島珠洲市上空における黄砂バイオエアロゾルの直接採集および分離培養・同定, *エアロゾル研究*, 25, 23-28 (2010)
- (13) 柿川真紀子, 岩坂泰信, 小林史尚, 牧輝弥, バイオエアロゾルのメタゲノム解析, *エアロゾル研究*, 25, 29-34 (2010)
- (14) 牧輝弥, 小林史尚, 柿川真紀子, 鈴木振二, 當房豊, 山田丸, 松木篤, 洪天祥, 長谷川浩, 岩坂泰信, 黄砂バイオエアロゾルに含まれる耐塩細菌群の種組成解析, *エアロゾル研究*, 25, 35-42 (2010)
- (15) 田中茂雄、コラーゲン担体を用いた培養再生骨への力学刺激と石灰化促進、*臨床バイオメカニクス*, 31, 27-32 (2010)
- (16) 瀧本貴友、田中茂雄、ノイズ電気刺激による培養再生骨のアルカリ性フォスファターゼ活性の促進、*臨床バイオメカニクス*, 31, 181-186 (2010)
- (17) S.M. Tanaka, Mechanical loading promotes calcification of tissue-engineered bone in vitro, *Journal of Biomechanical Science and Engineering*, Vol. 5, No. 5, pp. 635-645, 2010

## 2 総説・資料・報告書

- (1) 仁宮一章, 荻野千秋, 清水宣明: 光触媒ナノ粒子と超音波をカップリングしたがん治療法. *Materials Integration 特集「マイクロ・ナノバブル [2] -マイクロバブルとソノプロセス」*, 6(22), 8-12, (2009).

- (2) 岩原正吉、伏見允秀、水野祐亮、武内伊久磨、山田外史、電気 - 磁気 - 力学系回路法による突極性を考慮した回転機一般の統一的数値解析手法、マグネティクス研究会資料、MAG-09-36 (2009).
- (3) 鈴木峻、中村翔太郎、上野敏幸、柿川真紀子、山田外史、キャビテーションに基づくパルスパワーによるウイルスの不活性化、マグネティクス研究会資料、MAG-10-65、41-46 (2009).
- (4) 中村翔太郎、鈴木峻、上野敏幸、柿川真紀子、山田外史、キャビテーション発生のための超磁歪アクチュエータ装置と殺菌操作への応用、マグネティクス研究会資料、MAG-10-65、41-46 (2010).
- (5) 中村翔太郎、鈴木峻、池畑芳雄、上野敏幸、柿川真紀子、山田外史、磁歪振動子の高周波振動によるキャビテーション発生と殺菌効果、電気学会研究会資料、MAG-10-173、29-32 (2010).
- (6) 今井俊輔、山田外史、柿川真紀子、交流磁界曝露による抗がん剤の細胞膜透過性への影響評価、電気学会研究会資料、MAG-10-171、21-24 (2010).
- (7) 山田外史、細田康彦、上野敏幸、磁歪材料を用いた小型微小位置決め機構の特性評価、マグネティクス研究会資料、Mag-11-011、19-22 (2011).
- (8) 田中茂雄: TOPICS Primary cilia: 力を感じ取る骨細胞のアンテナ、日本機械学会誌、113(1103), p. 55, 2010.

### 3 特許

- (1) 仁宮一章、清水宣明: ヒト肝臓がん細胞 HepG2 に特異的な結合性を有する DNA アプタマー、特願 2010-28012 (2010) 2010/2/10

### 4 学術発表

- (1) 三浦英充、上野敏幸、山田外史、鉄ガリウム合金を用いた磁歪振動子の引張力応力下の特性評価、第22回「電磁力関連のダイナミクス」シンポジウム、門司 (2010.05).
- (2) 上野敏幸、澤村一樹、山田外史、鉄ガリウム合金を用いた球体モータの小型化と駆動評価、第22回「電磁力関連のダイナミクス」シンポジウム、門司 (2010.05).
- (3) 山田外史、R.ハラスチェック、C.P.グルネラーネ、柿川真紀子、針状GMRセンサプローブによる生体計測を目指した磁気測定、第22回「電磁力関連のダイナミクス」シンポジウム、門司 (2010.05).
- (4) Yamada S., Goonerante CP., Kakikawa M., Wakiwaka H., Low-Invasive Detection of Magnetic Particles inside Human Body, The Fourth Japan-US Symposium on Emerging NDE Capabilities for a Safer World, Hawaii, USA (2010.06).
- (5) Haraszczuk R., Yamada S., Kakikawa M., Gooneratne CP., Estimation of magnetic properties of tissue with magnetic fluid by GMR spin valve needle type sensor, Asia Pacific Symposium on Applied Electromagnetics and Mechanics2010, Malaysia (2010.07).
- (6) Ueno T., Study on Pulse Voltage Driving Method for Magnetostrictive Linear Actuator using Iron Gallium Alloy, Asia Pacific Symposium on Applied Electromagnetics and Mechanics2010, Malaysia (2010.07).
- (7) Kakikawa M., Yamada S., Dependency on magnetic flux densities in the enhancement of cytotoxic agent Asia Pacific Symposium on Applied Electromagnetics and Mechanics2010, Malaysia, (2010.07).
- (8) Ikehata Y., Fujii K., Kakikawa M., Yamada S., Magnetic Field Control on Induction Heating Type

Hyperthermia Therapy by Magnetic Concentration Effect Asia Pacific Symposium on Applied Electromagnetics and Mechanics 2010, Malaysia (2010.07).

- (9) 山田外史, 磁気センサによる電流プローブとその応用-GMRセンサの応用-, 第18回磁気応用技術シンポジウム, 東京 (2010.7).
- (10) Haraszczuk R., Yamada S., Kakikawa M., Ueno T., Spectroscopy Measurement of Magnetic Fluid by a GMR Needle Probe, 第33回日本磁気学会, つくば (2010.9).
- (11) 上野敏幸, 山田外史, 松本 實, マイクロ磁歪振動子のワイヤレス駆動に関する基礎的検討, 第33回日本磁気学会, つくば (2010.9).
- (12) 今井俊輔, 山田外史, 柿川真紀子, 交流磁界による抗がん剤の作用増強, 第33回日本磁気学会, つくば (2010.9).
- (13) 中村翔太郎, 鈴木峻, 上野敏幸, 柿川真紀子, 山田外史, 小形磁歪振動子を用いたキャビテーション・ラジカル発生の検討, 平成22年度電気関係学会北陸支部連合大会, 福井 (2010.9)
- (14) 井波孝仁, 山中亮史, 山田外史, 池畑芳雄, うず電流探傷技術を用いたプリント基板の種々の方向の配線の探傷試験, 平成22年度電気関係学会北陸支部連合大会, 福井 (2010.9).
- (15) 西頭浩司, 柿川真紀子, 山田外史, 上野敏幸, 抗がん剤シスプラチンの細胞毒性における交流磁界影響評価, 平成22年度電気関係学会北陸支部連合大会, 福井 (2010.9).
- (16) 鈴木峻, 中村翔太郎, 山田外史, 上野敏幸, 柿川真紀子, 超磁歪アクチュエータ駆動によるキャビテーションの発生とウイルスの不活性化, 平成22年度電気関係学会北陸支部連合大会, 福井 (2010.9).
- (17) 細田康彦, 上野敏幸, 山田外史, スムーズインパクト方式磁歪アクチュエータパルス電圧駆動に関する研究, 平成22年度電気関係学会北陸支部連合大会, 福井 (2010.9).
- (18) Hoang Thi Thu Ha, 池畑芳雄, 山田外史, 針状磁気プローブによるプリント基板配線における非接触で電気信号検出に関する研究, 平成22年度電気関係学会北陸支部連合大会, 福井 (2010.9).
- (19) 澤村一樹, 上野敏幸, 山田外史, 鉄ガリウム合金を用いたマイクロ球面モータの数式モデルに関する研究, 平成22年度電気関係学会北陸支部連合大会, 福井 (2010.9).
- (20) 西頭浩司, 柿川真紀子, 山田外史, 交流磁界曝露によるシスプラチンおよびマイトマイシンCの作用増強, 第19回MAGDAコンファレンス in 札幌, (2010.11).
- (21) 鈴木峻, 中村翔太郎, 上野敏幸, 柿川真紀子, 山田外史, 磁歪振動子を用いたキャビテーション発生とウイルス不活性化, 第19回MAGDAコンファレンス in 札幌 (2010.11).
- (22) 今井俊輔, 山田外史, 柿川真紀子, 交流磁界曝露による抗がん剤の細胞膜透過性への影響評価, マグネティクス・医用生体工学合同研究会, 福岡 (2010.11).
- (23) 中村翔太郎, 鈴木峻, 池畑芳雄, 上野敏幸, 柿川真紀子, 山田外史, 磁歪振動子の高周波振動によるキャビテーション発生と殺菌効果, マグネティクス・医用生体工学合同研究会, 福岡 (2010.11).
- (24) Ueno T., Yamada S., Ikehata Y., Micro Magnetostrictive Energy Harvester using Iron Gallium Alloy (Galfenol), 55th Annual Conference on Magnetism and Magnetic Materials, Atlanta (2010.11)
- (25) Haraszczuk R., 柿川真紀子, 上野敏幸, 山田外史, Immunoassay Magnetic Markers Examination by SV-GMR Needle Type Probe, 平成23年電気学会全国大会, 大阪 (2011.3).
- (26) 梅上大勝, 西頭浩司, 柿川真紀子, 山田外史, 抗がん剤シスプラチンとマイトマイシンCの細胞毒性に対する極低周波磁界の影響評価, 平成23年電気学会全国大会, 大阪 (2010.3).

- (27) 森一也, 今井俊輔, 山田外史, 柿川真紀子, 抗がん剤作用に対する交流磁界の影響評価, 平成23年電気学会全国大会, 大阪 (2011.3).
- (28) 上野敏幸, 中村英志, 山田外史, 中空磁歪振動子を用いたマイクロディスプレイの基礎的検討, 平成23年電気学会全国大会, 大阪 (2011.3).
- (29) 坂本龍介, 上野敏幸, 池畑芳雄, 山田外史, 磁歪素子を用いた3軸球面モータの駆動原理と特性評価, 平成23年電気学会全国大会, 大阪 (2011.3).
- (30) 細田康彦, 上野敏幸, 山田外史, 小型磁歪アクチュエータを用いた位置決め機構, 平成23年電気学会全国大会 (2011.3).
- (31) 上野敏幸, 山田外史, 磁歪材料を用いたマイクロ振動発動素子の性能評価, 平成23年電気学会全国大会, 大阪 (2011.3).
- (32) 鈴木峻, 中村翔太郎, 上野敏幸, 柿川真紀子, 山田外史, 超磁歪アクチュエータ駆動によるキャピテーションの発生と殺菌への適用, 平成23年電気学会全国大会, 大阪 (2011.3).
- (33) Kakikawa M., Kobayashi F., Maki T., Yamada M., Matsuki A., Tobo Y., Hong C., Chen B., Shi G., Iwasaka Y., Dustborne microorganisms in the atmosphere over an Asian dust arrival region, Suzu, International Symposium on Aerosol and Radiation Studies, Zibo, China (2010.4).
- (34) 柿川真紀子, 小林史尚, 牧輝弥, 山田丸, 當房豊, 松木篤, 岩坂泰信, 能登半島上空のバイオエアロゾルにおけるDNA濃度と生物種, 第27回エアロゾル科学・技術研究討論会, 名古屋 (2010.8).
- (35) Kakikawa M., Kobayashi F., Maki T., Matsuki A., Iwasaka Y., Airborne microorganisms in the atmosphere over Noto peninsula, The 4<sup>th</sup> international Symposium on Environment of Rim of the Japan/East sea, Jeju, Korea (2010.10).
- (36) 柿川真紀子, 松木篤, 小林史尚, 牧輝弥, 岩坂泰信, 能登半島上空における黄砂時と非黄砂時のDNA濃度および生物種比較, 2010年度秋季気象学会, 京都 (2010.10).
- (37) Kakikawa M., Kobayashi F., Maki T., Matsuki A., Yamada M., Tobo Y., Hong C., Chen B., Shi G., Iwasaka Y. Analysis of bioaerosols in the atmosphere over an Asian dust arrival region, Suzu, Pacificchem 2010, Hawaii, USA (2010.12).
- (38) 柿川真紀子, 小林史尚, 牧輝也, 松木篤, 山田丸, 岩坂泰信, メタゲノム的解析による能登半島上空 (3.0 km, 1.0 km) の生物種同定, 第2回能登総合シンポジウム, 珠洲 (2011.1).
- (39) Shigeo Tanaka, Atsushi Kawamura, Random electrical pulse train promotes osteogenesis in vitro, 6th World Congress of Biomechanics, Singapore (2010.8)
- (40) Shigeo Tanaka, Kohei Tachibana, Frequency dependence of intracellular Ca<sup>2+</sup> response of osteoblasts under dynamic loading, 6th World Congress of Biomechanics, Singapore (2010.8)
- (41) Eigo Takahashi, Syunsuke Kikuchi, Shigeo M. Tanaka, Effect of stimulation frequency on osteogenic capability of electrical muscle stimulation, The 2nd International Senior Project Conference in Engineering and Technology (ISPC 2011), Bangkok, Thailand (2011. 3)
- (42) 田中茂雄, 培養再生骨の力学刺激応答観察を目的とした新規光計測装置の開発, 第37回日本臨床バイオメカニクス学会, 京都 (2010.11)
- (43) 橘 孝平, 田中茂雄, 力学的刺激による培養再生骨の石灰化促進 - 播種細胞密度と担体素材の影響 -, 第37回日本臨床バイオメカニクス学会, 京都 (2010.11)
- (44) 橘 孝平, 田中茂雄, 力学的刺激により促進される培養再生骨の石灰化 - 播種細胞密度と担体素

材の影響 - , 第21回バイオフィロンティア講演会, 金沢 (2010.11)

- (45) 菊地俊介, 高橋英五, 田中茂雄, 電氣的筋刺激の骨形成促進効果における刺激条件の影響, 第21回バイオフィロンティア講演会, 金沢 (2010.11)
- (46) 荒井雄輝, 田中茂雄, 拡散反射光を用いた骨密度評価, 第21回バイオフィロンティア講演会, 第21回バイオフィロンティア講演会, 金沢 (2010.11)
- (47) 菊地俊介, 田中茂雄, 電氣的筋刺激の骨形成促進効果における刺激周波数依存性, 平成22年度日本生体医工学会北陸支部大会, 金沢 (2010.12)
- (48) 菊地俊介, 高橋英五, 田中茂雄, 電氣的筋刺激の骨形成促進効果における刺激周波数の影響, 第23回バイオエンジニアリング講演会, 熊本 (2011.1)
- (49) 田中茂雄, 川村 惇, ランダムパルス列電気刺激による培養再生骨の石灰化促進, 第23回バイオエンジニアリング講演会, 第23回バイオエンジニアリング講演会, 熊本 (2011.1)
- (50) 高橋英五, 菊地俊介, 田中茂雄, 電氣的筋刺激による骨形成促進—刺激周波数の影響—, 日本機械学会北陸信越学生会第40回学生員卒業研究発表講演会, 長野 (2011.3)
- (51) 松村啓之, 川村 惇, 田中茂雄, ランダムパルス列電磁場刺激における培養骨芽細胞の石灰化反応促進効果, 日本機械学会北陸信越学生会第40回学生員卒業研究発表講演会, 長野 (2011.3)
- (52) 山田一成, 荒井雄輝, 田中茂雄, 反射散乱光強度分布を用いた骨密度評価法の開発—モンテカルロシミュレーションを用いた原理の検証—, 日本機械学会北陸信越学生会第40回学生員卒業研究発表講演会, 長野 (2011.3)
- (53) 田中茂雄, 菊地俊介, 高橋英五, 電氣的筋刺激の骨形成促進効果における刺激周波数依存性, 日本機械学会北陸信越支部第48期総会・講演会, 長野 (2011.3)

## 5 研究交流

- 共同研究

- (1) Anak Khantachawana, キングモンクット工科大、タイ、助教授

- 海外渡航

- (1) 柿川真紀子, 中国, 敦煌, 黄砂発生地でのバイオエアロゾル調査 (2009.9)
- (2) 田中茂雄, タイ, キングモンクット工科大, 力学刺激による培養再生骨の石灰化促進に関する共同研究 (技術指導、セミナー講演) (2010.12)

- 訪問外国人研究者

- (1) Mustapha Nadi, ナンシー大学、フランス、教授、研究交流、2009.11.05
- (2) Junwei Lu, グリフィス大学、オーストラリア、准教授、2009.12.14

## 6 各種活動

- 学会活動

- (1) 清水 宣明: 日本ソノケミストリー学会 理事
- (2) 山田外史: 電気学会マグネティクス技術委員会 1号委員、電気学会磁気応用による医療へのシーズ技術調査専門委員会委員長、電気学会電力用磁気デバイスの高機能化技術調査専門委員会委員、電気学会新世代アクチュエータの多自由度化可能性調査専門委員会、電気学会北陸支部監査委員、

電気設備学会北陸支部理事、日本磁気学会編集委員、日本 AEM 学会理事・企画運営委員、日本能率協会・磁気応用シンポジウム委員、

- (3) 柿川真紀子：電気学会磁気応用による医療へのシーズ技術調査専門委員会委員、日本磁気学会論文委員
- (4) 田中茂雄：日本機械学会第バイオエンジニアリング部門運営委員、日本機械学会第バイオエンジニアリング部門代議員（北陸信越地区）、日本機械学会トピックス委員、日本機械学会北陸信越支部石川県運営委員、日本生体医工学会専門別研究会のバイオメカニクス研究会幹事、日本生体医工学会北陸支部評議委員

- 社会活動

- (1) 清水宣明：「バイオによるものづくり」、金沢大学ふれてサイエンス&テクテクテクノロジー (2009.11.1)、TiO<sub>2</sub>/超音波触媒法による酸化ラジカル発生法とその応用、北陸3県・大学シーズ・プレゼンセッション 2009, 金沢 (2009.9.30)、「バイオによるものづくり」、金沢大学オープンキャンパス (2009.8.6-7)、公開講座『バイオ工学入門・自然システム学類』「光触媒バイオ融合ナノ粒子と超音波技術のカップリング」(2009.6.6)、MEX 金沢 2009 出展 (金沢大学イノベーション創成センターと共同) (2009.5.21-23)
- (2) 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

### 地球環境計測研究部門

#### 1 科学研究費

- (1) 柏谷健二（代表）2009-2011 基盤研究（A）海外学術調査、ユーラシア東部の湖沼堆積物情報に基づく間氷期の推移に関する考察、12,700 千円
- (2) 長谷部徳子（分担）、2009-2011 基盤研究(B)海外学術調査、白亜紀中期における陸域湿潤化：温室地球システム解明に向けたモンゴル白亜系調査（代表：安藤寿男）、300 千円
- (3) 長谷部徳子（分担）、2009-2011 基盤研究(A)海外学術調査、ユーラシア東部の湖沼堆積物情報に基づく間氷期の推移に関する考察（代表：柏谷健二）、300 千円
- (4) 福土圭介、科研費若手（B）課題番号 20740315、水・酸化物界面における陰イオン表面化学種（スぺシエーション）のその場分光観察、70 万円
- (5) 山本政儀（代表）基盤研究(B)、4,800 千円
- (6) 山本政儀（代表）基盤研究(C)、1,100 千円
- (7) 山本政儀（分担）基盤研究(B)、50 千円
- (8) 山本政儀（分担）基盤研究(C)、100 千円
- (9) 山本政儀（分担）基盤研究(C)、100 千円
- (10) 山本政儀（分担）基盤研究(A)、150 千円
- (11) 長尾誠也（分担）基盤研究(B)、300 千円
- (12) 長尾誠也（分担）基盤研究(B)、100 千円
- (13) 井上睦夫（代表）基盤研究(C)、1,200 千円
- (14) 井上睦夫（分担）基盤研究(B)、100 千円
- (15) 浜島靖典（分担）基盤研究(C)、100 千円
- (16) 長尾誠也、特別経費（里山里海再生学の構築）3,728 千円
- (17) 長尾誠也、特別経費里山里海再生学 5,300 千円
- (18) 長尾誠也、重点戦略経費重戦（設備充実費）971 千円

#### 2 研究助成金等

- (1) 柏谷健二（代表）2010-2013 科学技術振興機構 戦略的国際科学技術協力推進事業「代替および観測資料に基づいた東北アジアにおける過去千年間の水文気候変動—東アジアにおける 21 世紀末の温暖化と降水量増加への対応—」、1,850 千円
- (2) 柏谷健二（代表）2010-2012 日本学術振興会 二国間交流事業協同研究「東北アジアにおける過去二千年間の地表プロセス・自然災害と環境変動」、1,200 千円
- (3) 長谷部徳子（代表）、平成 22 年度 金沢大学重点戦略経費海外共同研究「東アジアのテクトニクスと環境変動解析」、800 千円

#### 3 共同研究費

- (1) 長谷部徳子（代表）、2010 白山自然保護調査研究会 石川县委託事業「白山の自然および人文に関する学術調査」「白山火山の年代学的研究」90 千円
- (2) 福土圭介、平成 22-24 年度（独）日本原子力研究開発機構先行基礎工学研究（共同研究）坑道内水質モニタリング装置を用いた原位置固液分配係数の測定、240 万円

- (3) 福士圭介、平成22年度 株式会社摩郷（共同研究）「モノヒドロカルサイトと珪藻土等との配合に関する研究」、40万円

#### 4 受託研究費等

- (1) 山本政儀、石川県受託研究、2,000千円
- (2) 山本政儀、福井県受託研究、1,595千円
- (3) 長尾誠也、日本原子力研究開発機構受託研究、1,950千円
- (4) 長尾誠也、産業技術総合研究所受託研究、6,000千円
- (5) 長尾誠也、大阪湾広域臨海環境整備センター、1,600千円
- (6) 山本政儀、海洋生物環境研究所共同研究、1,575千円

### エコテクノロジー研究部門

#### 1 科学研究費

- (1) 木村繁男，基盤研究（C）「能動的冷却面制御による凝固相内偏析構造設計に関する研究」，代表者，平成22-23年度，1,400千円
- (2) 木村繁男，基盤研究（B）「デジタル情報を搭載した科学技術教材と双方向教育システムの開発」，分担者，平成19-22年度100千円
- (3) 木村繁男，挑戦的萌芽研究，「超磁歪アクチュエータによるパルスパワー生成と殺菌・ウィルス失活作用の研究」，分担者，平成21-22年度，100千円
- (4) 塚脇真二，挑戦的萌芽研究「アンコール文明と流域環境の相互変遷に着目した『時空を旅するESD教材』の創出」，分担者，平成22-24年度，1,200千円。
- (5) 仁宮一章，若手（B）「低細胞毒性のセルロース溶媒を用いたリグノセルロースリファイナリー基盤技術の構築」，代表者，平成22-23年度，3,740千円。
- (6) 松木 篤，基盤研究(C)「雲エアロゾル相互作用の解明にむけた雲採集装置の開発」，代表者，平成22年度，800千円
- (7) 松木 篤，基盤研究(B)「バックグラウンド黄砂の動態と高所における大気液相化学および植生への影響評価」，分担者，平成22年度，300千円

#### 2 研究助成金等

- (1) 仁宮一章，財団法人服部報公会工学研究奨励援助金「腫瘍集積型ナノ粒子と超音波を組み合わせた新規がん治療法の構築」，平成22年度，1,000千円。
- (2) 仁宮一章，財団法人池谷科学技術振興財団研究助成「腫瘍標的型TiO<sub>2</sub>ナノ粒子」と「TiO<sub>2</sub>超音波触媒法」を組み合わせた臓器機能温存型がん治療法の構築」，平成22年度，1,500千円。

#### 3 共同研究費

- (1) 木村繁男，「矢崎総業（株）マイクロフローセンサーの開発に関する研究」，代表者，400千円

#### 4 受託研究費

- (1) 仁宮一章，独立行政法人科学技術振興機構研究成果最適展開支援事業（A-STEP）「細胞毒性の低

いセルロース可溶性混晶を利用したリグノセルロースからの効率的なバイオエタノール生産プロセスの構築」, 平成 22 年度, 8,000 千円.

## 5 その他

- (1) 塚脇真二, 平成 22 年度金沢大学重点戦略経費 (研究活性化推進経費) 「アンコール遺跡区域における近年の環境変化にともなう住民意識・風俗・生活変化の基礎調査」代表者, 2,959 千円.
- (2) 松木 篤, 内閣府 平成 22 年度先端研究助成基金助成金 (最先端・次世代研究開発支援プログラム) 「有機エアロゾルの超高感度分析技術の確立と応用に基づく次世代環境影響評価」, 代表者, 11,654 千円

## 生物多様性部門

### 1 科学研究費

- (1) 鈴木信雄 (代表), 基盤研究 (C), 磁場と骨代謝調節ホルモンとの相乗効果を利用した新規骨疾患治療システムの開発, 1,100,000 円.
- (2) 鈴木信雄 (分担), 基盤研究 (C), ナノ粒子を利用した特異的温度制御による口腔癌治療
- (3) (代表: 和田重人, 富山大学) 分担金 2010 年 50,000 円 (2009 年の直接経費 total 500,000 円)
- (4) 鈴木信雄 (分担), 基盤研究 (B), 多環芳香族炭化水素類が環境・生体で新たに獲得する毒性に関する戦略研究 (代表: 早川和一, 金沢大学医薬保健研究域薬学系・教授) 分担金 2010 年 200,000 円 (2010 年の直接経費 total 2,600,000 円)
- (5) 鈴木信雄 (分担), 挑戦的萌芽研究, 重油汚染海水で孵化した魚の脊柱彎曲は多環芳香族炭化水素が原因か? 分担 (代表: 早川和一, 金沢大学医薬保健研究域薬学系・教授) 分担金 2010 年 700,000 円 (2009 年の直接経費 total 1,600,000 円)
- (6) 鈴木信雄 (分担), 二国間交流事業, 東アジアにおける多環芳香族炭化水素類の挙動と毒性 (代表: 鳥羽 陽, 金沢大学医薬保健研究域薬学系・准教授) (2010 年, 1,200,000 円)
- (7) 鈴木信雄 (分担), 厚生労働省科学研究費, 化学物質リスク研究事業, ステロイドホルモン受容体に作用する化学物質の構造活性相関に基づく毒性評価システム. 分担金 2010 年 2,000,000 円 (代表: 早川和一、金沢大学医薬保健研究域薬学系・教授)

### 2 受託研究費

- (1) 鈴木信雄 (分担), 環境省 ExTEND2005 フィージビリティースタディー, 多環芳香族炭化水素類の内分泌かく乱作用の構造活性相関に基づく魚鱗の化学物質スクリーニング法に関する研究. (代表: 早川和一、金沢大学医薬保健研究域薬学系・教授), 2010 年 2,000,000 円
- (2) 鈴木信雄 (分担), 環境省 地球環境推進費 H21 地球環境問題対応型研究課題, 日本海域における有機汚染物質の潜在的脅威の把握, (代表: 早川和一、金沢大学医薬保健研究域薬学系・教授) 2010 年 42,931,000 円

### 3 共同研究費

- (1) 鈴木信雄 (代表), 宇宙航空研究開発機構, 宇宙空間における骨代謝制御: キンギョの培養ウロコを骨のモデルとした解析, 4,000,000 円

- (2) 鈴木信雄（代表），宇宙航空研究開発機構 宇宙環境利用科学委員会研究班ワーキング グループ活動支援，魚類のウロコを用いた宇宙生物学的研究，2,800,000 円

#### 4 奨学寄附金

- (1) 鈴木信雄（代表），（財）クリタ水・環境科学振興財団助成金，骨代謝異常を評価する迅速・高感度なシステムの開発：重油汚染海域における魚の脊柱彎曲の発症機構の解明． 2009年10月～2010年9月 750,000 円

### 生体機能計測研究部門

#### 1 科学研究費

- (1) 清水宣明（代表），基盤研究 B，腫瘍集積型光触媒ナノ粒子の創製と超音波力学的がん治療，8,580 千円
- (2) 山田外史（代表），基盤研究 B，マイクロ駆動機構を持つ針状磁気抵抗効果プローブによる低侵襲・非破壊計測の開発，6,300 千円
- (3) 山田外史（代表），挑戦的萌芽研究，超磁歪アクチュエータによるパルスパワー生成と殺菌・ウイルス失活作用の研究，2,000 千円
- (4) 田中茂雄（代表），基盤研究 C，ひずみ誘導型液体流動による骨形成反応促進効果の実験的検証，900 千円
- (5) 柿川真紀子（代表），若手研究 B，交流磁場と抗がん剤の併用治療法の開発，1,500 千円
- (6) 柿川真紀子（分担），基盤研究 A，砂漠上空の砂塵とバイオエアロゾルの混合状態に関する野外研究：気球による直接採集，200 千円

#### 2 研究助成金等

- (1) 柿川真紀子（分担），環境省・地球環境総合推進費，風送ダストの飛来量把握に基づく予報モデルの精緻化と健康・植物影響評価に関する研究，1,000 千円

#### 3 受託研究費

- (1) 柿川真紀子（分担），環境省・地球環境総合推進費(H21-23)，風送ダストの飛来量把握に基づく予報モデルの精緻化と健康・植物影響評価に関する研究，1,000 千円
- (2) 柿川真紀子（代表），科学技術振興機構・研究成果最適展開支援事業 A-STEP (H22)，交流磁場により作用増強される抗がん剤の探索，1,300 千円

#### 4 奨学寄付金

- (1) 清水宣明：住友商事（株），二酸化チタン/超音波触媒法を用いたアンモニア水からの水素生成，2,000 千円

#### 5 その他

- 1) 清水宣明，山田外史，柿川真紀子（分担），金沢大学重点研究費（中核的教育研究拠点形成），H21-22 がん医学・工学テクノロジー連携によるがん分子標的治療法開発のための拠点形成，3,700 千円

## 6. 研究指導

### 地球環境計測研究部門

#### 1 博士論文

- (1) 伊藤一充、Geochronology of lake sediments - Towards understanding of palaeoenvironmental change -, 博士 (理学)、長谷部徳子

#### 2 修士論文

- (1) 稲垣亜矢子、モンゴル・フブスグル湖堆積物の熱ルミネセンスカラー画像と古環境変動、自然科学研究科地球環境学専攻、修士 (理学)、長谷部徳子
- (2) 山田浩史、ベントナイトの熱年代学、自然科学研究科地球環境学専攻、修士 (理学)、長谷部徳子
- (3) 青山和樹、In-situ infrared spectroscopic observation and surface complexation modeling for sulfate adsorption on ferrihydrite、自然科学研究科地球環境学専攻、修士 (理学)、福士圭介
- (4) 川合健太、旧ソ連セミパラチンスク核実験場周辺集落の放射能汚染と被爆線量評価、自然科学研究科物質化学専攻、修士 (理学)、山本政儀
- (5) (2) 吉田圭佑、東シナ海・日本海における放射性核種の季節変動および水平・鉛直分布、自然科学研究科物質化学専攻、修士 (理学)、長尾誠也

#### 3 卒業研究

- (1) 阿部仁美、ダルハド湖における水文環境変動の推定、理学部地球学科、学士 (理学)、柏谷健二
- (2) 川村泰士、FT 法によるモンゴル中部堆積物の堆積年代の推定、理学部地球学科、学士 (理学)、長谷部徳子
- (3) 中野靖幸、白山火山噴出物の熱ルミネッセンス年代測定、理学部地球学科、学士 (理学)、長谷部徳子
- (4) 林清記、歯の化石のフィッシュトラック年代測定の試み、理学部地球学科、学士 (理学)、長谷部徳子
- (5) 瀧崎円香、モンゴルダルハド湖湖沼堆積物の鉱物組成に記録された水質変動、理学部地球学科、学士 (理学)、福士圭介
- (6) 西山理沙、モノハイドロカルサイトの生成条件、理学部地球学科、学士 (理学)、福士圭介
- (7) 前田耕志、花崗岩への Eu 吸着の表面錯体モデリング、理学部地球学科、学士 (理学)、福士圭介
- (8) 金森正樹、九頭竜川流域における放射性核種を用いた河川懸濁粒子の流出挙動、理学部化学科、学士 (理学)、長尾誠也
- (9) (2) 高田貴裕、高塩分地下水におけるラジウム同位体の挙動、理学部化学科、学士 (理学)、山本政儀

### エコテクノロジー研究部門

#### 1 修士論文

- (1) 小川順平、森林内渦拡散係数に及ぼす葉面積密度の影響、自然科学研究科機械科学専攻、修士 (工学)、木村繁男

- (2) 佐々木祥平, 山間部における安定成層崩壊に関する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
- (3) 上出一輝, イオン液体と超音波を用いたリグノセルロースの糖化プロセスに関する研究, 自然科学研究科物質工学専攻, 修士(工学), 仁宮一章・清水宣明
- (4) 高松裕美, 二酸化チタン・超音波触媒法によるリグノセルロースの糖化前処理, 自然科学研究科物質工学専攻, 修士(工学), 仁宮一章・清水宣明
- (5) 田下裕之, がん細胞に結合する超音波刺激応答性リポソームの構築, 自然科学研究科物質工学専攻, 修士(工学), 仁宮一章・清水宣明

## 2 卒業研究

- (1) 伊藤雄祐, LAI の計測及び森林内乱流構造の解明. 工学部工学部機能機械工学科, 学士(工学), 木村繁男
- (2) 久保村博, ケーシングパイプのスリット位置が地下水流動計測に及ぼす影響. 工学部機能機械工学科, 学士(工学), 木村繁男
- (3) 宮川広康, 2成分系垂直円筒まわり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
- (4) 大葉裕人, V字谷内に形成される安定成層の崩壊過程の実験. 工学部機能機械工学科, 学士(工学), 木村繁男
- (5) 川嶋 聡, 肝がん細胞へ特異的に結合する DNA アプタマーの機能評価, 工学部物質化学工学科, 学士(工学), 仁宮一章・清水宣明
- (6) 小林雅史, イオン液体の細胞毒性評価とバイオマス前処理への利用, 工学部物質化学工学科, 学士(工学), 仁宮一章・清水宣明
- (7) 沢本周佑, 酵母における各種セルラーゼ酵素の発現とバイオエタノール生産への利用, 工学部物質化学工学科, 学士(工学), 仁宮一章・清水宣明
- (8) 砂田桃子, 超音波照射時のOHラジカル生成に及ぼす超音波強度と周波数の影響, 工学部物質化学工学科, 学士(工学), 仁宮一章・清水宣明
- (9) 福田 彩, 肝がん細胞を特異的に認識する DNA アプタマーで修飾した二酸化チタン粒子の作製, 工学部物質化学工学科, 学士(工学)
- (10) 前川 幸, 乳がん幹細胞に対する超音波の傷害効果の解析 (清水宣明・仁宮一章) 工学部物質化学工学科, 学士(工学), 清水宣明・仁宮一章
- (11) 山田龍治, 生物発光を示すビフィズス菌の構築とその特性評価, 工学部物質化学工学科, 学士(工学), 清水宣明・仁宮一章

## 生物多様性研究部門

### 修士論文

- (1) 山岸功典: ヌタウナギのカルシトニン様分子の産生部位の特定と一次構造決定の試み, 理学部 生物学科, 学士(理学), 笹山雄一・鈴木信雄
- (2) 松本高大: マシコヒゲムシの幼若個体の栄養体における共生細菌の観察, 理学部 生物学科, 学

士（理学），笹山雄一・鈴木信雄

- (3) 横山和也：角間丘陵に生育するジャノヒゲ属植物 2 種の生活史（理学）、木下栄一郎
- (4) 篠塚賢一：能登半島の河川の水質、特に窒素の溶存状態（理学）、中村浩二

## 7. その他

### 地球環境計測研究部門

#### 1 学術賞等の受賞状況

- (1) 福士圭介：先進的表面錯体モデリングによる酸化物への陰イオン吸着挙動の予測，日本地球化学会研究奨励賞(2010)
- (2) 伊藤健一，福士圭介，橋本晃一，田中小満，池田穂高，佐藤努，米田哲朗：自然浄化機構に学ぶ新しい資源回収型酸性坑廃水処理方法の開発，資源・素材学会論文賞(2010)

### エコテクノロジー研究部門

#### 1 学会賞等の受賞

- (1) 木村繁男：Best Presented Paper Award, John Atanasoff Society of Automatics and Informatics, *International Conference Automatics and Informatics*, Sofia, ブルガリア(2010.10)
- (2) 木村繁男：Outstanding Service Certificate, 21<sup>st</sup> *International Symposium on Transport Phenomena*(ISTP-21), 高雄, 台湾 (2010.11)
- (3) 塚脇真二：Best Poster Presentation, International Conference on Wetland Ecosystem Services: Biodiversity, Livelihood and Sustainability, Khon Kaen, Thailand (2010.11)

#### 2 特許

- (1) 仁宮一章・高橋憲司・清水宣明：バイオマスの前処理法，特願 2010-235045 (2010) (2010年10月20日)。

#### 3 報道関係等

- (1) 塚脇真二：2010年6月19日：カンボジアとの懸け橋「環境政策の実現を」，北陸中日新聞朝刊 翔ぶ 北陸発世界行き 22。
- (2) 塚脇真二：2010年10月11日：金沢大生12人 初の海外就業体験 カンボジアを訪問 英語で実習や討論，北陸中日新聞朝刊。
- (3) 塚脇真二：2010年10月22日：世界遺産で就業研修 アンコール遺跡 金大生が来月成果報告，北國新聞朝刊。
- (4) 塚脇真二：2010年10月22日：アンコール遺跡調査隊世田谷で研究報告会「大気汚染が進んでいる」，毎日新聞朝刊都内版
- (5) 塚脇真二：2011年1月10日：水に生きるカンボジアの今－中－「無計画な地下水利用」，毎日新聞朝刊。
- (6) 塚脇真二：2011年2月22日：スーパー J チャンネル，テレビ朝日。

### 生物多様性研究部門

#### 1 学会賞等の受賞

- (1) 山岸功典：平成22年度日本動物学会中部支部大会，優秀発表賞。

## 2 報道関係等

- (1) 鈴木信雄：平成 22 年 5 月 3 日（北陸中日新聞）、5 月 12 日及び 16 日（北國新聞）：「きぼう」の国際宇宙ステーションを用いた宇宙実験を平成 22 年 5 月中旬に決定した事に関する記事.
- (2) 鈴木信雄：平成 22 年 5 月 8 日（北國新聞）：イカの皮の有効利用に関する記事.
- (3) 鈴木信雄：平成 22 年 7 月 18 日及び 8 月 31 日（北國新聞）：日本海イノベーション会議 2010 年度第 1 回プログラム.

# 研 究 報 告



# モンゴル・フブスグル湖堆積物の熱ルミネセンスカラー画像と古環境変動

稲垣 亜矢子<sup>1</sup>・長谷部徳子<sup>2</sup>・遠藤徳孝<sup>1</sup>・福士圭介<sup>2</sup>・伊藤一充<sup>1</sup>・柏谷健二<sup>2</sup>

<sup>1</sup>〒920-1192 金沢市角間町 金沢大学大学院自然科学研究科；

<sup>2</sup>〒920-1192 金沢市角間町 金沢大学環日本海域環境研究センター

INAGAKI Ayako, HASEBE Noriko, ITO Kazumi and KASHIWAYA Kenji

Thermoluminescence color image and paleoenvironment change in sediments of Lake Hovsgol, Mongolia

## 1 はじめに

地球表層の急激な気候変化が取り沙汰されている今日において、未来の変動を予測するためには過去の環境変動を理解し、その変動要因を特定する事は不可欠である。古環境の推定を行う際の情報源には、グリーンランドや南極の氷床コア、海洋底堆積物などがあり、その中でも湖沼堆積物には海洋と熱収支の大きく異なる陸域での環境変動の記録が期待されている。内陸高地の中緯度地域では季節間温度差が40℃以上になる地域もあるとされ、局地的な季節間変化が起こる(Short et al., 1991)。湖沼堆積物を用いた古気候復元の研究には、代替指標として堆積物の粒径や試料に含まれる花粉・珪藻・各種元素・生物起源物質などを用いる事が多い。このような指標に加えて、本研究では熱ルミネセンスカラー画像(Thermoluminescence color image: TLCI)解析(Hashimoto et al., 1986; 雁沢・窪北, 2001)と環境変動の関連性に着目した。デジタルカメラで撮影した TLCI の定量化技術(稲垣ほか, 2010)を発展させ、年代層序のある系統的なボーリングコア湖沼堆積物に応用し、新たな指標としての役割を持つかの検証を行うと共に、試料の供給源についての考察も行う。

## 2 試料

＜フブスグル湖(Lake Hovsgol)＞モンゴルのフブスグル湖で掘削されたコア試料 HDP04(全長 81.4m)を用いる。フブスグル湖周辺は極度の大陸・高山性気候で、その気候は太陽からの影響を大きく反映している。湖の集水域は小さく、周辺の水分量状況に対して敏感に反応する。HDP04 コアは岩上卒論(2008MS)で各種含有量の分析が行われ、Kashiwaya et al. (2010)では古地磁気や 14C 年代を用いて 57.4m(Brunhes 期)まで年代軸の挿入が行われている。本研究では最上部約 2m と 23~24m の不整合部を除き、2.10~59.49m 間を平均間隔 0.36m で、163 カ所から試料を分取した。

＜ダルハド盆地(Darhad Basin)＞フブスグル湖西方に位置し、寒冷化に伴い氷河湖と盆地の状態を繰り返していたと考えられている(Gillespie et al., 2008)ダルハド盆地周辺の 5 地点の露頭で、石灰岩試料を採取した。盆地の南東方向の斜面にある石灰岩基岩の Horidol Saridag 山脈はダルハド盆地とフブスグル湖の集水域に属しており、両方に炭酸塩砕屑物を供給している事が推察される。稲垣ほか(2010)で発光強度は塩酸可溶物が支配していると示唆している事を考慮し、フブスグル湖の後背地に分布する炭酸塩を採取する代わりに、本研究ではダルハド盆地周辺で採取された石灰岩とフブスグル湖に流入する炭酸塩鉱物が Horidol Saridag 山脈からの同一のものと仮定し、議論を行う。

＜試料調整＞パターン A: ルミネセンス現象を起こさない有機物を過酸化水素酸で除去し、<sup>60</sup>Co 線源の  $\gamma$  線 36kGy を照射して励起。全 163 試料；パターン B: 有機物の除去後大まかに粒径で分離し、同様に励起。全 14×2(粗粒・細粒)試料。粒度分析の結果、粗粒試料、細粒試料それぞれの平均中央粒径は 32.86  $\mu$ m, 5.61  $\mu$ m であった；パターン C: パターン A 試料で実験後、再び同条件で励起(TLCI 撮影を 2 回行う)。全 18 試料；ダルハド盆地試料: 粒子サイズに整えた後、同様に励起。全 5 試料。

### 3 実験

暗室内で試料を直径約 10mm のプレートに敷き詰め、ヒータ (230°C) に設置した後、30 秒間カメラのファインダを開放し TLCI の撮影を行う (約 800 万画素)。1 試料に対し 12 回を目安に撮影を行った。撮影された TLCI を定量的に扱うために、すべての発光点 (ピクセル) の色の RGB 値を読み取り、ピクセルごとの点で CIE 色度ダイアグラムに描出する。このダイアグラムには、短波長から長波長にかけて青、緑、黄、橙、赤が連続的に表示されているため、描出された点の領域を見ると対象とする TLCI がどの波長の色を持つかが一目で分かるようになっている。さらに赤 ( $R: 700 \geq R > 580 \text{ nm}$ ), 黄 ( $Y: 580 \geq Y > 565 \text{ nm}$ ), 緑 ( $G: 565 \geq G > 495 \text{ nm}$ ), 青 ( $B: 495 \geq B \geq 450 \text{ nm}$ ), 及び、紫 (P, 純紫軌跡線と標準白色光間の区域) の 5 つの領域に区分し、発光点がどの領域に属すかを分類、それぞれの領域に振り分けられたピクセル数を算出する。

### 4 結果と考察

同一試料における 12 回の実験から、発光数のばらつきが大きい事が分かった。またパターン C 試料の実験から、撮影の 1 回目よりも 2 回目の方が発光数が増加した事から、加熱される事で消失や結晶構造変化が起き、物性が変化しと考えられ、試料は再利用不可だと判明した。

ダルハド試料すべての CIE 色度ダイアグラム (図 1a) には、590~610nm のスペクトル軌跡線上に集中的に発光点が描出されるという特徴があり、パターン A のほとんどの試料のダイアグラム (図 1b) の発光点も、この領域と標準白色光を結ぶ線上に含まれていた。しかし、パターン A の 162 試料内 5 試料は緑-黄の 550~580nm に主な発光点を持ち、発光数も極端に少なかった。この年代は塩酸可溶物含有量も極端に減少している。以上からパターン A の赤の波長帯の発光は主に塩酸可溶物 (石灰岩) 起源だと考える。

パターン B の粗粒・細粒試料の比較から、粒径の大きな試料ほど高い発光数を示す事が分かった。また、細粒試料すべての TLCI の CIE 色度ダイアグラムには、他の試料には見られない特徴が多く見られた。ここでこの発光点が風成起源の石英からのものであると仮定し、氷河碎屑物の供給が増加し乾燥気候になる氷期に風成塵堆積物が増加する事 (成瀬・小野, 1997) を踏まえると、氷期に堆積したとされる試料のダイアグラムにこの発光点の特徴が多く見られる事が期待されるが、際立った増加はしていなかった。現段階では細粒試料には風成起源の石英含有量の増加傾向は見られず、広域的な風成塵を検出するには至らなかったが、定量的な議論にはさらに試料数を増やす必要がある。

TLCI の発光数と塩酸可溶物含有量・全岩粒径には関連性がある事が分かったので、年代によるそれらの変動を比較した結果 (図 2), 発光数と塩酸可溶物には正の関係が見られた。また塩酸可溶物含有量が少ないにも関わらず、発光数が多い年代では全岩粒径が大きくなる傾向があった (色の比率は他と同じ)。塩酸可溶物によらない赤色発光物質としては火山岩起源の石英が考えられるが、その特定は今後の課題である。以上から、TLCI の発光数は塩酸可溶物含有量に最も影響を受け、全岩粒径の中央値に大きな変動が生じた際は、粒径にも依存する事が分かったが、塩酸可溶物以外で発光している物質の断定には至らなかった。

発光数と海洋酸素同位体比・日射量の比較をそれぞれ行ったが、関係は見られなかった。間氷期には塩酸可溶物が減少する事を考慮すると、間氷期に発光数も減少する事が期待されるが対応した変動はなかった。発光数は特定の要因 (寒暖差) のみで変動する値ではない事が伺える。

明確な周期を持つ日射量の変化は、地球表層の気候変動に直結する因子である。HDP04 コアの堆積物特

性の変動にも日射量に関係のある周期が確認されており(岩上卒論, 2008MS), 同様の周期を発光数で確認するためにフーリエ解析を行った. 発光数の変動から抽出された 20kyr の周期の波形はフィルタをかける前のそれと類似している事から, 発光数は 20kyr の周期の因子に最も影響を受けているようであった. 周波数のピークを見ると不整合面上部では 20kyr 付近にピークが見られたが, 40kyr 付近には明確な信号は表れなかった.

## 5 結論

1. TLCI の発光数は再現性は良くないものの, 試料数・実験数を増やす事によって試料ごとに優位な差が確認された. 2. 石灰岩試料からの CIE 色度ダイアグラムの発光点領域と堆積物試料のそれは一致した事, 発光数の少ない試料には赤領域の発光点を確認されなかった事, 年代に対する塩酸可溶物と発光数の増減がほぼ一致している事から, 発光数のほとんどを占める赤の発光は炭酸塩鉱物起源だと分かった. 3. 粗粒試料は細粒試料の発光数を大幅に上回る. 4. 細粒試料のほとんどの CIE 色度ダイアグラムに特徴的な発光点が見られたが, 試料の給源を特定するには至らなかった. 5. 発光数の増減は特定の因子(温暖差)のみに影響を受けている訳ではない. 6. スペクトル解析から, 発光数は 20kyr 周期を持つ因子に大きな影響を受けている事が分かった.

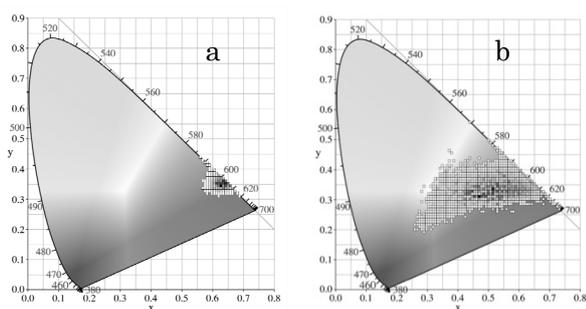


図 1. (a) ダルhad盆地試料 DR3-1 の TLCI の CIE 色度ダイアグラム. (b) パターン A の代表的な TLCI の CIE 色度ダイアグラム. 791.16 kyr B.P. に堆積した試料の結果.

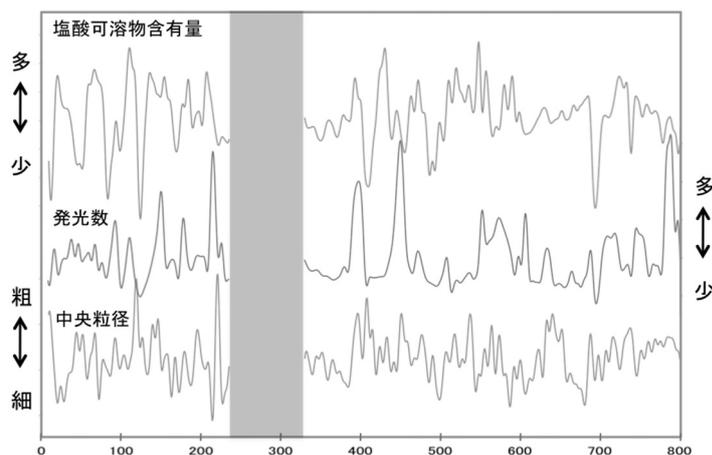


図 2. 上から塩酸可溶物含有量, 発光数, 中央粒径の変動. 灰色の網かけは不整合部.

## 参考文献

雁沢良博, 窪北耕治 (2001) 石英の熱蛍光カラー画像(TLCI)と画像解析(TLCI-CIA)による風成粘度層の起源推定, 第四紀研究, 40, 403-413.

Gillespie, A.R., Burke, R.M., Komatsu, G., Bayasgalan, A. (2008) Late Pleistocene glaciers in Darhad Basin, northern Mongolia. Quaternary Research, 69, 169-187.

Hashimoto, T., Koyanagi, A., Yokosaka, K., Hayashi, Y., Sotobayashi, T. (1986) Thermoluminescence color images from quartzs of beach sands. Geochemical Journal, 20, 111-118.

稲垣亜矢子, 長谷部徳子, 遠藤徳孝, 伊藤一充 (2010) 熱ルミネセンスのデジタル写真撮影と Java アプリケーションを用いた色の数値化方法. 地質学雑誌, 116, 690-693.

岩上真二郎. (2008MS) フブスグル湖堆積物に基づくバイカル湖集水域における気候・水文環境変動の推定. 金沢大学卒業論文.

Kashiwaya, K., Ochiai, S., Sumino, G., Tsukamoto, T., Szyniszewska, A., Yamamoto, M., Sakaguchi, A., Hasebe, N., Sakai, H., Watanabe, T., Kawai, T. (2010) Climato-hydrological fluctuations printed in long lacustrine records in Lake Hovsgol, Mongolia. Quaternary International, 219, 178-187.

成瀬敏郎, 小野有五. (1997) レス・風成塵からみた最終氷期のモンスーンアジアの古環境とヒマラヤ・チベット高原の役割. 地学雑誌, 106, 205-217.

Short, D.A., Mengel, J.G., Crowley, T.J., Hyde, W.T., Northet, G.R. (1991) Filtering of Milankovitch cycles by Earth's geography. Quaternary Research, 35, 157-173.

## ベントナイトの熱年代学

山田浩史<sup>1</sup>・長谷部徳子<sup>2</sup>・福士圭介<sup>2</sup>・田村明弘<sup>3</sup>・荒井章司<sup>4</sup>

<sup>1</sup>〒920-1192 金沢市角間町 金沢大学大学院自然科学研究科；

<sup>2</sup>〒920-1192 金沢市角間町 金沢大学環日本海域環境研究センター

<sup>3</sup>〒920-1192 金沢市角間町 金沢大学フロンティアサイエンス機構

<sup>4</sup>〒920-1192 金沢市角間町 金沢大学理工学域自然システム学系

YAMADA Hiroshi, HASEBE Noriko, FUKUSHI Keisuke, TAMURA Akihiro and ARAI Shoji

### Thermochronology of bentonite

#### 1 はじめに

ベントナイトとは凝灰岩が続成変質、または熱水変質を受けることによって生成される、粘土鉱物スメクタイトを主成分とする岩石である。高レベル放射性廃棄物地層処分において、炭素鋼オーバーパックスの周辺をベントナイトで覆う方法が提案されている (JNC, 2000)。このときのベントナイトは、膨潤性、止水性、吸着性が長期にわたって維持されることが期待されている。しかし、炭素鋼は時間の経過とともに腐食して含鉄溶液を生じ、この溶液が周辺のベントナイトに接触すると、期待されている性質が失われてしまう可能性がある。これは処分場成立の根幹に関わる問題であるため、鉄-ベントナイト相互作用の詳細な研究が必要とされている。地層処分は地質学的な時間スケールにわたって安全性が保証されなければならないため、本研究を地層処分に適用する為には、処分環境に近い天然環境における鉄-ベントナイトの長期相互作用の研究が必要である。また、鉄-ベントナイト相互作用を解明するためには、①どのような岩石学的・鉱物学的変化をしたか、②どの程度の期間・温度で変質したか、③どのような化学的条件で変質したか、など多くのことを明らかにする必要がある。本研究では②どの程度の期間・温度でベントナイトが変質したかを議論すると同時にベントナイトの原岩の噴出、ベントナイトの生成などのプロセスについても議論を行うことを目的とした。

#### 2 分析手法

本研究ではフィッシュトラック (以下 FT) 法及び  $^{238}\text{U}$ - $^{206}\text{Pb}$  (以下 U-Pb) 法を用いる。FT 法は鉱物中に存在する  $^{238}\text{U}$  の自発核分裂によって形成された傷跡 (トラック) を用いる年代測定法であり、鉱物が一定以上の温度にさらされるとトラックの短縮が起きることを利用して熱履歴の解析にも用いられている。なお FT 法では、 $^{238}\text{U}$  の自発核分裂によって生じた自発トラック密度と、試料に中性子照射を行い  $^{235}\text{U}$  の誘導核分裂によって生じた誘導トラック密度の比から年代値を算出する方法と、LA-ICP-MS を用いて  $^{238}\text{U}$  濃度を直接測定し、年代値を算出する方法がある (Hasebe et al., 2004)。本研究では主に後者の方法を用いたが、一部の試料のアパタイトについては LA-ICP-MS を用いた FT 年代 (LA-AFT 年代) を算出した後に、中性子照射を行い別に FT 年代 (NE-AFT 年代) を算出した。U-Pb 法は、 $^{238}\text{U}$  が最終的に  $^{206}\text{Pb}$  に壊変することを用いた年代測定法であり、その閉鎖温度の高さから U-Pb 年代は鉱物の形成年代を示すと考えられる。FT 年代測定はアパタイト、ジルコンについて、U-Pb 年代測定はジルコンについて行った。

#### 3 試料

露天掘りベントナイト鉱山である川崎鉱山から試料を採取した。川崎鉱山は宮城県に位置し、この地

域の地質は下位から大森層、作並層（13～15Ma：微化石年代）、遠刈田層（13Ma：K-Ar 年代）が分布している（大槻ほか(1986)）。川崎鉦山のベントナイトの原岩は作並層に挟まれる厚い凝灰岩層である。鉦床中には鉄を含む熱水によって生成したと考えられる緑色熱水脈が散在し、熱水脈周辺のベントナイトは鉄によって変質していると考えられる。緑色脈と変質ベントナイトを含む試料（KW1）、弱変質ベントナイト（KW2）、未変質ベントナイト（KW3）、ベントナイト層中に含まれる凝灰岩（KW4）の分析を行った。

#### 4 結果と考察

年代測定の結果を図1に示す。LA-AFT 年代がジルコン FT（ZFT）年代、U-Pb 年代、原岩試料の LA-AFT 年代よりも古いことが分かる。しかし、LA-AFT 年代に誤差を含めて ZFT、U-Pb 年代と比較すると誤差の範囲内で一致するため、ベントナイト試料の LA-AFT 年代が明らかに古くなっているとは言い切れない。また NE-AFT 年代は ZFT、U-Pb 年代と良く一致した。これは LA-ICP-MS による低濃度  $^{238}\text{U}$  の定量もしくは、LA-ICP-MS を用いた FT 年代の算出過程における不確定さに起因して LA-AFT 年代が古くなったことを意味している可能性がある。

また KW4 のみ各ジルコン粒子の U-Pb 年代にばらつきが見られた。U-Pb 年代のばらつきは堆積過程で異起源粒子の混入が起こったことを意味している。これは KW4 のみにおいて異質の岩石の混入、つまり異起源粒子の混入が起きたために、KW4 だけが他の原岩部分とは異なる組成となりベントナイト化せずに原岩試料として残ったことを示唆する。つまり、異起源岩石の混入がベントナイト生成を妨げる要因である可能性がある。

図2から川崎鉦山ではベントナイト試料のアパタイトの  $^{238}\text{U}$  濃度は原岩のものよりも低いことが分かる。このことから、川崎鉦山ではベントナイト生成時にアパタイトからの  $^{238}\text{U}$  の拡散、もしくは元々存在したアパタイトが溶解し、その後  $^{238}\text{U}$  濃度の低い新たなアパタイトの生成が起きた可能性があると考えられる。しかし、Cherniak, (2005)ではアパタイトからの U の拡散には数百万年間、約  $900^{\circ}\text{C}$  の熱を受ける必要があるとされるため、アパタイトからの  $^{238}\text{U}$  の拡散が起きたとは考えにくい。一方で、川崎鉦山のアパタイトの誘導トラックの分布を得た結果、ベントナイト試料のアパタイトの誘導トラックが粒子のリムに濃集していた。Cherniak et al. (1991)、Knutson et al. (1985)、Ronsbo, (2008)の先行研究を考慮すると、この誘導トラックの分布はアパタイトの累帯構造を示しており、ベントナイト試料と原岩試料に含まれるアパタイトの生成プロセスが異なっていたことを示唆している可能性が高いため、新たなアパタイトの生成を支持していると考えられる。

川崎鉦山の試料で得られたアパタイトのトラック長分布（図3）からはトラック長の短縮が認められた。この短縮は、加熱期間を 100 万年間と仮定すると約  $100^{\circ}\text{C}$  の熱を示している（Laslet et al., 1987）。ベントナイト試料中のアパタイトは新しく生成したものであるため、ベントナイト試料のアパタイトが示すトラック長の短縮は全てベントナイト変質時の加熱を示していることになる。ここで Fukushi et al., (2010) によって熱水脈に接した変質ベントナイトの受けた熱は  $100^{\circ}\text{C}$  以下と示されていることを考慮すると、ベントナイト変質時の加熱期間は 100 万年もしくはそれよりも長い期間であることが示唆される。

#### 5 結論

川崎鉦山のベントナイト試料中のアパタイトはベントナイト生成の際に溶解・再結晶化を起こした可能性が高い。先行研究の結果と川崎鉦山の試料において見られたアパタイトのトラック長の短縮を考慮

すると、ベントナイト変質時の加熱温度・期間が約 100°C以下・100 万年以上であると推定出来た。また、原岩中に異起源岩石が混入することがベントナイト生成を妨げる要因である可能性が示唆された。

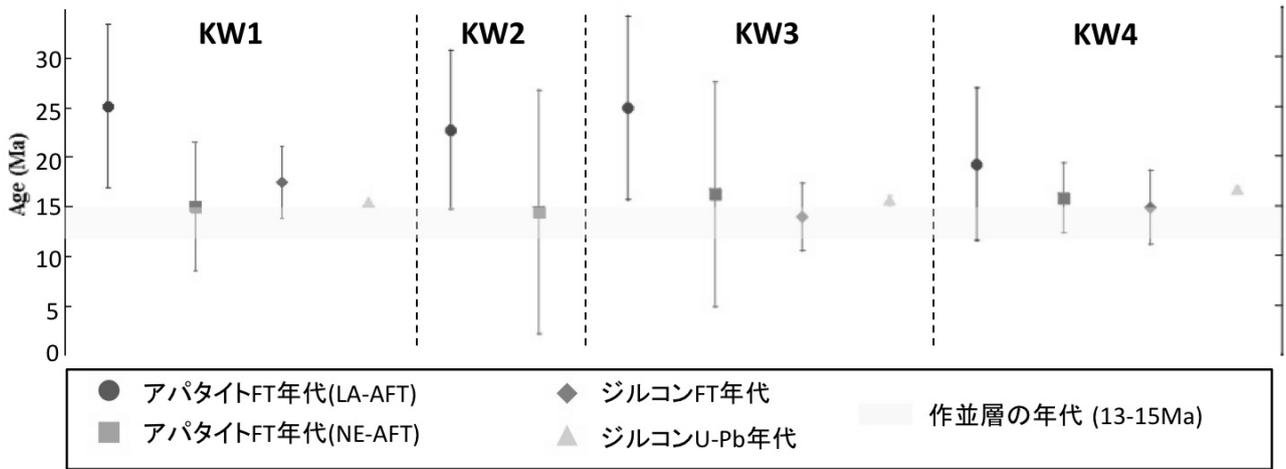


図1 年代測定結果。誤差は2σ。

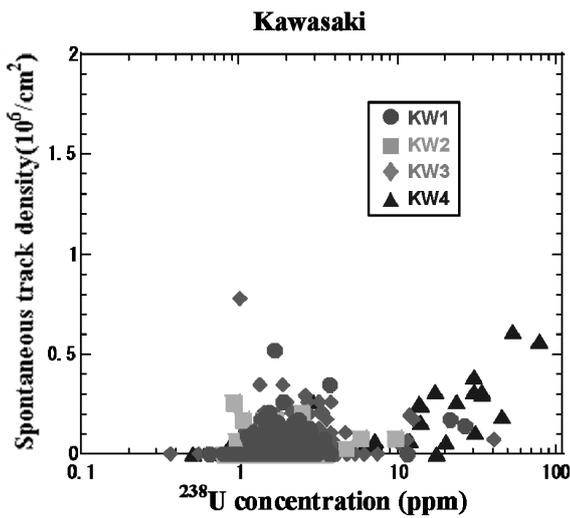


図2. アパタイトの  $^{238}\text{U}$  濃度分布図. 煩雑さを避けるためにエラーバーは示されていない。

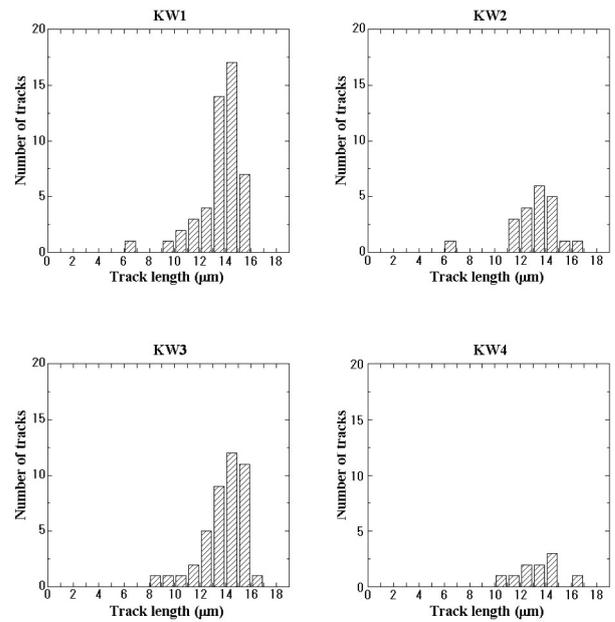


図3. トラック長測定結果.

#### 参考文献

- Cherniak, D.J., Lanford, W.A., Ryerson, F.F., (1991). Lead diffusion in apatite and zircon using ion implantation and Rutherford Backscattering techniques. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 55, 1663-1673.
- Cherniak, D.J., (2005). Uranium and manganese diffusion in apatite. *Chemical Geology*, 219,

297-308.

- Fukushi, K., Sugiura, T., Morishita, T., Takahashi, Y., Hasebe, N., Ito, H. (2010). Iron-bentonite interactions in the Kawasaki bentonite deposit, Zao area, Japan. *Applied Geochemistry*, 25, 1120-1132.
- Hasebe, N., Barbarand, J., Jarvis, K., Carter, A., Hurford, A. J. (2004) Apatite fission-track chronometry using laser ablation ICP-MS, *Chemical Geology*, 207, 135-145.
- JNC (2000) わが国における高レベル放射性廃棄物地層処分の技術的信頼性—地層処分研究開発第2次取りまとめ—。核燃料サイクル開発機構。総論レポート。JNC TN1400 99-020.
- Knutson, C., Peacor, D.R., Kelly, W., (1985). Luminescence, color and fission track zoning in apatite crystals of the Panasqueira tin-tungsten deposit, Beira-Baixa, Portugal. *American Mineralogist*, 70, 829-837.
- Laslett, G.M., Green, P.F., Duddy, I.R., Gleadow, A.J.W., (1987). Thermal annealing of fission tracks in apatite 2. A quantitative analysis. *Chemical Geology*, 65, 1-13.
- 大槻憲四郎, 斉藤常正, 吉田武義 (1986) 新生代東北本州弧地質資料集(北村信 編). 第3巻, その3, 島弧横断ルート No.24.
- Ronsbo, J.G., (2008). Apatite in the ilimaussaq alkaline complex: occurrence, zonation and compositional variation. *Lithos*, 106, 71-82.

## Vertical distributions of $^{226}\text{Ra}$ , $^{228}\text{Ra}$ , and $^{137}\text{Cs}$ activities in the southwestern part of the Sea of Okhotsk

M. Inoue<sup>1</sup>, K. Yoshida<sup>1</sup>, M. Minakawa<sup>2</sup>, H. Kofuji<sup>3</sup>, S. Nagao<sup>1</sup>, Y. Hamajima<sup>1</sup> and M. Yamamoto<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa University

<sup>2</sup>Fisheries Research Agency, National Research Institute of Fisheries Science

<sup>3</sup>Japan Marine Science Foundation

In the southwestern Sea of Okhotsk, circulation of water masses is markedly complicated and variable. In winter, the convective mixing of surface water is believed to form an intermediate layer. However, the vertical circulation characteristics have not yet been well determined. In this study, we applied low-background  $\gamma$ -spectrometry to conduct an investigation of vertical profiles of  $^{226}\text{Ra}$  ( $t_{1/2} = 1600$  y),  $^{228}\text{Ra}$  (5.75 y), and  $^{137}\text{Cs}$  (30.2 y) in the southwestern part of the Sea of Okhotsk, so we could elucidate the flow patterns of water masses in this area.

**Samples and experimental methods:** We collected 14 seawater samples (~60 L) on the southwestern slope of the Kuril Basin in the Sea of Okhotsk (site *SY09C*; N45°01', E145°01'; 1850 m depth) during the *Soyo Maru* expedition (Jul-Aug 2009). Detailed explanations of experimental procedures are presented elsewhere.

**Results and Discussion:** The water column in this area is considered to consist of intermediate cold water (ICW) (temperature of -1.8-+2°C, salinity of 32.8-33.4) (50-300 m), transient layer water (TLW) (1-2°C, 33.4-34.3) (300-1200 m), and deep layer water (below ~1200 m to bottom) beneath the surface water (above ~50 m) (Figs. 1a and b). The variation of  $^{226}\text{Ra}$  activity in surface and ICW is small (~2 mBq/L) (Fig. 1c). In the transient and deep layers,  $^{226}\text{Ra}$  activity gradually increases from 2-5 mBq/L, reflecting the reserve of  $^{226}\text{Ra}$  that is continuously supplied from bottom sediment (and settling particles) and/or the long residence time of deep layer water.  $^{228}\text{Ra}$  activity in the ICW exhibits small variation (~0.4 mBq/L) after the decrease from the surface (~0.6 mBq/L) (Fig. 1d).  $^{228}\text{Ra}$  activity steeply decreases in TLW and is markedly low in the deep layer water (<0.1 mBq/L). The profile of  $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$  ratio mainly results from large variation in the activity of short-lived  $^{228}\text{Ra}$ , exhibiting a constant value (0.15) in ICW (Fig. 1e).  $^{137}\text{Cs}$  activity in the *SY09C* waters also exhibits small variation in ICW (~1 mBq/L), remaining similar to the surface level, and it continues to decrease in TLW and the deep layer water (0.5 to 0.1 mBq/L) (Fig. 1f).  $^{137}\text{Cs}$  activity of the *SY09C* waters is lower than that of waters from the Japan Basin in the Sea of Japan (the site *SY09B*; N43°00', E138°00'; 3700 m depth; our unpublished data) at all depths and, therefore, the estimated inventory of *SY09C* waters (0.7 kBq/m<sup>2</sup>; 0-1850 m depth) is approximately 1/3 times that of the *SY09B* waters (2 kBq/m<sup>2</sup>; 0-2000 m). This indicates that the water current from the Sea of Japan do not contribute to effective accumulation of  $^{137}\text{Cs}$  in the southwestern Sea of Okhotsk. In the northwestern Okhotsk, rapid sea-ice formation leads to production of dense shelf water (26.9 $\sigma_\theta$  maximum density), which directly joins to Okhotsk Sea Intermediate water (26.8-27.4 $\sigma_\theta$ ; 250-1000 m depth) in the off-shore area. Nuclide features in ICW are plausibly explained by downward delivery of  $^{228}\text{Ra}$  and  $^{137}\text{Cs}$  from the surface accompanying the convective

mixing of surface water, which starts to migrate from the northwest Okhotsk to this area, before/during the homogenization by vertical mixing. Activities of all nuclides in the water sample from 500 m depth remain at similar levels as those of ICW, suggesting that the convection of surface water affects the upper part of TLW.

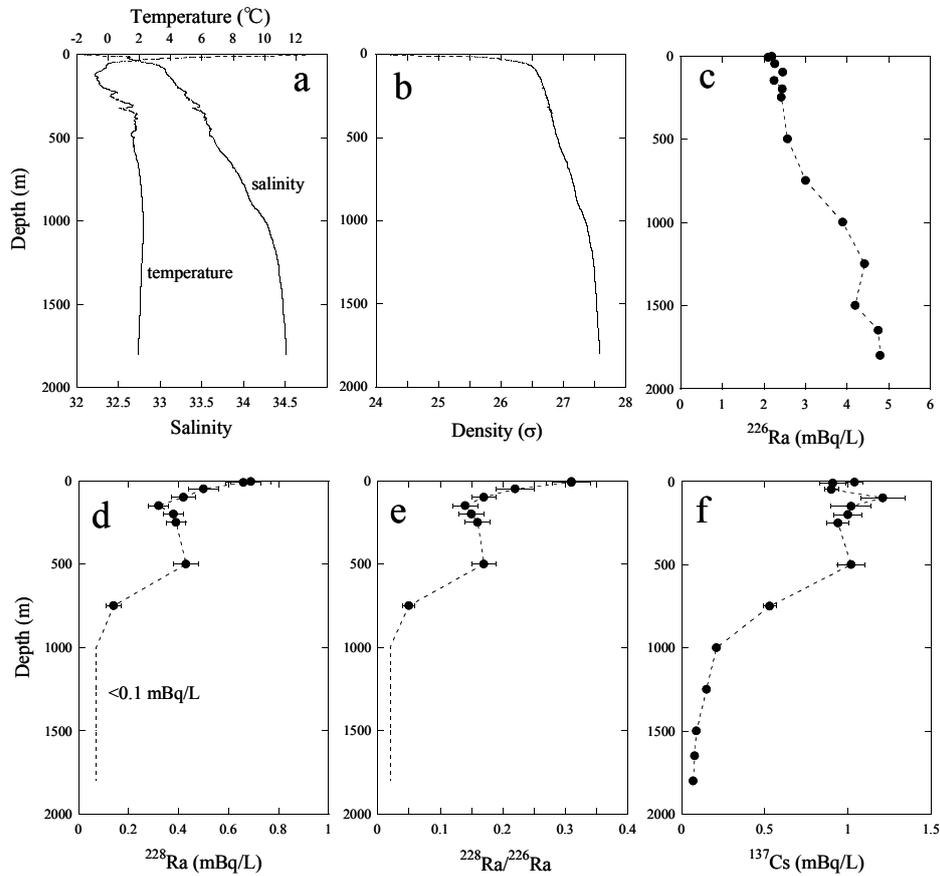


Fig. 1: Vertical profiles of a) salinity and potential temperature, b) density, c)  $^{226}\text{Ra}$  and d)  $^{228}\text{Ra}$  activities, e)  $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$  ratio, and f)  $^{137}\text{Cs}$  activity of the *SY09C* water samples.

# サロベツ原野の地下水における有機物の特徴

西村周作<sup>1</sup>、柴田英昭<sup>2</sup>、長尾誠也<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 〒923-1224 石川県能美市和気町 金沢大学環日本海域環境研究センター(低レベル放射能実験施設)

<sup>2</sup> 〒060-0811 北海道札幌市北区 北海道大学北方生物圏フィールド科学センター

Nishimura S.<sup>1</sup>, Shibata H.<sup>2</sup>, Nagao S.<sup>1</sup>: Characteristics of organic matter in groundwater from Sarobetsu field

<sup>1</sup> Institute of Nature and Environmental Technology (Low Level Radioactivity Laboratory), Kanazawa Univ.

<sup>2</sup> Field Science Center for Northern Biosphere, Hokkaido Univ.

## 1. はじめに

陸域生態系における炭素の一部は河川を経由して海洋へと移行する。この過程において土壌間隙水に溶け込んだ溶存有機物は地下水中の養分元素や放射性核種の移行性や生物利用性・毒性に影響を与えている。このような相互作用は普遍的に行われており、溶存有機物の動態を把握することで環境生態系を維持していくことが可能であると考えられている。近年、三次元蛍光分光光度法により溶存有機態炭素(DOC)濃度の低い河川、湖水および海水における有機物の特性が明らかにされている。さらに、地下水における有機物の蛍光特性についても明らかにされている[1]。しかしながら、地下水における有機物の特徴は、鉛直方向(浅地層から深地層への縦移動)についての報告は多々みられるが、水平方向(ほぼ同じ深度の地層間での横移動)について調査した報告はあまりみられない。本研究では、サロベツ原野の5地点の浅地層地下水における有機物の特徴について、年間の観測から把握することを目的とした。

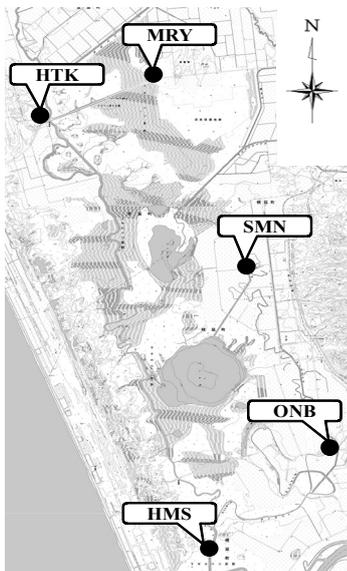


図1 サロベツ原野における地下水採取地点

## 2. 試料および方法

サロベツ原野は、北海道の北端に近い宗谷丘陵の南西側に位置し、面積約216km<sup>2</sup>の日本有数の湿原で、東西約8km、南北約27kmにわたり、丘陵や砂州・砂丘を交互に挟んで日本海に面している。また、わが国の泥炭地としても石狩平野、釧路湿原に次ぐ規模を有している。今回、丸山(MRY)、豊富(HTK)、下沼(SMN)、オンネベツ(ONB)および浜里(HMS)にある観測井戸において2007年から2009年の1月、5月、8月および11月に地下水を採取した(図1)。採取した地下水はGF/Fフィルターでろ過した。得られた地下水のDOC濃度、三次元蛍光スペクトル、紫外可視スペクトルおよび高速液体サイズ排除クロマトグラム(紫外(280nm)および蛍光(励起波長(Ex)320nm/蛍光波長(Em)430nm)検出器を使用)を測定し、有機物の特性分析を行った[2]。

## 3. 結果と考察

地下水中のDOC濃度は0.79~16.3mg L<sup>-1</sup>の範囲に分布し、HMSは一部を除く採水月において最も高い値を示した(図2)。また、DOC濃度は1月および11月より5月および8月の方で高い値を示したが、HTKでは11月の方で高い値を示した。

三次元蛍光スペクトルは、Ex305~320nm/Em430~435nmおよびEx325~345nm/Em420~435nmに蛍光ピークが各試料で見られ、これらのピークは既報の結果からフルボ酸様物質であると考えられた[3]。また、試料には芳香族アミノ酸のチロシンおよびトリプトファンに由来する波長位置(Ex280nm/Em305nmおよびEx280nm/Em335nm)にピークが見られた。フルボ酸様物質(Ex320nm/Em430nm)の相対蛍光強度もDOC濃度と同様の変動傾向を示した。

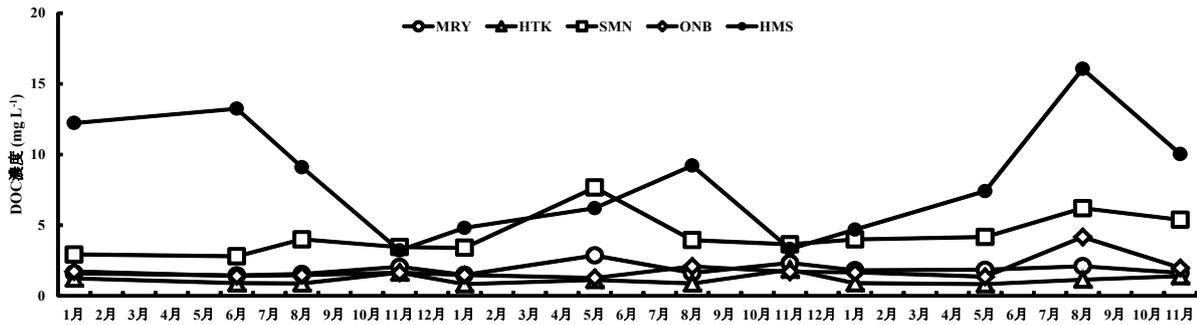


図2 地下水の DOC 濃度

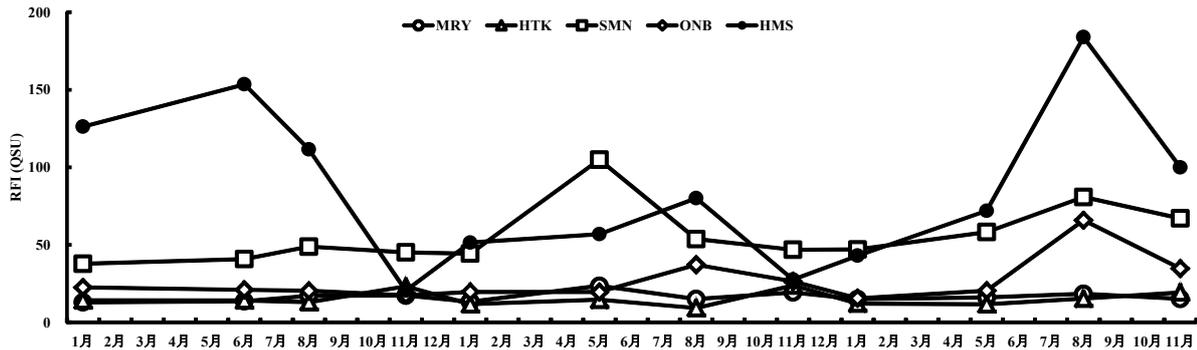


図3 フルボ酸様物質 (Ex320nm/Em430nm) の相対蛍光強度

地下水の紫外可視スペクトルはいずれの試料においても 260nm 付近に滑らかなブロードが見られ、紫外 280nm の吸光度は DOC 濃度と類似した変動傾向を示した。

高速液体サイズ排除クロマトグラムはいずれの試料も保持体積 9.1mL、9.8mL、11.5mL に検出されるピークと 13.0mL 付近に微弱なピークが検出された。これらのピークは、紫外および蛍光検出の両者で見られ、標準物質（琵琶湖水フルボ酸、日本腐植物質学会頒布）で検出されたピーク位置および形状と類似していた。また、ピーク強度比 (9.1mL/9.8mL) は、ONB を除くすべての試料で DOC 濃度と同様の変動傾向を示した。DOC 濃度、フルボ酸様物質の相対蛍光強度、紫外 280nm の吸光度、紫外および蛍光で検出された全ピーク面積の間には其々高い正の相関関係がみられた。

本研究で得られた結果から、サロベツ原野の地下水の有機物はフルボ酸様物質を多く含有しており、採取した地点および年月において有機物の濃度および特性に違いがあることが確認された。また、これらの違いは季節間においてもみられ、一部の試料では、1月および11月と5月および8月との間においても生じていることが確認された。以上のことから、地下水における有機物の存在量は流域の環境、例えば積雪や流入量などによる影響を大きく反映するものであることが推測された。

#### <引用文献>

- [1] 長尾ら, 原子力バックエンド研究, 15, 69-76 (2009)
- [2] 長尾ら, 原子力バックエンド研究, 15, 77-86 (2009)
- [3] 長尾誠也, 環境中の腐植物質 (石渡ら編), 三共出版, 30-48 (2008)

## 能登半島の貯水池堆積物に基づく集水域環境変動の推定

落合伸也<sup>1</sup>、長尾誠也<sup>1</sup>、米林甲陽<sup>2</sup>、福山泰治郎<sup>3</sup>、山本政儀<sup>1</sup>、柏谷健二<sup>4</sup>、中村浩二<sup>4</sup>

<sup>1</sup>〒923-1224 石川県能美市和気町 金沢大学 環日本海域環境研究センター LLRL

<sup>2</sup>〒921-8836 石川県石川郡野々市町末松 1-308 石川県立大学 生物資源環境学部 環境科学科

<sup>3</sup>〒399-4598 長野県上伊那郡南箕輪村 830 信州大学 農学部 森林科学科

<sup>4</sup>〒920-1192 石川県金沢市角間町 金沢大学 環日本海域環境研究センター

Ochiai, S., Nagao, S., Yonebayashi, K., Fukuyama, T., Yamamoto, M., Kashiwaya, K., Nakamura, K.: Environmental changes inferred from small reservoir sediments in Noto Peninsula

### 1. はじめに

地表を構成する地表物質（土砂・有機物など）は、流水の作用によって陸域から海洋へと運搬される。地表環境（地形・植生・土地利用など）の変化はこうした物質の運搬に影響を与えられている。本研究の調査対象地域である能登半島においては、人間活動による地表環境変化（森林・水田の管理放棄などによる植生・土地利用変化）が起こりつつある。こうした環境変化が集水域の物質運搬へもたらす影響の評価のためには、過去から現在に至る環境変化の連続的な把握と、地表物質の運搬過程の解明が不可欠である。本研究では、集水域における物質運搬過程およびその経時的変化を評価するために小規模な貯水池に着目する。集水域から貯水池へ流入し堆積する土砂・有機物の物理特性・有機物特性は、降水量など水文環境や地表環境によって影響されると考えられる。このため、貯水池堆積物を用いて、過去の水文環境変動、地表環境変動を連続的に推定することが可能である。

そこで本研究では、能登半島の貯水池-集水域系における水文・地表環境の経時変化を推定すること、これらの貯水池-集水域系における土砂・有機物の運搬過程の解明を目的とする。

### 2. 調査対象地と手法

2009年10月にビシャグソ池（七尾市）、新池（珠洲市）において、重力落下式コアサンプラーを用いて、それぞれ26cm、31cmの表層堆積物コアを採取した。これらのコアは1cm間隔で切断し、それぞれの試料について以下の有機物特性、物理特性の分析を行った。全有機炭素含有量（TOC）、全窒素含有量（TN）、炭素・窒素同位体比（ $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$ ）は、元素分析装置、質量分析装置によって測定を行った。生物起源シリカ含有量は、Mortlock and Froelich (1989)に基づく吸光光度法によって測定を行った。鉱物粒径は貯水池内由来の有機物、炭酸塩、生物起源シリカの除去後に、レーザー回折粒度分布測定装置によって測定した。

### 3. 結果と考察

ビシャグソ池においては、堆積物のC/N比は10から13を示しており、貯水池内での生物生産を反映する生物起源シリカ量も比較的低い。このことはビシャグソ池堆積物では、集水域由来の有機物の寄与が比較的大きいことを示唆している。この結果は比較的大きな水域面積/集水面積比に関連していると考えられる。C/N比は上部に向かって徐々に減少しており、同様に降水量変動を反映する鉱物粒径も減少している。これらの結果は、降水量の多い時期に、C/N比の高い集水域由来の有機物が土砂粒子とともに貯水池に流入しており、降水によるこれらの物質の流入は徐々に減少してきていることを示唆している。

新池においては、C/N 比は 9 前後の値を示しており、ビシャグソ池より小さい。生物起源シリカ量も高い値を示している。このことは貯水池内で生産される有機物がより卓越していることを示唆している。この結果は新池の水域面積/集水面積比（約 10）がビシャグソ池（約 31）より小さいことに関連していると考えられる。深度 10-20cm において鉱物粒径が大きくなる部分が見られ、この部分においては C/N 比もわずかに増加している。これらの結果は、新池においても降水量の多い時期に流域由来の有機物が貯水池に流入していることを示唆している。これらのことから、両池において地表物質の流出に影響を与える環境変化があったことが考えられる。

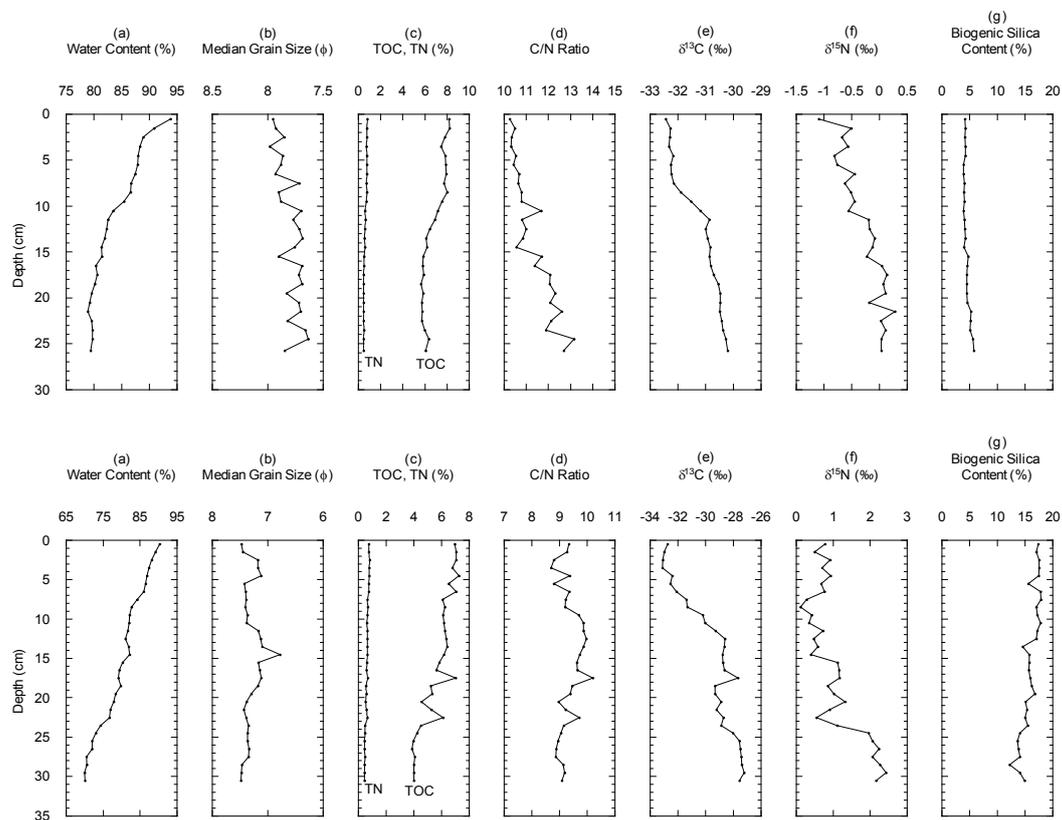


Fig.1 Vertical changes in (a) water content, (b) mineral grain size, (c) TOC and TN, (d) C/N ratio, (e) Carbon isotope ratio  $\delta^{13}\text{C}$ , (f) nitrogen isotope ratio  $\delta^{15}\text{N}$ , and (g) biogenic silica content for the cores from Bishaguso-ike (upper graphs) and Shin-ike (lower graphs).

# 放射性炭素を用いた十勝川水系における溶存有機物の移行挙動研究

長尾誠也<sup>1</sup>、藤嶽暢英<sup>2</sup>、田中孝幸<sup>3</sup>、荒巻能史<sup>4</sup>、児玉宏樹<sup>5</sup>、山本政儀<sup>1</sup>、  
内田昌男<sup>4</sup>、柴田康行<sup>4</sup>

<sup>1</sup>〒923-1224 石川県能美市和気町 金沢大学環日本海域環境研究センターLLRL

<sup>2</sup>〒657-8501 兵庫県神戸市灘区六甲台 神戸大学大学院農学研究科

<sup>3</sup>〒035-0064 青森県むつ市港町 日本原子力研究開発機構青森研究開発センター

<sup>4</sup>〒305-8506 茨城県つくば市小野川 国立環境研究所化学環境研究領域

<sup>5</sup>〒840-8502 佐賀県佐賀市本庄町 佐賀大学総合分析実験センター

NAGAO, S., FUJITAKE, N., TANAKA, N., ARAMAKI, T., KODAMA, H., YAMAMOTO, M., UCHIDA, M., SHIBATA, Y.

Study on transport of dissolved organic matter in the Tokachi River system using radiocarbon.

## 【はじめに】

陸域から海洋へ供給される溶存態および懸濁態有機物は、地球表層での炭素循環において重要な移行成分と考えられている。特に溶存態有機物の40～80%を占める高分子電解質の有機酸である腐植物質（フミン酸、フルボ酸）は難分解性であり、炭素の貯蔵媒体と考えることが出来る。また、腐植物質は微量金属イオンとの錯形成能が高く、微量金属のキャリアとして作用し、陸域及び海洋沿岸域における生物地球化学的な反応に関与している。近年の土地利用変化に伴い、河川流域土壌の流出、土壌有機物の分解等が進行し、生態系への影響評価が重要な検討課題と考えられている。そのため、地球表層での物質循環に重要な役割を担っている溶存腐植物質の特徴、移行挙動及び起源を推定することが重要となる。

$\Delta^{14}\text{C}$  と  $\delta^{13}\text{C}$  値とを組み合わせた解析評価手法は、陸域での有機物の移行動態を検討するトレーサーとしての有効性が報告され、溶存有機物、腐植物質、懸濁態有機物に適用され始めた (Raymond and Bauer, 2001, Nagao et al., 2004, 2005 等)。本研究では、溶存有機物の大部分を占める腐植物質に着目し、北海道十勝川の上流、中流および下流で採取した腐植物質の放射性炭素と炭素安定同位体比を測定し、流下方向での腐植物質の特徴から、輸送機構を検討した結果を報告する。

## 【実験】

河川水中の溶存腐植物質は、北海道の十勝川上流の共栄橋において2004年と2005年の6月、下流の茂岩橋では2003年9月と2005年6月、十勝川中流に位置する支流の小河川、売買川では2005年6月にDAX-8樹脂等を用いて河川水から分離した(図1)。DAX-8樹脂に吸着した腐植物質は水酸化ナトリウムで脱離させ、塩酸でpH1に調整し、沈殿するフミン酸と溶液に溶存するフルボ酸に分離した。フルボ酸は再度DAX-8樹脂に吸着させ、その他の有機物と分離し、陽イオン交換樹脂、浸透膜を用いて精製した。最終的には、真空凍結乾燥により粉末状の試料を得た。

C-14/C-12の測定は、日本原子力研究開発機構青森研究開発センターむつ事務所、及び国立環境研究所の加速器質量分析計を使用した。測定した値は $\Delta^{14}\text{C} = ((\text{pMC}/100) - 1) \times 1000$ として表した。また、C-13/C-12の測定は、質量分析計により行い $\delta^{13}\text{C}$ 値として表した。腐植物質の炭素・水素・窒素含量は元素分析計により測定した。

## 【結果と考察】

十勝川水系の河川水フミン酸(HA)とフルボ酸(FA)試料の測定結果は図2に示した。十勝川河川水の腐植物質は、 $\delta^{13}\text{C}$ 値が $-27.7 \sim -26.5\text{‰}$ 、 $\Delta^{14}\text{C}$ 値は $-247 \sim +23\text{‰}$ と比較的大きな変動幅を示した。河川水のフルボ酸はフミン酸に比べて $\delta^{13}\text{C}$ 値は低く、 $\Delta^{14}\text{C}$ 値は高い傾向であった。上流の共栄橋では $\Delta^{14}\text{C}$ 値がプラスであり、核実験以後の有機物が流域から供給されていることを示唆している。フミン酸とフルボ酸の炭素同位体比が異なるのは、土壌からの溶出部位の違い、あるいは、起源の違いが関与している可能性が考えられる。

また、十勝川下流の腐植物質の $\Delta^{14}\text{C}$ 値はフミン酸とフルボ酸ともに上流に比べて低く、支流の売買川が一番低い値であった。このことは、上流から下流に流下するまでに、比較的古

い腐植物質の河川への供給量が増加することが考えられる。

### 謝辞

本研究での放射性炭素の分析の一部は、日本原子力研究開発機構の施設利用において実施した。記して感謝する。

### 文献

- Raymond,P.A. and Bauer,J.E.(2001) Riverine export of aged terrestrial organic matter to the North Atlantic Ocean. *Nature*, 409, 1707-1717.
- Nagao,S., Aramaki,T., Fujitake,N., Matsunaga,T. (2004) Radiocarbon of dissolved humic substances in river waters from the Chernobyl area. *Nucl. Instr. Method Phys. Res. B*, 223-224, 848-853.
- Nagao,S., Usui,T., Yamamoto,M., Minagawa,M., Iwatsuki,T. and Noda,A. (2005) Combined use of  $\Delta^{14}\text{C}$  and  $\delta^{13}\text{C}$  values to trace transportation and deposition processes of terrestrial particulate organic matter in coastal marine environments. *Chem. Geol.*, 218, 63-72.

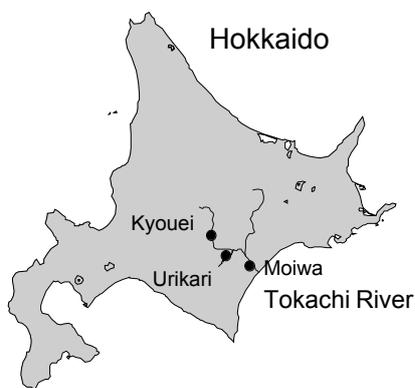


図1 十勝川水系における観測地点

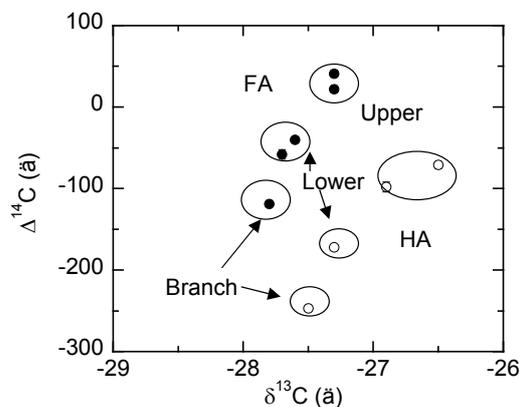


図2 十勝川河川水フミン酸とフルボ酸の  $\Delta^{14}\text{C}$  と  $\delta^{13}\text{C}$  値

# キンギョのウロコに対するフグ副甲状腺ホルモン1の作用： *in vitro*及び*in vivo*の実験による解析

鈴木信雄

〒927-0553 鳳珠郡能登町小木，金沢大学 環日本海域環境研究センター 臨海実験施設

Nobuo SUZUKI: Effects of fugu parathyroid hormone 1 on the scales of goldfish: Analysis with both *in vitro* and *in vivo* experiments

副甲状腺は脊椎動物が陸上への進化の過程で生じた内分泌腺であり、魚類には存在しないと考えられてきた。一方、Danks et al. (2003) <sup>1)</sup>がフグの副甲状腺ホルモン (PTH) の構造を決定して、ヒトの PTH 受容体にフグ PTH が結合することを証明した。さらに Hogan et al. (2005) <sup>2)</sup>がゼブラフィシュの側線の感丘細胞に PTH が強く発現していることを報告した。側線の感丘細胞は、ウロコの中にあるので、感丘細胞で作られた PTH がウロコに作用している可能性がある。そこで本研究では、*in vitro* と *in vivo* の実験を行い、キンギョのウロコに対する PTH の作用を解析した。

## 【実験1】フグ PTH とヒト PTH の骨芽細胞及び破骨細胞に対する作用: ウロコのアッセイ系による 解析 (*in vitro* の実験)

フグ PTH 及びヒト PTH (1 pg/ml~10 ng/ml) を培地 (血清なしの MEM) に添加して 6 時間及び 18 時間培養した後、ALP 及び TRAP 活性を測定した。

フグ PTH 及びヒト PTH も 6 時間の培養において、ALP 活性を上昇させた。フグ PTH は 100 pg/ml でも ALP 活性を上昇させ、キンギョのウロコではヒト PTH よりも応答性が良かった。18 時間培養でも同様に ALP 活性を上昇させたが、上昇率は 6 時間培養よりも低かった。

フグ PTH 及びヒト PTH も 6 時間の培養においては、TRAP 活性を変化させず、18 時間培養において TRAP 活性を上昇させた。18 時間培養では、ALP と同様にして、フグ PTH は 100 pg/ml でも TRAP 活性を上昇させ、キンギョのウロコではヒト PTH よりも応答性が良かった。

ALP 及び TRAP 活性はそれぞれ骨芽細胞と破骨細胞の活性の指標として使用されているので、ウロコにおいても、まず PTH は骨芽細胞に作用して、その後破骨細胞の活性を上昇している可能性がある。

## 【実験2】骨芽細胞と破骨細胞の相互作用に関する解析 (*in vitro* の実験)

最近、哺乳類において、骨芽細胞と破骨細胞の相互作用に関係する遺伝子が明らかにされた。この遺伝子は骨芽細胞で特異的に発現している Receptor Activator of NF- $\kappa$ B Ligand (RANKL) と破骨細胞で発現している Receptor Activator of NF- $\kappa$ B (RANK) である。特に破骨細胞は、多核の活性型に誘導するために、骨芽細胞からの連絡が必要であり、RANKL がリガンドとなり、破骨細胞のレセプターである RANK と結合しなければ多核の活性型に誘導されない。これらの遺伝子は、哺乳類でしかクローニングされていなかったが、我々はキンギョのウロコから cDNA の全長のクローニングに成功した。この遺伝子の発現を解析することで、骨芽細胞と破骨細胞とのクロストークの解析が可能となった。そこでフグ PTH1 (10 ng/ml) 入りの培地で 6 時間及び 18 時間培養時における RANK 及び RANKL mRNA の発現を解析した。フグ PTH により RANK 及び RANKL mRNA の発現が共に上昇することがわかった。さらに RANK の発現は 18 時間で顕著に上昇し、6 時間培養の方が RANKL の発現は上昇率が大きかった。これらの結果は、実験 1 で得られた結果と一致していた。

### 【実験3】キンギョ PTH 受容体の部分配列の決定及びウロコにおける発現解析 (*in vitro* の実験)

哺乳類とゼブラフィッシュの PTH 受容体の配列において、よく保存されている領域からプライマーを設計して Nested PCR を行った。その結果、キンギョのウロコから PTH1R 及び PTH2R の部分配列を決定した。さらにこれらの配列を基にして特異的プライマーを作成して発現解析を行った結果、PTH1R の発現のほうが PTH2R の発現よりも高いことがわかった。

### 【実験4】フグ PTH の破骨細胞の分化に対する影響：筋肉内自家移植により破骨細胞を誘導したシステムによる解析 (*in vitro* の実験)

最近我々は、キンギョの筋肉内にウロコを自家移植して、移植したウロコの表面に破骨細胞を誘導することに成功した<sup>3)</sup>。このシステムを用いて、フグ PTH による破骨細胞の分化（単核細胞から多核細胞への分化）に対する作用を解析した。

キンギョの筋肉内にウロコを自家移植して 3 日後のウロコを半分に切り、実験群と対照群に分け、実験群にフグ PTH (10 ng/ml) を添加して *in vitro* で培養し、24 及び 48 時間後のウロコの単核と多核の破骨細胞の割合を測定した。その結果、PTH により単核から多核への誘導が進行していることが判明した。さらに多核の破骨細胞を電子顕微鏡で微細構造を解析した結果、Ruffled Border (RB) や Clear Zone も観察され、活発に骨吸収を行っている破骨細胞が観察された。したがって、魚類においても PTH は骨吸収能をもつ多核の破骨細胞を誘導することが明らかになった。

### 【実験5】キンギョのウロコの ALP 及び TRAP 活性、血清 Ca 濃度に対するフグ PTH の作用 (*in vivo* の実験)

未成熟なキンギョの腹腔内にフグ PTH (500ng/g body weight) を投与して、1、2、3 及び 4 日後に血液中のカルシウム濃度を測定した。その後、血液中のカルシウム濃度が最も高いタイムコースにおいて、ウロコ中のカルシウム含量、ウロコの ALP 及び TRAP 活を測定した。

PTH 投与後 1、2 及び 3 日後において、有意に血液中のカルシウム濃度が上昇した。その中で 2 日目の上昇率が大きかった。そこで、2 日目のウロコのカルシウム含量、ウロコの ALP 及び TRAP 活性を測定した。その結果、ウロコの ALP 及び TRAP 活性は PTH を投与することにより有意に上昇した。TRAP 活性が上昇した結果としてウロコ中のカルシウム含量は低下した。したがって、*in vitro* と同様に PTH がウロコの骨芽細胞及び破骨細胞作用して、PTH がキンギョのカルシウム代謝に関与していることを示している。

### 【引用文献】

- 1) Danks, J.A. et al., J. Bone Miner. Res., 18:1326-1331 (2003)
- 2) Hogan, B.M. et al., Endocrinology, 146: 547-551 (2005)
- 3) Takahashi, H. et al., Zool. Sci., 25: 739-745 (2008)

### 【謝辞】

本研究の一部は、科学研究費補助金、厚生労働省科学研究費、(財)クリタ水・環境科学振興財団助成金、環境省 地球環境推進費及び Extend 2005 の研究助成、宇宙航空研究開発機構の研究助成の援助により行われた。本研究の内容は、Bone 誌に発表した。国内外の共同研究者にお礼申し上げる。

# キンギョのウロコの骨芽細胞・破骨細胞に対する多環芳香族炭化水素類の影響

中野 淳<sup>1</sup>, 鈴木信雄<sup>2</sup>, 早川和一<sup>1</sup>

<sup>1</sup>〒920-1192 金沢市角間町, 金沢大学 医薬保健研究域薬学系 環境衛生化学; <sup>2</sup>〒927-0553

鳳珠郡能登町小木, 金沢大学 環日本海域環境研究センター 臨海実験施設

Jun NAKANO<sup>1</sup>, Nobuo SUZUKI<sup>2</sup>, Kazuichi HAYAKAWA<sup>1</sup>: Effects of polycyclic aromatic hydrocarbons

on osteoblasts and osteoclasts of goldfish

## 【背景・目的】

多環芳香族炭化水素 (Polycyclic aromatic hydrocarbon: PAH) 類は原油中に含まれており、タンカー等の原油流出事故は大規模な海洋汚染を引き起す。実際に原油汚染海水で孵化した稚魚に脊柱彎曲が観察されているが、その発症機序は不明である。そこで魚の骨代謝に及ぼす PAH の影響を評価する方法として、魚類のウロコに注目した。魚類のウロコは、骨基質タンパク上に骨形成を行う骨芽細胞と骨吸収を行う破骨細胞が共存しており、シンプルな骨のモデルである。したがってウロコを用いれば、PAH が魚類の骨代謝に与える影響を評価できる可能性が高い。本研究では、以下の項目について研究した。

- ① 魚の骨芽細胞及び破骨細胞に対する PAH の作用を解析するためのバイオアッセイ系の開発
- ② 開発したバイオアッセイ系を用いた PAH の魚の骨代謝に対する作用の解析
- ③ PAH 代謝物の解析: PAH を投与したキンギョの胆汁中の代謝物の測定

## 【実験①: 魚の骨芽細胞及び破骨細胞に対する PAH の作用を解析するためのバイオアッセイ系の開発】

ウロコの骨芽細胞及び破骨細胞活性のより精度の高い測定法として、従来の単位体積あたりの活性測定法ではなく、単位面積あたりの活性測定法を開発した。また、ウロコは非常に再生能力の高い器官であり、抜去しても再生する。再生ウロコの形態学的観察から、通常ウロコでは見られない多核の破骨細胞が誘導され、骨代謝が活性化していた。この再生ウロコを用いて骨形成過程の骨芽細胞及び破骨細胞活性の変化を解析できるモデルとして最適な条件を決定した。

その結果、従来の重量当たりの酵素活性測定では、できるだけ同程度の大きさのウロコを選別して使用する必要があつたが、単位面積当たりの活性で表すと、ウロコの面積に関係なくほぼ一定の値となった。またウロコを採取する部位による活性の違いも見られ、比較するウロコの位置も重要だということがわかった。また、再生ウロコの方が通常のウロコよりも E<sub>2</sub> の影響をより感度良く評価できることが分かった。さらにこれらの作業をコンピューターにより自動解析ができるようにした結果、感度、精度及び再現性が向上したシステムを構築できた。

## 【実験②: 開発したバイオアッセイ系を用いた PAH の魚の骨代謝に対する作用の解析】

PAH はヒトエストロゲン受容体 (Human estrogen receptor: hER) に結合しないが、モノヒドロキ

シ多環芳香族炭化水素 (OHPAH) 類は結合活性を示すことを明らかにした<sup>1)</sup>。そこで①で開発したウロコのアッセイ系を用いて、E<sub>2</sub> と OHPAH の作用を比較した。

再生ウロコを 10<sup>-6</sup> mol/L の濃度の E<sub>2</sub> で処理すると骨芽細胞活性は 6 時間後に上昇し、破骨細胞は 10<sup>-8</sup>~10<sup>-10</sup> mol/L で活性が上昇した。また 4-Hydroxybenz[a]anthracene (4-OHBaA) は 6 時間で骨芽細胞、破骨細胞ともに活性が上昇し、破骨細胞で 10<sup>-10</sup> mol/L の濃度まで変化を感知することができた。一方 4-OHBaA の未代謝物である Benz[a]anthracene (BaA) は 6 時間より遅れて、12 時間で破骨細胞活性の上昇が起こった。さらに、4-OHBaA は、ウロコの細胞には毒性を示さなかったことから、4-OHBaA のエストロゲン様作用はエストロゲン受容体等を介した内分泌かく乱作用の可能性が高い。

### 【実験③：PAH 代謝物の解析：PAH を投与したキンギョの胆汁中の代謝物の測定】

②において、4-OHBaA が内分泌かく乱作用を持つことが判明した。そこで次に、この代謝産物が実際にキンギョの体内で産生されることを証明した。即ち、キンギョに BaA (5 µg/g BW) を腹腔内投与して、胆汁中の 4-OHBaA 濃度を HPLC を用いて測定した。

その結果、4-OHBaA は、BaA 投与後 12 時間でも検出され、48 時間で最も高い濃度 (16.96 mol/L) が検出された。したがって、代謝酵素 (CYP1A1) により BaA が 4-OHBaA となり、魚の骨代謝に影響を及ぼしている可能性がある。

### 【結論】

重油中には BaA を含む多量の PAH が含まれている。本研究の結果より、重油中の PAH が体内に入り、CYP1A1 により生じた水酸化体が内分泌攪乱作用を持ち、それが重油による魚の骨代謝異常の原因の一つであると推測された。

### 【引用文献】

- 1) Hayakawa, K. et al. J. Health Sci., 53: 562-570 (2007)

### 【謝辞】

本研究の一部は、科学研究費補助金、厚生労働省科学研究費、(財)クリタ水・環境科学振興財団助成金、環境省 地球環境推進費及び Extend 2005 の研究助成、宇宙航空研究開発機構の研究助成の援助により行われた。

(本研究は、金沢大学大学院 自然科学研究科 薬学系の中野 淳君の修士論文の一環として行われた)

## ヌタウナギのカルシトニン様分子の産生細胞の特定

山岸功典, 鈴木信雄, 笹山雄一

〒927-0553 鳳珠郡能登町小木, 金沢大学 環日本海域環境研究センター 臨海実験施設

Katsunori, YAMAGISHI, Nobuo SUZUKI, Yuichi SASAYAMA: Detection of the calcitonin-producing cells in hagfish, *Eptatretus burgeri*

カルシトニンは血中カルシウム濃度の低下作用を有するペプチドホルモンであり、哺乳類では甲状腺のC細胞から、それ以外の脊椎動物では鰹後腺と呼ばれる内分泌器官から分泌される。これまで最古の脊椎動物として知られるヌタウナギ (*Eptatretus burgeri*) において鰹後腺は存在しないと言われているにもかかわらず、その血液中にカルシトニン様分子の存在が知られている。したがって、本研究ではまずヌタウナギのカルシトニン様分子がどこで産生されているのかを明らかにすることにした。

これまで、脊椎動物のキンギョにおいて鰹後腺に加えて、消化管前方部の上皮にカルシトニン産生細胞が混在することが報告されている。また、系統発生的に鰹後腺をもたない原索動物のナメクジウオの消化管の特定の部位においても、カルシトニンの抗体に反応する細胞の存在が知られている。これらのことを考え併せると、本種においてもカルシトニン様分子が消化管で産生されている可能性がある。本研究ではヌタウナギの消化管を、サケカルシトニンに対するポリクローナル抗体を用いて免疫組織化学的に精査した。消化管全体をその長さに沿って8分割して、各部位についてパラフィン切片を作り、一次抗体で一晩インキュベートした。翌日、蛍光標識二次抗体でインキュベートし、蛍光顕微鏡で観察した。その結果、その8つの部位のどこにおいてもカルシトニンの抗体に反応する細胞が見つかり、カルシトニン様分子を産生する細胞が消化管全体に広く分布することが明らかになった。

次に、ヌタウナギのカルシトニン様分子の一次構造を決定するために、その精製を試みた。血液にも大量のカルシトニン様分子が存在することが知られているため、消化管からではなく血液からその純化を試みた。ヌタウナギの血漿を酢酸とアセトンで処理し、分子ふるいにかけて、分子量1万以上の分子を除いた。逆相のHPLCを用いてアセトニトリルの濃度で60分間に20-80%のグラデーションをかけ、2mlずつ分取した。それらをSDS-PAGEで流し分子量ごとに分離させ、免疫染色と同じ抗体を用いてウェスタンブロットを行ったところ、ポジティブコントロールとして用いたサケ・カルシトニンと同じ位置にあるバンドが陽性の反応を示した。このバンドはアセトニトリルの濃度で34-37%のフラクションであった。この濃度はこれまでサケ、イワシおよびアカエイのカルシトニンが溶出される位置で、カルシトニン様分子の分子量はそれらのカルシトニンと同じく約3500付近であると推測された。したがって、このフラクションを集め、それをアセトニトリルの濃度で50分間に25-50%のグラデーションをかけた逆相のHPLCで分画し、ピーク to ピークで分取した。各ピークをドットブロットにより分析したところ、アセトニトリルの濃度で約37%付近のピークに陽性の反応が検出された。したがって、この画分にカルシトニン様分子が含まれると思われる。しかしながら、アミノ酸シーケンサーにかけるほどのサンプル量は無かったため、再びその量を増やし、ヌタウナギのカルシトニンの一次構造を決定する予定である。

(本研究は、金沢大学自然システム学類生物学科 山岸功典君の卒業論文の一環として行われた)

## マシコヒゲムシの幼若個体の栄養体における共生細菌の観察

松本高大, 笹山雄一

〒927-0553 鳳珠郡能登町小木, 金沢大学 環日本海域環境研究センター 臨海実験施設

Takahiro MATSUMOTO, Yuichi SASAYAMA: Observation of symbiotic bacteria in the trophosome of young beard worms, *Oligobrachia mashikoi* (Annelida)

マシコヒゲムシ (*Oligobrachia mashikoi*) は能登半島の九十九湾などに生息する環形動物門のゴカイの一種で、口や肛門が無く、したがって消化器官を持たない。虫体は前体、中体、後体、終体の4部に分けられる。この動物は、後体にある栄養体という器官のバクテリオサイトに共生している化学合成細菌が産生する炭水化物で生きている。また同時に、細菌を消化して栄養としている。これまで本種に関しては成体を用いた研究が行われてきた。一方、幼若個体は極めて細く、その栄養体は観察されたことはなかった。そこで本研究では、幼若個体の栄養体の基礎的データを取る目的で、幼若な個体ほど栄養体の共生細菌が少ないのではないかと仮定して共生細菌の状態を観察した。

### <方法>

九十九湾の深度20~25mの海底をドレッジし、本種を採集した。採れた個体は、4%パラホルムアルデヒドPBSで固定し、その後70%エタノールに保存した。各個体の体幅を精密に計測した後、パラフィン切片にし、一般的な観察をするためにヘマトキシリン・エオシン染色(HE染色)を行った。また、共生細菌の多寡を調べるためにDAPI染色を施した。

### <結果・考察>

成体の体幅はおよそ0.8~0.6mmである。本研究では複数回のドレッジによって、合計25個体の幼若個体を採集した。それらの体幅は0.48~0.11mmであった。しかしながら、栄養体を含む後環帯部までであったのは15個体のみであった。その内5個体の体幅は0.48~0.25mmであったが、残りの10個体は0.18~0.11mmで、極めて細かった。虫体全体を採集できた個体はおらず、後環帯部の長さも均一ではなかったため、出来るだけ同じ条件で観察するために環帯部から最も離れた部位を検鏡に用いた。

各個体につき、最低でも切片10数枚を観察した。その結果、体幅0.48mmの個体ではHE染色では栄養体が発達しているように観察されたが、DAPI染色で共生細菌がほとんど確認できなかった。体幅0.15mmの個体では、HE染色で栄養体が貧弱に見えてもDAPI染色で多数の共生細菌が確認できた。このように、体幅と共生細菌の存在の明確さの関係を調べると、少なくとも本観察の結果からは、幼若な個体ほど共生細菌が少ないという仮定は成立が困難であると結論された。成体では環帯より前の体表面から、周囲の環境にある多糖を単糖に分解して取り込み、栄養としている可能性が示唆されているので、幼若個体においてもそのことを考慮しなければならないのかもしれない。

### <今後の展望>

幼若個体は極めて細く、成体よりもさらに千切れやすいとわかった。したがって、スキューバダイビングによって、直接海底に行き、慎重に手で海底の泥から虫体を採集する必要がある。また、本種は卵から幼生を経て変態する発生過程を人工的に進めることができない。これをクリアすることが本種を用いたこれからの種々の研究の重要な課題であろう。

(本研究は、金沢大学自然システム学類生物学科 松本高大君の卒業論文の一環として行われた)

# 無機水銀のキンギョの骨芽細胞及び破骨細胞活性に及ぼす影響： ウロコのアッセイ系による解析

谷内口孝治<sup>1</sup>，鈴木信雄<sup>2</sup>，早川和一<sup>3</sup>，服部淳彦<sup>4</sup>

<sup>1</sup>〒927-0552 石川県鳳珠郡能登町字越坂，のと海洋ふれあいセンター；<sup>2</sup>〒927-0553 鳳珠郡能登町小  
木，金沢大学 環日本海域環境研究センター 臨海実験施設；<sup>3</sup>〒920-1192 金沢市角間町，金沢大学  
医薬保健研究域薬学系 環境衛生化学；<sup>4</sup>〒272-0827 千葉県市川市国府台，東京医科歯科大学 教養部  
生物学教室

Koji YACHIGUCHI<sup>1</sup>, Nobuo SUZUKI<sup>2</sup>, Kazuichi HAYAKAWA<sup>3</sup>, Atsuhiko HATTORI<sup>4</sup>: Effects of  
inorganic mercury on osteoblastic and osteoclastic activities in goldfish: Analysis by a scale *in vitro*  
assay system

## 【はじめに】

水俣病は、新日本窒素肥料（現在のチッソ）水俣工場が、アセトアルデヒドの生産に触媒として使用した無機水銀(硫酸水銀)により海洋が汚染され、その海域に生息した魚に水銀が蓄積・濃縮され、それを食した地域住民の脳－神経系に蓄積して、中毒性の中枢神経疾患になった。このような背景から、水銀に対する作用については、神経系に対する作用を中心に解析が進んでいる<sup>1)</sup>。一方、水銀の骨に対する作用については報告が少なく、*in vivo*での解析が多い<sup>2,3)</sup>。骨芽細胞に関する報告はあるが<sup>3)</sup>、破骨細胞に対する作用を解析した報告は、これまでにはない。骨芽細胞との相互作用により、単核の破骨細胞が融合して多核の破骨細胞になり、分化・活性化しないと骨吸収能がない。株化した骨芽細胞があるため、骨芽細胞の培養は容易であるが、破骨細胞の培養は容易ではない。したがって、容易に破骨細胞の作用を解析するモデルシステムの開発が求められている。

## 【目的】

魚類のウロコは、石灰化した骨質層の上に骨芽細胞と破骨細胞が共存して、ヒトの骨と同様に骨代謝をしている。魚類の椎骨には骨髄に相当する構造がなく、造血は腎臓の一部で行っている。また、骨とウロコがカルシウムの貯蔵庫であるが、魚類にとって、ウロコがヒトの骨と同様の役割を持つことは、放射性同位元素 (<sup>45</sup>Ca<sup>2+</sup>) を用いた実験で証明されている。そこで我々は、ウロコを用いて *in vitro* の培養システムを開発した<sup>4)</sup>。本研究では、このシステムを用いて無機水銀の作用を解析した。

## 【実験方法】

実験材料として、淡水魚のキンギョ (*Carassius auratus*) を用いた。キンギョからウロコを麻酔下で採取した。次に、採取したウロコを Suzuki and Hattori (2003) の方法<sup>4)</sup> に従い *in vitro* で 6 及び 18 時間培養して、無機水銀の骨代謝に及ぼす影響を評価した。また、長時間 (18, 36 及び 64 時間) の培養に対する影響も調べた。

さらに、水銀で 18 時間処理したウロコから mRNA を抽出して、破骨細胞のマーカー（酒石酸抵抗性酸フォスファターゼ：TRAP、カテプシン K）、骨芽細胞のマーカー（インスリン様成長因子 I：IGF-I）、重金属の解毒に関与する遺伝子（メタロチオネイン:MT）の発現に対する影響を無処理のウロコと比較した。

### 【実験結果】

無機水銀（ $10^{-5}$ ～ $10^{-3}$  M）は 6 時間の培養で破骨細胞の活性を抑制した。一方、骨芽細胞の活性は 6 時間の培養では変化しなかった。

そこで次に、長時間の培養を行った。18 時間の培養で  $10^{-4}$  M の無機水銀が破骨細胞の活性を抑制した以外は、破骨細胞の活性は減少傾向であるが、有意差は認められなかった。一方、骨芽細胞の活性は無機水銀（ $10^{-6}$ ～ $10^{-4}$  M）により 36 時間以降において有意に低下した。

遺伝子発現の変化を調べると、破骨細胞のマーカーである TRAP とカテプシン K、さらに骨芽細胞のマーカーである IGF-I の発現は低下していた。一方、重金属の解毒に関与する MT の発現が有意に上昇していた（Figure 1）。

### 【考察】

本研究により初めて無機水銀の破骨細胞に対する作用（細胞活性及び遺伝子発現の変化）を証明した。さらに無機水銀の破骨細胞に対する作用は、短時間の培養で顕著に現れることもわかった。水銀は魚の背骨ではなく、ウロコに蓄積するという報告があり<sup>5)</sup>、ウロコは非常に感度が高い骨のモデルである可能性が高い。

一方、骨芽細胞の活性は、短時間ではなく長時間の培養で低下することが判明した。18 時間の培養で MT の発現量が有意に上昇したので、MT を作ることで骨芽細胞は無機水銀の作用を防御している可能性がある。しかし高濃度の場合は、IGF-I の発現が有意に低下して、36 時間以降に骨芽細胞の活性が下がったと推測される。

### 【引用文献】

- 1) Castoldi, A.F., et al., Brain Res. Bull., 55: 197-203 (2001)
- 2) Yonaga, T., et al., Anat. Anz., 159: 373-383 (1985)
- 3) Jin, G.-B., et al., Toxcol. Appl. Pharmacol., 185: 98-11 (2002)
- 4) Suzuki, N. and Hattori, A., Life Sci., 73: 2237-2247 (2003)
- 5) Lake, J.L., et al., Arch. Environ. Contam. Toxicol., 50: 539-544 (2006)

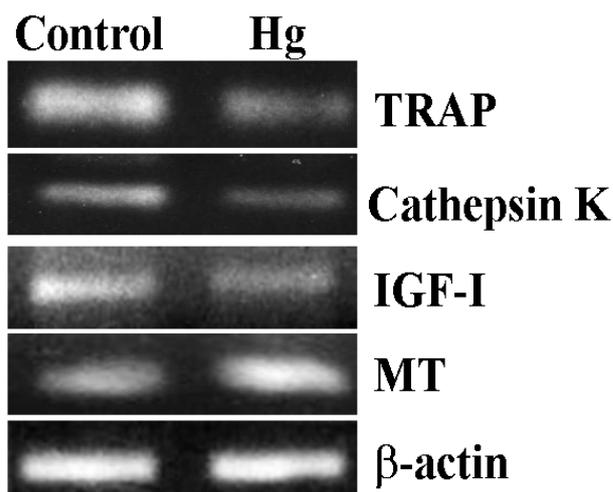


Figure 1 Expression analysis of osteoclastic markers (TRAP and cathepsin K) and osteoblastic marker (IGF-I) in control scales and mercury-treated scales.

**【謝辞】**

本研究の一部は、科学研究費補助金、厚生労働省科学研究費、(財)クリタ水・環境科学振興財団助成金、環境省 地球環境推進費及び Extend 2005 の研究助成の援助により行われた。

## 能登半島・若山川流域におけるアオサギの個体数と生息場所の季節変化 (夏季～秋季)

木村一也・笠木哲也・中村浩二

〒920-1192 金沢市角間町 金沢大学環日本海域環境研究センター

KIMURA Kazuya, KASAGI Tetsuya and NAKAMURA Koji: Seasonal change in abundance and foraging distribution of Grey Heron (*Ardea cinerea*) in Wakayama River basin, Noto peninsula

生物生息環境としての農地生態系のポテンシャル評価を行うため、流域内の水田やその他の水辺を広域に利用する水禽、アオサギを環境指標種として扱い、アオサギ生息数の流域間比較から1流域がもつ餌場ポテンシャルの評価を試みた。本稿では、2010年夏季から2011年秋季まで行った調査のうち、2010年に行った能登半島・若山川流域の調査結果を報告する。

能登半島先端部に位置する宝立山(標高471m)山域を水源としてほぼ東へ流れる若山川(河口部緯度37度26分・経度137度15分)は延長17.4km、流域面積52km<sup>2</sup>を有する、奥能登地方における主要河川のひとつである。河口付近の市街地を除き、下流部から中山間地の河川周辺には水田を主とする耕作地が広がり、隣接する丘陵地や山地は落葉広葉樹二次林あるいはスギ植林に覆われている。アオサギは浅い水域を中心に採餌することから、流域内の水田耕作地とそれらに近接する河川、灌漑池・用水、林縁を調査場所として選定した。

2010年7月から10月までの4ヶ月間、月の上旬と下旬、計8回にわたって調査地全域のアオサギの個体数と採食場所の調査を行った。1回の調査は3日間、1日あたり朝、昼、夕の3巡回、計9巡回行った。ただし、強風や豪雨など悪天候時は巡回を中止した。調査者から200m以内の距離にいるアオサギはすべて発見できると仮定して、すべての調査場所を網羅するように設定されたルート車を走行(時速約15~30km)しながら、出現したアオサギの個体数、個体ごとの利用場所、行動(採餌・休息・飛翔)を記録した。尚、灌漑池や用水など車道走行で確認しにくい場所は減速、停車、降車して観察した。1巡回あたりの所要時間を3時間以内とし、観察は2人1組、1~3組で設定ルートを分担して行った。

アオサギの流域内総個体数は期間を通して徐々に減少した(図1)。1巡回あたりの平均個体数は7月上旬の45個体を最大にして減少し、7月下旬

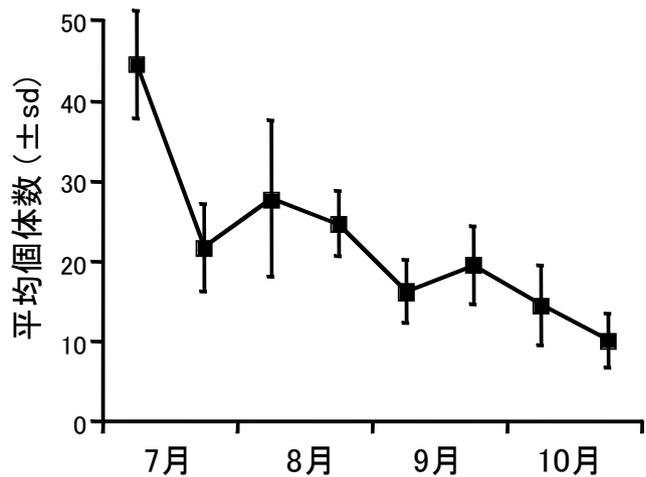


図1. 若山川流域に生息するアオサギの総個体数の季節変化。

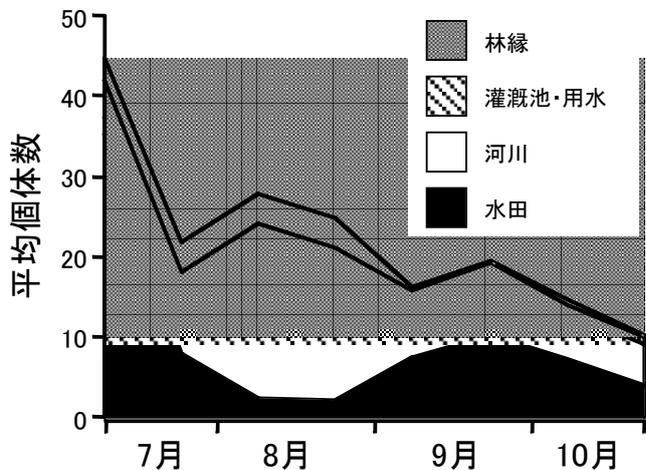


図2. 若山川流域に生息するアオサギの生息地ごと個体数の季節変化。

～8月下旬には20～30個体、9月～10月には10～20個体と段階的に減少した（Scheffe 多重比較によるグルーピング）。7月は幼鳥の出現数が多かったことから、7月上旬は巣立ち雛の加入による増加と考えられる。8月下旬から9月にかけての減少は繁殖期から非繁殖期への移行に伴う季節移動（渡り）の影響と考えられる。

アオサギの利用場所は時期によって大きく変化した（図2）。7月上旬、アオサギは水田に集中していたが、7月下旬から8月までのあいだその個体数は減少した一方、河川、灌漑池・用水、林縁の個体数は増加した。9月から水田を利用する個体数は再び増加し、同時に河川では水田とほぼ同数の個体が観察された。水田利用個体の減少は、稲栽培中の水管理による水位低下や干上がりで引き起こされた餌場や餌生物の減少が強く関係していると考えられる。

以上から、若山川流域のアオサギは夏季から秋季にかけて個体数が多い時期（7、8月）と少ない時期（9、10月）に大別できる。7月から8月にかけてみられた利用場所の変化は、河川や灌漑池が水田の代償的な餌場である可能性を示唆している。しかしながら、7月上旬の個体数はその後維持されていない。若山川流域のアオサギは繁殖期が始まる春から夏にかけて採餌のほとんどを水田で行っていることから（木村、未発表）、7月上旬の個体数は水田の餌量に支えられながら増加した結果と捉えることができよう。夏季の若山川流域では水田が餌場として重要な役割を担っている一方、河川や灌漑池の環境収容力は水田にくらべて乏しいのかもしれない。

# 超磁歪アクチュエータ駆動によるキャビテーションの発生と殺菌への適用 -連続浄化系の構成-

山田 外史<sup>1</sup>, 柿川 真紀子<sup>1</sup>, 鈴木 峻<sup>2</sup>, 中村 翔太郎<sup>2</sup>

<sup>1</sup>〒920-1192 金沢市角間町 金沢大学環日本海域環境研究センター

<sup>2</sup>〒920-1192 金沢市角間町 金沢大学自然科学研究科

## Generation of Cavitation by Driving Giant Magnetostrictive Actuator and Application to Sterilization

S. Yamada, M. Kakikawa, T. Suzuki, and S. Nakamura

### 1. 諸論

近年, 生物の存命に欠かせない水が汚染にさらされ, 中でも水系に生息するウイルスや細菌が深刻な健康被害を引き起こす事例もあり, 効果的な殺菌装置が求められている.

本研究では殺菌装置として, 超磁歪アクチュエータを用いたキャビテーション発生装置を提案する. 超磁歪アクチュエータは極めて大きな発生力を出力し, その上下振動から密閉空間に封入した水媒質に断熱膨張作用をもたらす, キャビテーションの発生を可能にするものである. また, 二酸化チタン( $TiO_2$ )を媒質中に添加し, キャビテーションを発生させると, 強力な酸化分解力を示すラジカルが生成する<sup>[1]</sup>. よって本研究では, キャビテーション発生装置の駆動からキャビテーションおよびラジカルを発生させ, 水質汚染の原因となるウイルスを高効率で不活性化することを目指した. さらに, キャビテーション発生装置は封入する液体量に制限があったため, 水を循環させる機構を装置に連結し, 連続的な駆動からウイルス・大腸菌を不活性化・殺菌することを目的とし, 殺菌性能の評価を行った.

### 2. キャビテーション発生装置と殺菌への適用

#### 2.1. キャビテーションおよびラジカルの発生

液体の圧力がその温度によって決まる蒸気圧より低くなると, 液体は蒸発しキャビテーションが発生する. 液体の絶対圧力を $P$ , 蒸気圧を $P_v$ とすると,

$$P - P_v \leq 0 \quad (1)$$

を満たせば, 液体中の溶存気体や容器壁面などの微

小な傷中に存在する気泡核が徐々に気泡に成長し, キャビテーションが発生する. このキャビテーション気泡が崩壊したとき, 気泡周囲に極めて大きな圧力衝撃波が発生し, 推定で1 GPa, 平均温度エネルギーは7000~20000 Kに達すると考えられている<sup>[2]</sup>.

また,  $TiO_2$ を含有した媒質にキャビテーションを発生させると,  $TiO_2$ のバンドギャップ3.2 eVを超えたキャビテーション崩壊エネルギーにより $TiO_2$ は励起し, ヒドロキシルラジカル( $\cdot OH$ )およびスーパーオキサイドアニオンラジカル( $\cdot O_2^-$ )が生成する<sup>[3]</sup>. ラジカルは, 強力な酸化分解力を有している.

#### 2.2. キャビテーション発生装置

本研究で用いた超磁歪アクチュエータは最大変位量が120  $\mu m$ , 最大発生力が8,300 Nであり, キャビテーションを発生させるアクチュエータとしては超磁歪アクチュエータが最適である. 水媒質にキャビテーションを発生させるには, 十分な圧力変化を得るために大きな発生力が必要で, 水はほぼ圧縮膨張しないため変位量は小さくてもよい. 本研究で用いたキャビテーション発生装置の概形をFig. 1に, 諸特性をTable 1に示す. 装置上部の超磁歪アクチュエータを交流磁界により励磁すると上下振動を引き起こし, 振動は直結したピストン・シリンダーに伝わる. 装置下部の水槽部とピストン・シリンダーは密着しており, 超磁歪アクチュエータの振動により水槽内の水媒質が断熱圧力変化を伴い, キャビテーションの発生が引き起こされる. 水槽内の圧力変動 $P(t)$ は,

$$P(t) = P - \frac{f_s}{S} \quad (2)$$

$P$ : 大気圧,  $S$ : ピストン断面積,  $f_g$ : アクチュエータの発生力  
 となるから, キャビテーションの発生条件は, 式(1)より,

$$P - P_v \leq \frac{f_g}{S} \quad (3)$$

である. アクチュエータの最大発生力8,300 N, ピストン径160 mm<sup>φ</sup>より,

$$\frac{f_{g \text{ Max}}}{S} \approx 4130 \text{ hPa} = 4.1 \text{ atm} \quad (4)$$

と求まる. ここで,  $P - P_v \approx 1000 \text{ hPa}$ であるから(3)式の条件を満たし, キャビテーションが発生する.

### 2.3. キャビテーション発生装置の殺菌への適用

#### 2.3.1. ウイルスの不活性化への適用

キャビテーション崩壊時に発生する圧力衝撃波およびラジカルの酸化分解力を用いて, ウイルスの不活性化実験を行った. 実験は, 大腸菌に感染するウイルスであるMS2ファージを用いた.

ウイルスをキャビテーション発生装置の水槽部へ封入する際には透析膜を用いた(Fig. 2). 透析膜の孔径は5 nmであり, 高分子化合物や細菌などは通さず, 水分子などの低分子の物質のみ通過することができる. 透析膜内外で水の流れが生じるため, 透析膜内にはキャビテーションが発生し,  $TiO_2$ を添加すればラジカルが発生する. ウイルス不活性化の評価は, 透析膜にウイルス溶液1 mlを封入し, 装置の駆動時間および振動周波数を変えた場合と,  $TiO_2$ の粒子径を変えた場合についてそれぞれの条件による依存性を検証した.

Table 2に駆動時間, 振動周波数によるウイルス不活性化の依存性を評価する際のウイルスに与える条件を示す. E1, E2のウイルスにはキャビテーション発生装置による振動印加を与えた. また装置駆動中, C1, C2のウイルスは水中にて暗所保管した. C2, E2のウイルスには径が2 mmの二酸化チタン粒子を0.2 g添加し, E2の溶液中においてラジカルの発生を狙った.

Table 3に $TiO_2$ の粒子径によるウイルス不活性化の依存性を評価する際のウイルスに与える条件を示す. E1のウイルスには $TiO_2$ を添加せず振動印加のみを与え, E2からE4のウイルスには径の異なる $TiO_2$

粒子を添加し, 振動印加を与えた. ウイルス不活性化の評価はプラークアッセイ法により行い, それぞれの条件下のウイルス溶液のプラーク形成能を計測した.

#### 2.3.2. キャビテーション発生装置の連続駆動による殺菌の評価

これまで用いていたキャビテーション発生装置の水槽は容量が限られていたため, 水槽容量以上の汚水を連続的に殺菌することが困難であった. したがって, Fig. 3に示すようにキャビテーション発生装置, ポンプ, 容量増大のための予備水槽をシリコン管で連結し, 連続的に殺菌が可能な装置構成を考案した. キャビテーション発生装置の水槽部との接続には逆止弁を用いるため, 水槽内の減圧時には弁が閉じ, 水槽内は密閉された状態となる. したがって, 超磁歪アクチュエータによる減圧は水槽内に作用し, キャビテーションが発生すると考えられる.

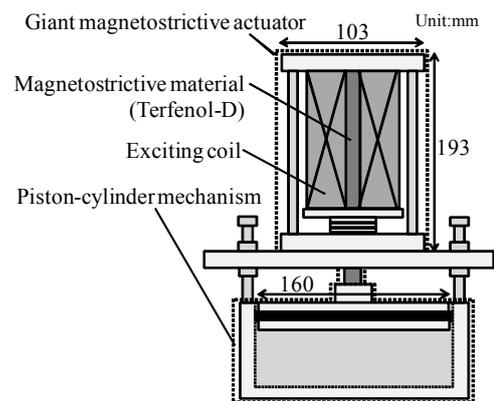


Fig. 1 キャビテーション発生装置の断面図

Table 1 キャビテーション発生装置の諸特性

Parameters	Values
Actuator diameter	103 mm
Actuator height	193 mm
Magnetostrictive material	Terfenol-D
Size of material	20 mm $\phi$ $\times$ 120 Lmm
Exciting coil	1,200 turns
Magneto motive force	6,000 AT
Maximum stroke	120 $\mu$ m
Maximum force	8,300 N
Water tank inside diameter	160 mm $\phi$
Water tank capacity	700 ml

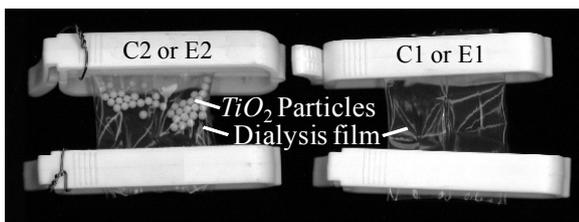


Fig. 2 ウイルス不活性化の評価に用いた透析膜

Table 2 ウイルスに与える条件(1)

Sample	Condition
C1	Virus only
C2	Virus + $TiO_2$ (2 mm $\phi$ , 0.2 g)
E1	Virus + Driving
E2	Virus + $TiO_2$ (2 mm $\phi$ , 0.2 g) + Driving

Table 3 ウイルスに与える条件(2)

Sample	Condition
E1	Virus + Driving
E2	Virus + $TiO_2$ (510 $\mu$ m, 2 g) + Driving
E3	Virus + $TiO_2$ (280 $\mu$ m, 2 g) + Driving
E4	Virus + $TiO_2$ (200 $\mu$ m, 2 g) + Driving

キャビテーション発生装置の連続的な駆動から、ウイルス・大腸菌の不活性化・殺菌実験を行った。ウイルス不活性化の評価では、機構全体に充填するウイルス溶液を2.5 lとし、ポンプ流速は2.5 l/minに設定した。ポンプは60分経過ごとに3分間駆動するものとし、溶液全体のウイルス濃度が均一となつてから試験液500  $\mu$ lを採取した。キャビテーション発生装置の水槽内には、径が2 mm $\phi$ の $TiO_2$ を500 g添加し、ラジカルの発生を狙った。超磁歪アクチュエータの駆動条件は120 Hz、180分間とし、60分ごとに採取した試験液に対し、プラークアッセイ法によってプラーク形成能を計測した。また、大腸菌殺菌の評価においては大腸菌XL1-Blueを用いた。大腸菌は環境中に存在する主要な細菌のひとつであり、装置の殺菌能力を評価するモデルとして最適であると考えられる。実験は、大腸菌液2.5 lに1 mm $\phi$ の $TiO_2$ 粒子を750 g添加し、アクチュエータは周波数240 Hzで振動させた。

### 3. キャビテーション発生装置の殺菌への適用結果

#### 3.1. キャビテーション発生装置の駆動によるウイルス不活性化の評価結果

##### (1) 装置駆動時間による依存性

ウイルス不活性化の装置駆動時間による依存性をFig. 4に示す。結果はC1のウイルスの存在数を1とした相対比で示した。また、振動周波数は120 Hzで駆動した。E1、E2のウイルスの存在数から、駆動時間が長くなるにつれてウイルスがより不活性化していることが分かる。E2のウイルスの存在数をみると、10、20、30分間の駆動でそれぞれ14、25、40%のウイルスが不活性化し、さらに45分間の駆動で95%のウイルスが不活性化していることが分かる。

##### (2) 振動周波数による依存性

Fig. 5に超磁歪アクチュエータ振動周波数によるウイルスの不活性化評価の結果を示す。キャビテーション発生装置の駆動時間は20分である。超磁歪アクチュエータの振動周波数が20 Hzのとき、振動を印加したE1のウイルスは2%不活性化しており、振動周波数が120、240 Hzのとき、25、50%のウイルスが不活性化していることが分かる。振動周波数が大きくなるにつれウイルスの存在数は減少しており、単位時間当たりのキャビテーション発生・崩壊の頻度を増加させることで、より多くのウイルスを不活性化させることができたといえる。また、振動周波数を240 Hzで駆動すると、120 Hzのときと比べ、ウイルスの不活性化の効率が25%増強されることが分かった。

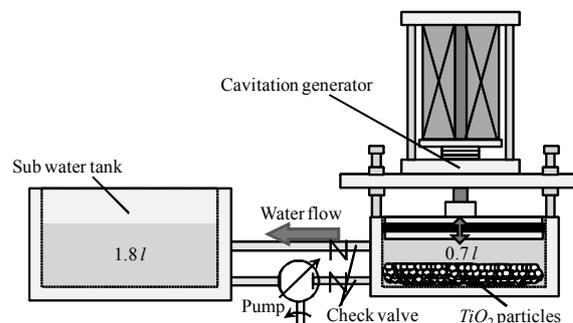


Fig. 3 水循環機構を持つキャビテーション発生装置

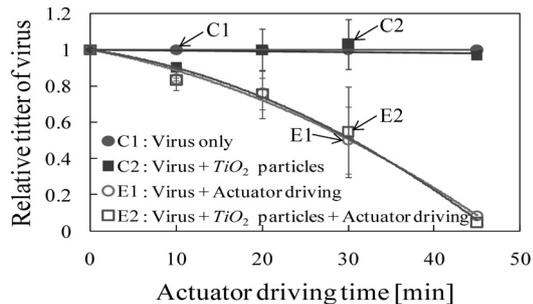


Fig. 4 ウイルス不活性化の装置駆動時間依存性

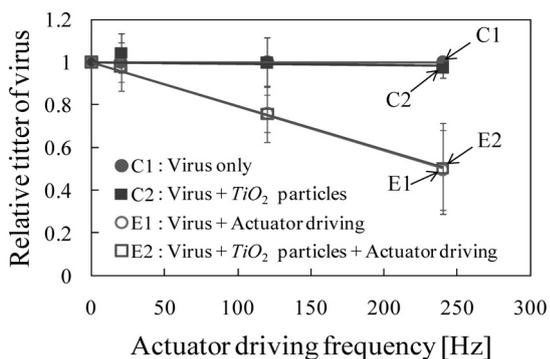


Fig. 5 ウイルス不活性化の振動周波数依存性

### (3) $TiO_2$ 粒子径による依存性

Fig. 6に $TiO_2$ の粒子径によるウイルスの不活性化評価の結果を示す。結果はE1のウイルスの存在数を1とした相対比で表し、粒子径から算出した粒子の総表面積を横軸にとった。また、装置の駆動時間は20分、振動周波数は240 Hzで駆動した。E2 (510  $\mu m$ ), E3 (280  $\mu m$ ), E4 (200  $\mu m$ )と粒子径が小さくなるほどウイルスの不活性化がより顕著になり、 $TiO_2$ 粒子の総表面積の大きさに依存していることが分かる。すなわち、 $TiO_2$ の粒子径を小さくすることでラジカルを多量に発生させることができ、より多くのウイルスを不活性化させることができたと考えられる。また、200  $\mu m\phi$ の $TiO_2$ を添加(E4)すれば、単に振動印加を与えた時(E1)よりも、ウイルスを不活性化させる効率を約46%増強できることが分かった。

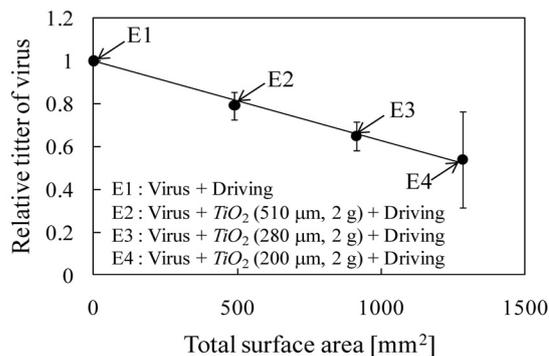


Fig. 6 ウイルス不活性化の $TiO_2$ 粒子径による依存性

## 3.2. キャビテーション発生装置の連続駆動による殺菌の評価結果

### (1) 装置の連続駆動によるウイルス不活性化の評価結果

Fig. 7にキャビテーション発生装置の連続駆動によるウイルスの不活性化の評価結果を示す。結果は装置の駆動開始時間(0分)のプラーク数を1とした相対比で示し、装置による振動印加時と否印加時の結果をそれぞれ示した。振動印加時には、駆動開始から60分後にプラーク数が約59%減少し、さらに駆動時間を延ばすと120, 180分後にはプラーク数がそれぞれ74, 87%減少した。プラーク数の減少は装置の駆動時間に依存しており、キャビテーションによる圧力衝撃波、ラジカルによる酸化分解作用によりウイルスが不活性化しているものと考えられる。

### (2) 装置の連続駆動による大腸菌殺菌の評価結果

Fig. 8にキャビテーション発生装置の連続駆動による大腸菌殺菌の評価結果を示す。結果は装置の駆動開始時間(0分)のコロニー数を1とした相対比で示し、振動印加時と否印加時の結果をそれぞれ示した。振動印加時には、駆動開始から60分後にコロニー数が約18%減少し、さらに駆動時間を延ばすと120, 180分後にはコロニー数がそれぞれ27, 40%減少した。コロニー数の減少は装置の駆動時間に依存しており、キャビテーション・ラジカルの破壊・分解作用により大腸菌が殺菌されているものと考えられる。

## 4. 結論

本研究の結果から、キャビテーション発生装置の駆動によりウイルスであるMS2ファージを不活性

化させることができ、また振動周波数、封入する  $TiO_2$  粒子の総表面積を増加させることにより、装置の殺菌力を向上させることができた。さ

- $TiO_2$  pellets in water”, *Ultrasonics Sonochemistry*, pp. 184- 190, 2007.  
 [3] 山崎卓爾, “キャビテーション工学”, 日刊工業新聞社, 1978.  
 野坂芳雄, 野坂篤子, “入門光触媒”, 東京図書, 2004

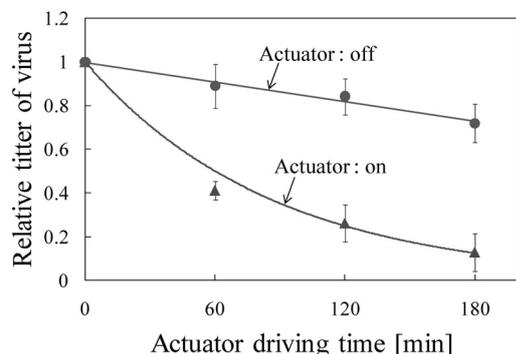


Fig. 7 キャビテーション発生装置の連続駆動によるウイルス不活性化の評価結果

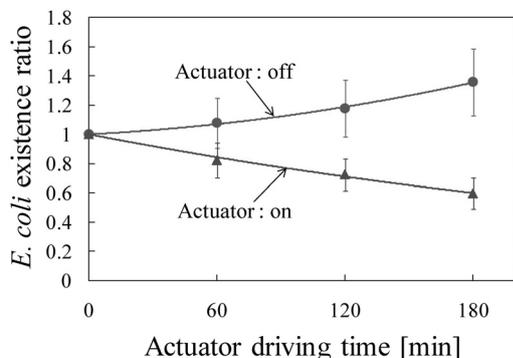


Fig. 8 キャビテーション発生装置の連続駆動による大腸菌殺菌の評価結果

らに、水循環機構を連結したキャビテーション発生装置の連続駆動により、ウイルスMS2ファージおよび大腸菌XL1-Blueを不活性化・殺菌できることが分かり、汚水量が増大した場合でも、キャビテーション発生装置を殺菌装置として適用可能なことが示された。

## 謝辞

本研究の一部は、科学研究補助金挑戦的萌芽研究(課題番号22656067)により行われた。

## 参考文献

- [1] 鈴木峻, 山田外史, 上野敏幸, 柿川真紀子, 超磁歪アクチュエータ駆動によるキャビテーション作用とウイルスの不活性化, *Journal of the Magnetics Society of Japan*, Vol. 34-No. 2, pp. 131-136, Mar. 2010.
- [2] N. Shimizu, C. Ogino, M.F. Dadjour, T. Murata, “Sonocatalytic degradation of methylene blue with

# Spectroscopic Susceptibility Measurements of Magnetic Markers by SV-GMR Needle Probe

S. Yamada<sup>1</sup>, M. Kakikawa<sup>1</sup>, R. Haraszczuk<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa Univ., Kakuma-machi, Kanazawa, 920-1192, Japan

<sup>2</sup>Graduate School of Nature Science and Technology, Kanazawa Univ., Kakuma-machi, Kanazawa, 920-1192, Japan

## 1. Introduction

Magnetic ferrofluids have been successfully used in various applications such as hyperthermia treatment, magnetic drug delivery, magnetic resonance imaging contrast enhancement, immunoassay, cell separation etc. [1-8]. The magnetic ferrofluid particles labeled with antigen (e.g. avidin) are able to combine with a specific antibody (e.g. *biotin*). Free labeled markers have specific complex susceptibility characteristic. When they are combined with target (e.g. bacteria, red blood cells) using a specific anti-body they cause changes in the complex susceptibility of a specimen. This article presents a measurement method, which detects changes caused by various amount of magnetic markers and identifies changes caused by targets of assorted sizes. One of the advantages of this method is performing direct examination of samples without additional washing superfluous targets.

## 2. Methodology for Magnetic Markers Studies

The measurement method includes the placement of the ferrofluid in an external AC magnetic field; the sample magnetization causes the change of its magnetic flux density. With the amplitude of the external field high enough this change can be detected by the sensing element of a needle probe as shown in Fig. 1a. The Wheatstone bridge structure of the needle probe allows to simultaneously measure by GMR 1 signal change caused by the sample and to eliminate the influence of external field by using GMR 2 located two centimeters above the sample. Due to such configuration obtaining the changes of the flux density inside a sample ( $B_I$ ) and applied field ( $B_0$ ) as shown in Fig. 1 is possible. The signal change caused by the sample measured inside it is practically independent from the sample size as it was presented in the previous work [4]. The relationship of the measured value ( $B_I - B_0$ ) and the complex susceptibility  $\chi^* = \chi' + i\chi''$  can be easily derived from the equation (1) [4]:

$$\frac{B_I - B_0}{B_0} = \frac{(\mu^* - 1)(1 - N)}{\mu^*} \approx (1 - N)\chi^* \quad (1)$$

where  $N$  is the sample's demagnetizing factor and  $\mu^*$  is close to unity. When the sample dimensions are known the value  $N$  is given and the flux density changes are proportional to the relative susceptibility of the specimen. In case of diluted ferrofluids, where their susceptibility is dominated by Brownian rotation time of particles, the real and imaginary part of susceptibility can be given by

Eqs.(2), and (3), [1], [2]:

$$\chi'(\omega) = \chi_\infty + \frac{\chi_1}{1 + (\omega\tau_B)^2} \quad (2)$$

$$\chi''(\omega) = \frac{\omega\tau_B\chi_1}{1 + (\omega\tau_B)^2} \quad (3)$$

where  $\chi_1$  is the constant susceptibility and  $\chi_\infty$  is the susceptibility at infinite frequency,  $\omega = 2\pi f$ , and  $\tau_B$  is relaxation time given by:

$$\tau_B = \frac{3\eta V}{k_B T} \quad (4)$$

where  $V$  is the particle volume,  $\eta$  is the carrier's liquid viscosity,  $T$  is the temperature in Kelvins,  $k_B$  is the Boltzmann constant [3]. The relaxation time and complex susceptibility are directly proportional to the particle volume.

## 3. Susceptibility of Mixed Magnetic Fluid

The susceptibility of the mixed magnetic fluid that includes both free magnetic bead and combined magnetic bead with polymer bead is estimated according to the

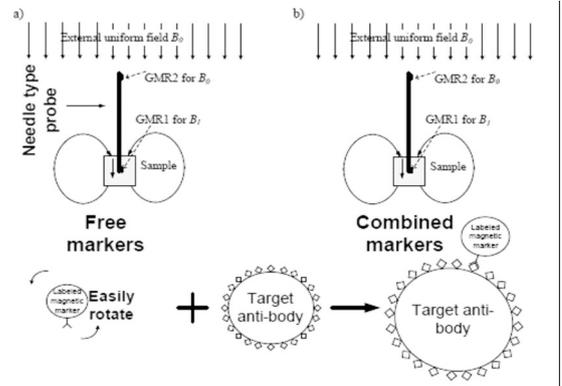


Fig. 1 Principle of homogenous immunoassay studies.

- Firstly spectroscopy characteristic of free magnetic markers is studied. Biological targets are added,
- Frequency response of combined magnetic markers and biological target is examined

microscopic concept. Let's assume that such mixture has density of particles  $N$  [1/m<sup>3</sup>] consisting of  $N_f$  [1/m<sup>3</sup>] of free markers and  $N_c$  [1/m<sup>3</sup>] of combined particles. According to previous work [4], [5] relative permeability and susceptibility is given by:

$$\mu_f^* = 1 + C_d D_{vf}, \quad \mu_c^* = 1 + C_d D_{vc} \quad (5)$$

where  $C_d=3-4$ . Therefore, two fluids have relative permeability  $\mu_1^*$  and  $\mu_2^*$  and these permeabilities (and susceptibilities) are proportional coefficients to magnetic field strength  $H$  (or magnetic motive force  $F_m$ ) and magnetic flux density  $B$  (or magnetic flux  $\Phi$ ).

. When the uniform magnetic field is applied to ellipsoidal cavity with mixed fluids, the magnetic flux density is uniform and its vector has direction as it is shown in Fig. 2. Let's divide ellipsoidal body to the number of columns composed of small cylindrical elements. Each element corresponds to one type of fluid (free or combined). The number of each type column elements is proportional to the volume ratio of fluids. According to these assumptions total magnetic motive force  $F_m$  can be given by:

$$F_m = (\phi R_m) = \Delta\phi \left( \frac{\Delta N_1}{\Delta S \mu_1^*} + \frac{\Delta N_2}{\Delta S \mu_2^*} \right) = \frac{\Delta\phi}{\Delta S} \left( \frac{\Delta N_1}{l \mu_1^*} + \frac{\Delta N_2}{l \mu_2^*} \right) \quad (6)$$

where the total number of small elements is  $N = N_1 + N_2$ . The ratios of volume at each fluid are  $\alpha_1$  and  $\alpha_2$ . The magnetic field strength  $H$  is  $F_m/l$  and the magnetic flux density  $B$  is  $\Delta\Phi/\Delta S$  then equation (6) changes to:

$$\mu^* = \frac{B}{H} = \left( \frac{\Delta\phi}{\Delta S} \right) / \left( \frac{F_m}{l} \right) = 1 / \left( \frac{\alpha_1}{\mu_1^*} + \frac{\alpha_2}{\mu_2^*} \right) \quad (7)$$

with additional assumption that  $\alpha_1 \chi_2^* + \alpha_2 \chi_1^* \ll 1$  equation (7) transforms into:

$$\chi^* = \alpha_1 \chi_1^* + \alpha_2 \chi_2^* \quad (8)$$

Equation (8) states that susceptibility of mixed fluid is proportional to each product of susceptibility and volume ratio. According to Debye's theory [9], the complex susceptibility is assumed to have the frequency characteristic given by:

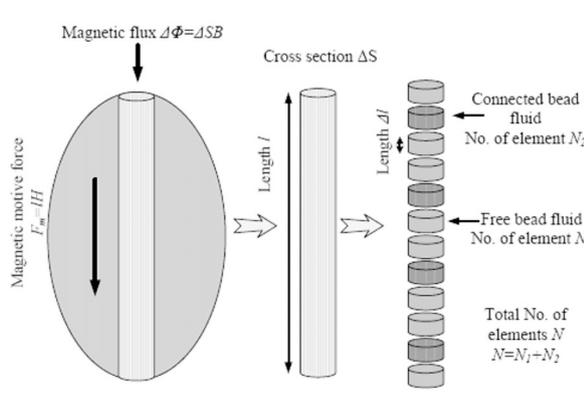


Fig. 2 Magnetic path and permeability of mixed fluids.

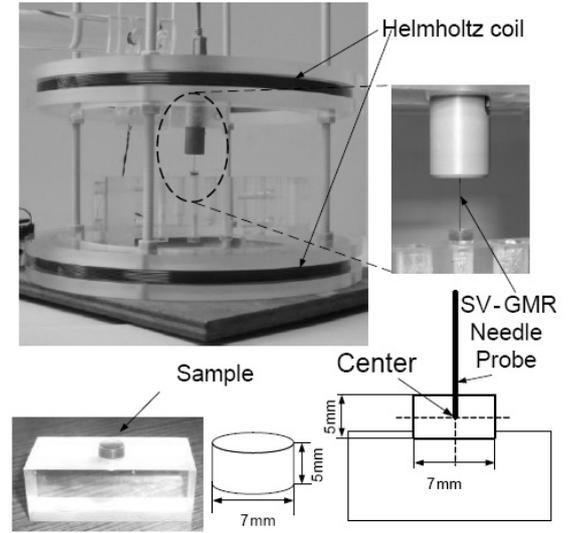


Fig. 3 Sample under examination.

$$\chi^* = \frac{\alpha_1 \chi_1^*}{(1 + j\omega\tau_1)} + \frac{\alpha_2 \chi_2^*}{(1 + j\omega\tau_2)} \quad (9)$$

where  $\tau_1$  and  $\tau_2$  are relaxation times of each fluid.

#### 4. Measuremental setup

The construction of a setup feasible to detect minute changes of complex susceptibility in liquid phase is presented in Fig. 3. Setup consists of two parts SV-GMR needle type probe and field generator. As the uniform magnetic field generator, a Helmholtz coil, was applied. The Helmholtz coil has two coils with radius equal to 0.11 m and 106 turns each. The distance between coils is equal to the coil radius. The AC magnetic field frequency range was changed from 5 to 1,000 Hz. The needle type SV-GMR probe main part is a needle which consists of four GMR sensing elements connected in the Wheatstone bridge. Each sensing element has dimensions of 40  $\mu\text{m}$

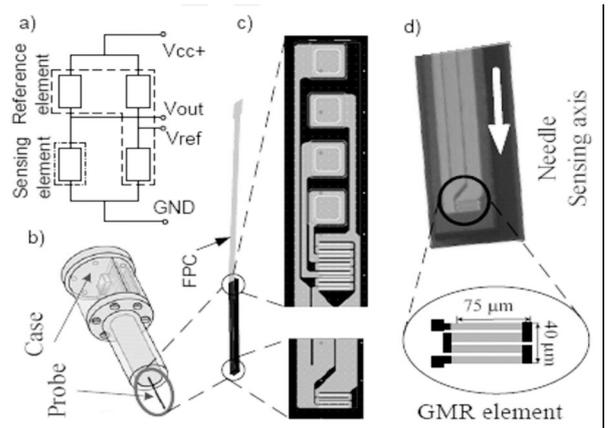


Fig. 4 The SV-GMR probe: a) schema of Wheatstone bridge electrical connections, b) needle type probe with case, c) needle with flexible printed circuit with enlarged needle tip and bonding pad d) microscope picture of needle tip with marked sensing axis of SV-GMR element.

per 75  $\mu\text{m}$ . One sensing element is placed at the tip of the needle and three other are located close to the bonding pads. The length of the needle is equal to 2 cm and its cross-section is 250 x 250  $\mu\text{m}$ . The needle probe has the sensitivity of 11  $\mu\text{V}/\mu\text{T}$ . The sensor measurement range is within tens of nT to few mT. Real picture of needle tip and SV-GMR probe details are depicted in Fig. 4.

### 5. Concentration, Target Size, Particle Binding Number Dependence

In order to perform immunoassay measurements, combinations of four commercially available substances were investigated. One was *streptavidin* ferrofluid produced by R&D Systems, the others were three types of molecules consisting of *biotin* coated polymer beads produced by *Spherotech*<sup>®</sup>. During the measurement, sensor was placed centrally in the sample. A small amount of mixture (70  $\mu\text{l}$ ) was placed inside container in the middle of the Helmholtz coil. While performing experiments temperature inside setup was monitored, variations of temperature did not exceed 0.5K. The average amplitude of the probe offset voltage (measured with air) was subtracted from sample's signal changes.

#### 5.1 Ferrofluid particle concentration influence

Ferrofluid dilution influences on the imaginary part of the measured signal are presented in Fig. 5. Decrease in the amount of magnetic fluid causes the decrease in the real part signal's amplitude and lowers the peak of the signal's imaginary part. The peaks in the imaginary part of the susceptibility occurred at frequency 225 Hz. Furthermore, sample magnetization was carried out by VSM as shown in Fig. 6a. Free markers have "S" magnetization shape in fields range  $\pm 23$  kA/m. They do not present coercivity and remanence. They have linear magnetization in range  $\pm 200$  A/m, which corresponds to amplitude of applied external field in the Helmholtz coil. Analytical calculations performed with data from vibrating sample magnetometer (VSM) showed that possible frequency peak should appear at 250 Hz. It can be noticed that the peak occurs at the same frequency in examined samples, what confirms that dilution does not cause a change in the relaxation time of ferrofluid particles. The measured values are close to theoretical

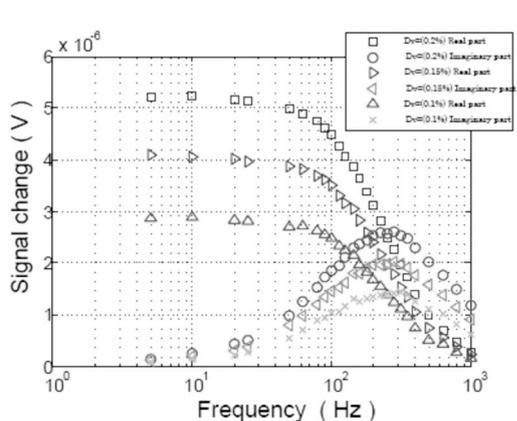


Fig. 5 Various ferrofluid volume density Dv influence

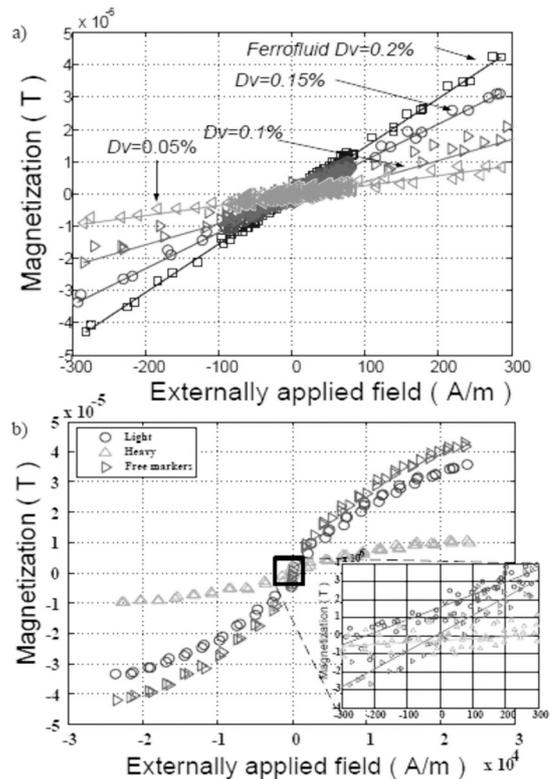


Fig. 6 VSM measurement: a) dilution influence, b) characteristics of centrifuged magnetic markers combined with polymer beads and free markers.

analysis results. The complex susceptibility of mixture is mainly dominated by free markers. The magnetic marker's real part of susceptibility is non zero for frequencies higher than 1 kHz what can be seen in equation (2) ( $\chi''$ ). Subtracting sensor offset causes that  $\chi''$  is not presented in graphs. Binding target size relation Another possible factor which can influence the characteristic of ferrofluid is a particle size. In case of this study, the particle size change is caused by a combination of polymer beads and ferrofluid particles. Three types of polymer with mean diameter 1.0, 3.5, and 6.5  $\mu\text{m}$  were combined with ferrofluid particles. Achieved results of binding ferrofluid with target particles of various sizes are presented in Fig. 7. When the size of the particle is increasing, the peak of the imaginary parts is shifting to the left side of the graph. The graphs have similar shapes as those in results obtained by Enpuku et al. [3].

#### 5.2 Examination of binding target number relation to complex susceptibility

Various numbers of targets (polymer beads) were added to mixture and signal changes were monitored. Magnetic markers signal changes are linearly proportional to number of binding particles as shown in Fig. 8. Same dependence is achieved for target beads with sizes equal to 1  $\mu\text{m}$  and 3.5  $\mu\text{m}$ . Furthermore, examination of separated combined markers and free markers by VSM was conveyed. Mixture (70  $\mu\text{l}$ ) consisting of magnetic markers and 6  $\mu\text{m}$  size polymer beads was separated in centrifuge. The resultant heavier (combined markers with polymer beads) particles were

extracted at first from the mixture. The lighter free markers were condensed with aid of bar magnet and withdrawn. The lighter and heavier particles were examined in VSM. Fig.6b presents shape of magnetization curve of free markers and heavier particles (magnetic markers combined with polymer beads) and lighter particles (free magnetic markers extracted from solution). Extracted resultant free markers still have superparamagnetic behavior, whereas combined with polymer beads markers behave like paramagnetic material.

## 6. Conclusion

Presented measurement technique utilize the SV-GMR needle type probe in estimation of complex

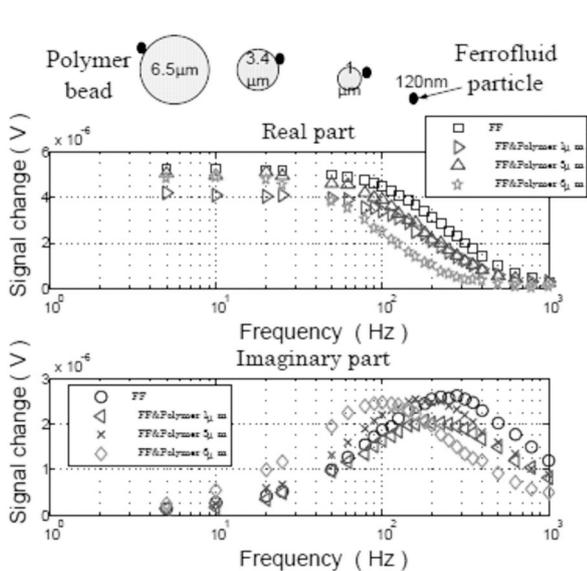


Fig. 7 Particle size influence a) real part b) imaginary part of susceptibility.

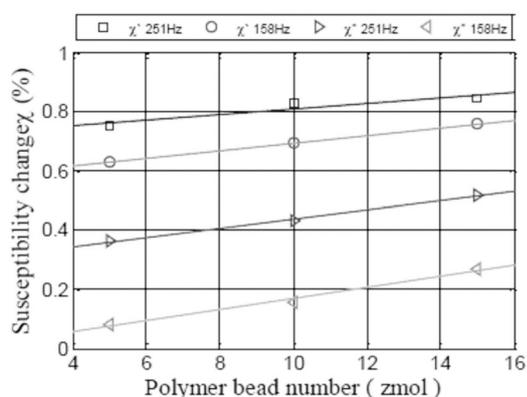


Fig. 8 Various amount of 6 μm polymer beads combining ferrofluid particles. Linear dependence validates that immunoassay has been performed properly.

susceptibility of magnetic markers. In order to increase setup sensitivity it is required to apply higher excitation field. Nowadays excitation field is equal to 160 A/m inside Helmholtz coil. Extending frequency up to 140 kHz of applied external field allows performing Brownian relaxation studies of binding smaller than hydrophobic diameter 120 nm magnetic markers with biological targets.

## References

- [1] K. M. Krishnan, "Biomedical Nanomagnetism: A spin through possibilities in imaging, diagnostics, and therapy", IEEE Transactions on Magnetics, Vol.46, No.7, pp.2523-2558, 2010.
- [2] P.C. Fannin, B.K.P. Scaife, S.W. Charles, "A study of the complex ac susceptibility of magnetic fluids subjected to a constant polarizing magnetic field", J. Magn. Magn. Mat., Vol. 85, pp. 54-56, 1990.
- [3] K. Enpuku, Y. Tamai, T. Mitake, M. Matsuo, A. Tsukamoto, T. Mizoguchi and A. Kandori, "Liquid phase immunoassay using AC susceptibility measurement of magnetic markers", Applied Physics Express, Vol. 2, No. 3, p.037001, 2009.
- [4] C.P. Gooneratne, M. Kakikawa, M. Iwahara, and S. Yamada, "GMR sensor application in detecting and estimating magnetic fluid weight density inside various size tumors", J. Mag. Soc. Jpn., Vol. 33, p.175, 2009.
- [5] S. Yamada, K. Chomsuwan, S.C. Mukhopadhyay, M. Iwahara, M. Kakikawa, and I. Nagano, "Detection of Magnetic fluid volume density with a GMR sensor", J. Magn. Soc. Jpn., Vol. 31, pp.44-47, 2007.
- [6] A. K. Gupta, M. Gupta, "Synthesis and surface engineering of iron oxide nanoparticles for biological applications", Biomaterials, vol. 26, pp. 3995-4021, 2005.
- [7] S. W. Charles, Ferrofluids: Preparation and Physical Properties, Encyclopedia of Materials: Science and Technology, pp.3107-3116, 2001.
- [8] R. E. Rosensweig, Ferrohydrodynamics, Cambridge Monographs on Mechanics and Applied Mathematics, Cambridge University Press, Chapter 1, pp.1-31, New York, 1985.
- [9] P. C. Fannin, "Magnetic spectroscopy as an aide in understanding magnetic fluids", J. Magn. Magn. Mat., Vol. 252, pp.59-64, 2002.

# 電氣的筋刺激の骨形成促進効果における刺激周波数の影響

菊地俊介<sup>1</sup>・高橋英五<sup>2</sup>・田中茂雄<sup>3</sup>

<sup>1</sup>〒920-1192 金沢市角間町 金沢大学自然科学研究科

<sup>2</sup>〒920-1192 金沢市角間町 金沢大学工学部人間・機械工学科

<sup>3</sup>〒920-1192 金沢市角間町 金沢大学環日本海域環境研究センター

Shunsuke Kikuchi<sup>1</sup>, Eigo Takahashi<sup>2</sup>, and Shigeo Tanaka<sup>3</sup>:

Effect of stimulation frequency on osteogenic capability of electrical muscle stimulation

## 1. 緒言

骨は力学的負荷に適応するために骨形成を行う性質があり、このようなことから運動は骨粗鬆症の予防に有効であると考えられている。しかし、高齢者の骨粗鬆症患者においては運動能力の低下が見られる場合も多く、また運動が転倒による骨折を招く原因となる危険性もある。そこで我々は運動を伴わず骨を力学的に刺激する方法として、電気刺激で筋肉を収縮させ、これにより骨を力学的に刺激する手法に注目した。同手法により骨形成が促進されることは従来から報告されており<sup>(1)</sup>、また、我々もこれまでその有効性の検証を進めてきた<sup>(2)</sup>。しかしながら、同方法においてより効果的に骨形成を促す電気刺激の与え方については未だ十分な検討されていない。そこで本研究では電気刺激を与える周波数に着目し、より骨形成を促進する刺激周波数の特定を試みた。実験では、2~80 Hz の5種類の刺激周波数でラット大腿四頭筋を電気刺激し、各刺激周波数で生じる大腿骨の骨形成反応を RT-PCR 法及び骨形態計測より調べた。

## 2. 実験方法

### 2.1 ラット大腿四頭筋への電気刺激

麻酔下の Sprague-Dawley (SD) ラット (雌8週齢) の左大腿部の剃毛した皮膚上から大腿四頭筋へステンレス針電極 (テルモ, 26G 針) を約 10 mm 間隔 (筋線維方向) で外側よりで刺入し、コンピュータから出力される信号により電気刺激を 30 分間与えた (図 1)<sup>(3)</sup>。電気刺激波形は、振幅 2 mA, 持続時間 552  $\mu$ s, デューティ比 50% のパルスで構成される連続パルス列波形であり、極性を定期的に反転させることで繰返しの筋収縮を発生させた。極性反転までの時間を調整することで筋収縮の繰返し周波数を 2, 10, 20, 40, または 80 Hz となるようにした。いずれの刺激波形においても大腿四頭筋へ与えられる総電気エネルギー量は 3.6 J となる。

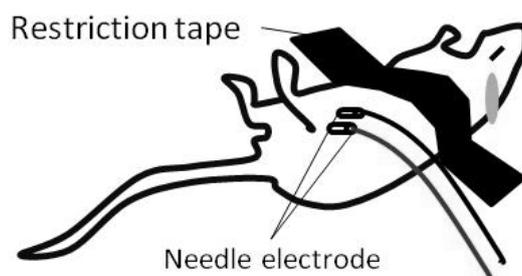


Fig. 1 Electric stimulus to the rat quadriceps using needle-type

## 2.2 筋収縮力計測と力学刺激量の評価

図 2 に筋収縮力計測システムを示す。麻酔下のラット大腿四頭筋に針電極を刺入し前述の条件で電気刺激を与えた。さらに、切断したラットの膝蓋腱と張力トランスデューサーのカンチレバー自由端をナイロン糸で繋いだ。これにより、電気刺激で大腿四頭筋に発生した筋収縮力はナイロン糸を介し、カンチレバーへ伝えられる。ナイロン糸から伝わった筋収縮力をカンチレバー両面に張り付けたひずみゲージにより検出し、予め求めておいた較正直線により検出した信号を張力値に変換することで筋収縮力を決定した。得られた 30 分間の筋収縮力の波形データから、peak to peak 値を求め、この値から 30 分間の筋収縮力の平均値、積算値、及び筋収縮回数を求め与えた刺激周波数による違いを求めた。

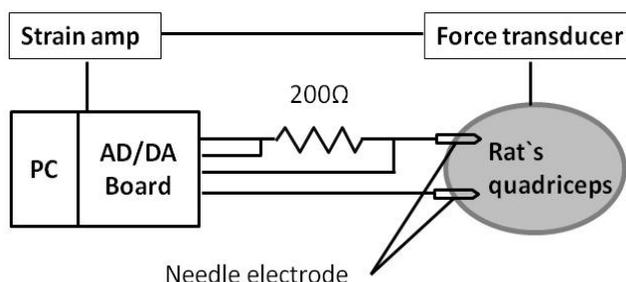


Fig.2 Electric stimulation and muscle contraction force measurement

## 2.3 RT-PCR 方法による骨形成反応の定量分析

刺激終了後、麻酔状態でラットを 3 時間放置し、頸椎脱臼により殺処分した後に両足大腿骨を摘出した。摘出した大腿骨から軟部組織を除去し、さらに両骨端部を切除した後、注射器で生理食塩を骨幹の骨髓腔に噴射することで骨髓腔内の骨髓を全て取り除いた。骨幹部を液体窒素内で冷却・凍結し、オートクレーブ滅菌したハンマーで粉碎した。得られた粉碎骨から市販のキット (QIAGEN, RNeasy Mini Kit) を用いて全 RNA を抽出した。RNA 溶液と PCR 反応液 (QIAGEN, OneStep RT-PCR Kit), およびラットのおステオカルシン (Osteocalcin, OC) mRNA に対し特異的な配列に設計されたプライマー (表 1) を混合し、サーマルサイクラー (アステック, PC-320) を用いて 20 サイクルの RT-PCR 反応を行った。なお本実験では、内在性コントロール遺伝子としてラット  $\beta$  アクチンを用いた。PCR 生成物をエチジウムブロマイドを含むアガロースゲル内で電気泳動させ、紫外光下で蛍光発光させたバンドをデジタルカメラ (Canon IXY DIGITAL 10) で撮影・記録した。記録したバンドを画像編集ソフト (Adobe photoshop) で解析し、バンドの平均輝度値を求めた。OC のバンドの平均輝度値は  $\beta$  アクチンのそれにより正規化し、これを OC mRNA の発現量とした。さらに、刺激を与えた左大腿骨における OC mRNA 発現量を右大腿骨 (コントロール) での発現量に対する比として表わし、この値を用いて刺激の骨形成促進効果を評価した。

Table 1 Primer

Target cDNA	Primer sequence	Product size
Osteocalcin	Forward: 5'-ccaaccacagcatccttt-3'	136 bp
	Reverse: 5'-ggacttgctgttctgca-3'	
$\beta$ -actin	Forward: 5'-aagtacccattgaacacgg-3'	257 bp
	Reverse: 5'-atcacaatgccagtgttacg-3'	

## 2.4 骨形態計測による骨形成反応の評価

電気刺激を 1 日 30 分 3 日間与え、刺激終了 3 日後、9 日後に 1%カルセイン水溶液を 0.5ml をラット腹腔内に投与しこの 2 日の時点の石灰化前線を蛍光標識した。刺激終了 13 日後にラットを殺処分し両足大腿骨を摘出した。摘出した大腿骨を 10%ホルマリン水溶液、70~100%エタノールを用い固定、脱水処理を行い石膏で包埋した。ダイヤモンドブレードを用いて骨幹部中央部から厚さ 1mm の薄片を取り出し、サンドペーパーで研磨することで約 50 $\mu$ m の厚さに仕上げた。蛍光顕微鏡で骨断面の蛍光標識を確認し、画像解析ソフトを用いて骨形態計測パラメタを解析した。求めたパラメタは骨石灰化面 (MS/BS, %) 骨石灰化速度 (MAR,  $\mu$ m/day), 及び骨形成速度 (BFR/BS,  $\mu$ m<sup>3</sup>/ $\mu$ m<sup>2</sup>/year) である。なお本研究では刺激を与えた左大腿骨での骨形態計測パラメタの値から刺激を与えていない右足大腿骨での値を差し引いた相対値から骨形成反応を評価した。

## 3. 結果

図 3 は各刺激周波数に対する筋収縮力の平均値、筋収縮力の積算値、筋収縮回数を示している。筋収縮力の平均値において 2Hz で値が最大になり、刺激周波数が高くなるにつれ値は小さくなった。筋収縮力の積算値において 10Hz で値が最大になったがばらつきが大きかったため有意差は確認できなかった。筋収縮回数において刺激周波数が高くなるにつれ値は増え、40Hz で値が最大になったが 80Hz では完全強縮が起こったため筋収縮回数は減少した。図 4 は、大腿四頭筋への電気刺激後に生じる大腿骨での OC mRNA 発現量 (コントロールでの発現量に対する比) を各刺激周波数で比較したものである。全ての刺激周波数において OC mRNA 発現量の増加が確認され (80Hz 群以外はコントロールとの有意差あり)、特に、20 Hz の刺激を与えた群において最も高い値が示された。なお、20Hz 群の OC mRNA 発現量は 2 Hz 群および 80 Hz 群の発現量に対して有意に高く、10 Hz 群および 40 Hz 群での発現量との有意差は見られなかった。また、10 Hz 群および 40 Hz 群の OC mRNA の発現量は 80 Hz 群の発現量よりも有意に高かった。図 5 に骨形態計測の代表として骨形成速度に着目し載せた。20Hz 群において最も高い値が示された。20Hz 以下の刺激群では骨形成速度が増大しているが 20Hz よりも高い刺激群では骨形成速度の増加は確認できなかった。

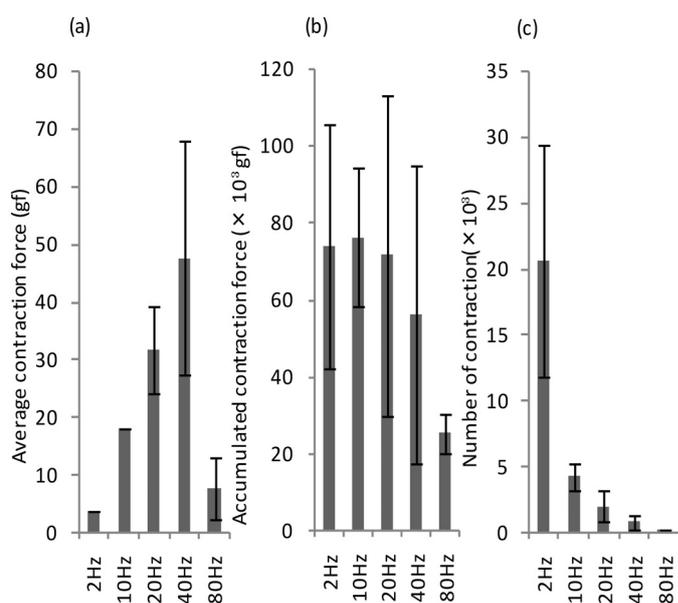


Fig.3 Comparison of mechanical stimulation parameters.(a)Average contraction force, (b)Accumated contraction force and (c)Number of muscle contractions for 30 min. Date represents the average  $\pm$ SD (n=3~4).

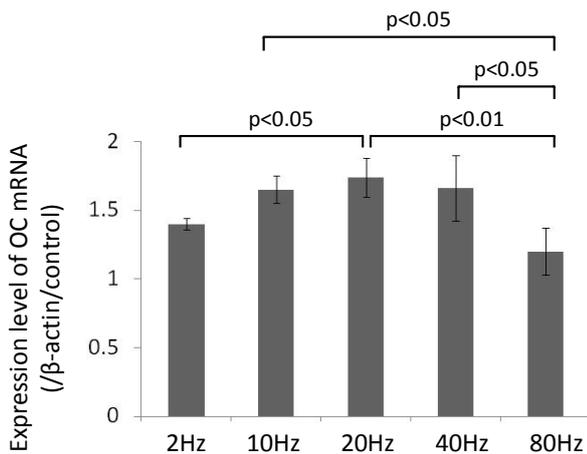


Fig.4 Compression of relative mRNA levels of osteocalcin among all the group. Date represents the average  $\pm$ SD(n=4).

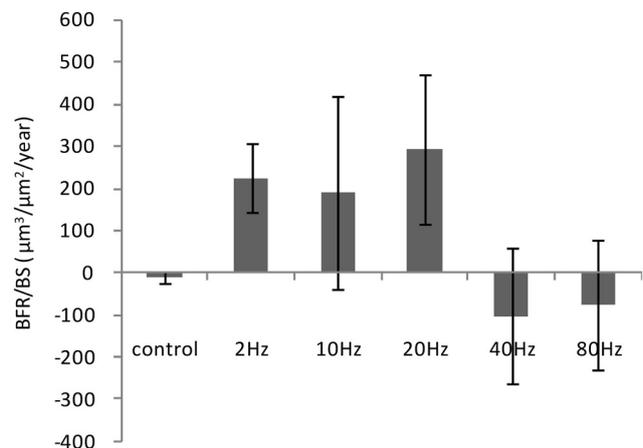


Fig.5 Compression of bone formation rate among all the frequency groups. Date represents the average  $\pm$ SD(n=2~3).

#### 4. 考察

以上の結果より、選ばれた刺激周波数のうち、骨形成促進効果は 20 Hz 付近で最大になると考えられた。本実験においては各刺激条件での総電気エネルギー量（電気刺激量）が同じであること、力学刺激量パラメタ（筋収縮力の平均値、筋収縮力の積算値、筋収縮回数）のいずれもが骨形成反応（OC mRNA 発現量、骨形成速度）の結果と一致していないことから、刺激の骨形成促進効果を決定する主要な因子は力学刺激や電気刺激の量や大きさ以外のものである可能性が示唆される。すなわち、刺激周波数（刺激を与えるタイミング）が刺激の骨形成促進効果を決定する最も支配的な因子である可能性があり、このことは骨の細胞の力学刺激への感受性が最大となる周波数の存在を示唆している。

#### 5. 結言

本研究では、電氣的筋刺激法においてより効果的に骨形成促進させる刺激周波数を検討するため、2, 10, 20, 40, 80 Hz の 5 種類の電気刺激周波数でラット大腿四頭筋を刺激し、それぞれの刺激効果を RT-PCR 法及び骨形態計測を調べることで比較した。実験の結果、選ばれた周波数の中で 20 Hz の刺激周波数が最も骨形成促進効果が高いことが示された。

#### 参考文献

- 1) Burr, DB, et al., Clinical Orthopaedics and Related Research, Vol. 189, pp. 264-278, 1984.
- 2) 近藤ら, 日本臨床バイオメカニクス学会誌, Vol.29, pp. 199-204, 2008.
- 3) Tanaka, SM. And Kondo, K., Journal of Biomechanical Science and Engineering, Vol. 4, No. 2, pp. 201-211, 2009.

# ランダムパルス列電磁場刺激による培養骨芽細胞の石灰化反応促進効果

松村啓之<sup>1</sup>・田中茂雄<sup>2</sup>

<sup>1</sup>〒920-1192 金沢市角間町 金沢大学工学部人間・機械工学科

<sup>2</sup>〒920-1192 金沢市角間町 金沢大学環日本海域環境研究センター

Hiroyuki Matsumura<sup>1</sup> and Shigeo Tanaka<sup>2</sup>:

Promotion effect of random pulse train-electromagnetic fields on osteoblastic calcification

## 1. 緒言

生体内では様々な個所でランダム性や揺らぎを持つ信号が観察される。このような特性を有した情報伝達形態が有用な働きを担っていると考えられる。我々はこのような生体信号のランダム性に着目し、これまで電気刺激をランダムパルス列として与えることで培養再生骨の石灰化反応が促進されることを示してきた<sup>(1)</sup>。一方、電磁場は電気刺激と同様に培養骨芽細胞の石灰化反応を促進する効果があることが知られている<sup>(2)</sup>。そこで本研究では、ランダムパルス列電磁場刺激を培養骨芽細胞へ与えることのできる装置を作製し、同装置を用いて培養骨芽細胞の石灰化促進に対するランダムパルス列電磁場刺激の効果を検証することを目的とした。

## 2. 実験方法

本実験では、SD ラット（メス、8 週齢）の左右大腿骨および脛骨の骨髄の中に含まれる間葉系幹細胞から分化させた培養骨芽細胞を播種密度  $0.2 \times 10^6$  cells/dish で  $\phi 35$  mm の培養ディッシュに播種し、24 時間後に電磁場刺激を与えた。サンプルはソレノイドコイル上に設置され、培養ディッシュ中心から半径 9 mm の範囲を暴露した（図 1）。パルス列電磁場波形は、周波数 1 kHz、最大磁束密度 1 mT の 1 周期正弦波を 1 パルス（図 2 a）として構成した。本研究で採用したランダムパルス列波形（RdPT）は、50 Hz から 500 Hz までの繰返し周波数範囲でパルスがランダムに出現するものである（図 2 b）。また比較群として、500 Hz の繰返し周波数の規則的パルス列波形を与えた群（RgPT、図 2 c）、および 1 mT の一定磁束密度を与えた群（DC、図 2 d）を設けた。さらに、以上の 3 つの刺激群に加え、電磁場刺激を与えない群（Control）を設けた。電磁場刺激は播種翌日から 1 日 1 回 3 分間、21 日間連続で与えた。刺激終了後、アリザリンレッド（ARS）染色を培養ディッシュ底面に施し、カルシウム塩沈着部を染色した。石灰化の程度は、培養ディッシュ底面面積に対する染色領域の割合で評価した。なお、各群のサンプル数は 4 とした。

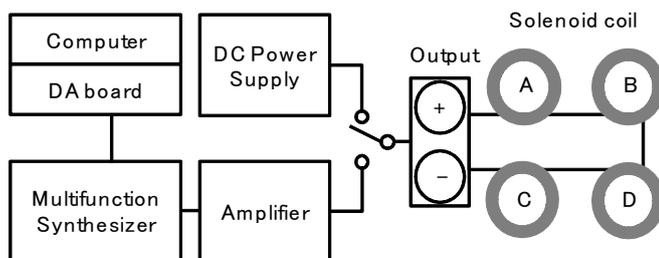


Fig.1 An experimental system for electromagnetic field stimulation to cultured

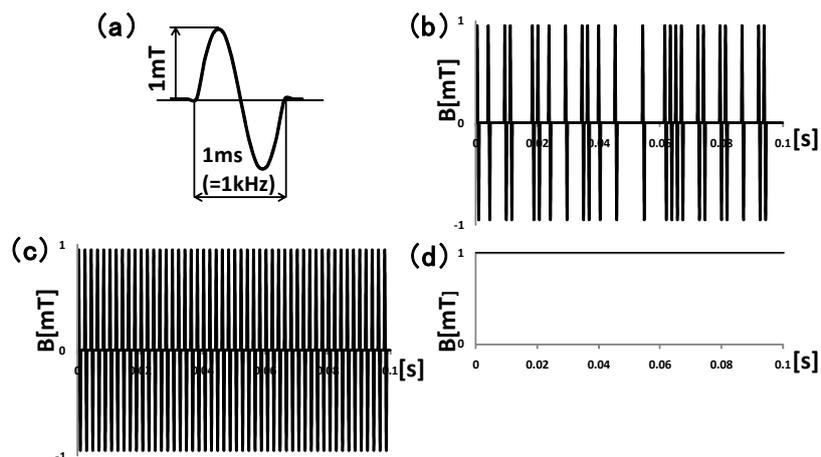


Fig.2 Waveforms of electromagnetic field. (a) A sin wave at 1 kHz with an amplitude of 1 mT was used as a single pulse. (b) Random pulse train (RdPT). (c) Regular pulse train (RgPT). (d) Constant electromagnetic fields (DC).

### 3. 結果および考察

図3に各群における代表的なARS染色像を、また図4にARS染色領域の評価領域に対する割合を示す。RdPT群は他の群よりも高い染色領域割合を示した。またRdPT群の値は、RgPT群およびDC群の値との有意差が確認された ( $p < 0.05$ )。DC電磁場刺激では石灰化促進効果がなかったことから、電磁場による石灰化促進効果には渦電流を介した刺激伝達機構が存在することを示唆している。我々が以前行った電気刺激による同様の実験(1)では、骨芽細胞の分化の指標の一つであるアルカリフォスファターゼ (ALP) 活性がRdPT群において有意に高くなる結果が得られており、本研究結果と類似している。RgPT群では石灰化促進効果が得られなかったことから、RdPT波形に含まれるランダム性が培養骨細胞の石灰化を促進させる効果があると考えられる。しかしながら、何故ランダム性を含む刺激の与え方が骨芽細胞に対しより効果的であるかについては現在不明であり、今後、細胞レベルでの調査が必要である。

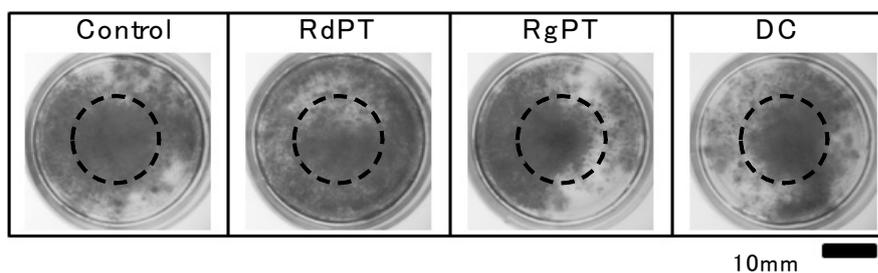


Fig.3 Close-up pictures of alizarin-red S stained samples after electromagnetic field stimulation for 21 days. Circular dashed lines show areas exposed to electromagnetic field.

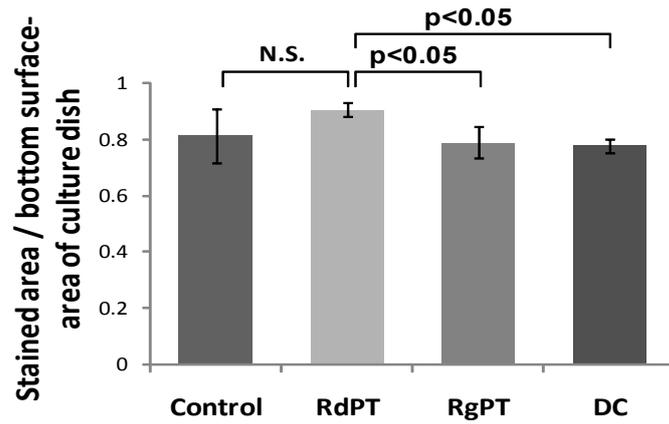


Fig.4 Comparison of alizarin-red S stained area among all the groups. Stained area is represented as a ratio to the bottom surface area of culture dish. Data shows the average  $\pm$  SD (n = 4).

#### 4. 結言

本研究では電磁場刺激装置を作製し，培養骨芽細胞の石灰化反応の促進におけるランダムパルス列電磁場刺激の有効性を検証した．その結果，規則的パルス列電磁場刺激や一定電磁場刺激よりもランダムパルス列電磁場刺激の方が培養骨芽細胞の石灰化促進効果が高いことが示された．

#### 参考文献

- (1) 瀧本, 他, 臨床バイオメカニクス, Vol.31, pp.181-186, 2010
- (2) Chang, W. H-S., et al., Bioelectromagnetics, Vol.25, pp.457-465, 2004

# 反射散乱光強度分布を用いた骨密度評価法の開発 -モンテカルロシミュレーションを用いた原理の検証-

山田一成<sup>1</sup>・田中茂雄<sup>2</sup>

<sup>1</sup>〒920-1192 金沢市角間町 金沢大学工学部人間・機械工学科

<sup>2</sup>〒920-1192 金沢市角間町 金沢大学環日本海域環境研究センター

Issei Yamada<sup>1</sup> and Shigeo Tanaka<sup>2</sup>:

Development of optical bone densitometry using the intensity distribution of diffuse reflectance  
- Verification of the principle by Monte Carlo simulation -

## 1. 緒言

現在、骨粗鬆症診断には DEXA (Dual energy X-ray absorptiometry) や pQCT (Peripheral quantitative computed tomography) など被爆のリスクのある X 線装置が使用される。しかしながら、骨密度低下の早期発見のためにこれらの大型装置を運用することは難しく、簡便なスクリーニングや在宅セルフチェックなどを実現する装置の開発が望まれている。光は安全かつ非破壊的に生体内の情報を得る手段として様々な医療分野において利用されている。そこで本研究では、新たに光学式骨密度評価法を提案し、その有効性を確認するためにモンテカルロ法および光路解析によるシミュレーションを行った。

## 2. 反射散乱光強度分布を利用した骨密度評価

図1は提案する光学式骨密度計測法を実施するための装置の構成である。本装置では、レーザー光を一定強度で骨に照射する。組織内で吸収・散乱により減衰して戻ってきた反射散乱光は二枚の凸レンズ、円形スリットを経由してフォトダイオード (PD) で検出される。円形スリットにより、骨表面から様々な方向に放たれる反射散乱光のうちスリットへ向かう角度に放たれた光のみが検出される。骨と装置間の距離 (Z 方向) を変化させると骨表面上の検出箇所が半径 (r) 方向に移動し、これにより半径方向の反射散乱光強度分布を得る。この分布は骨の光学特性が反映されるため、その傾きより骨密度を評価できると考えた。一方、骨上に皮膚が存在する場合、骨から出た光が皮膚層によりさらに拡散されるため、骨表面における反射散乱光強度分布が観察できなくなる。

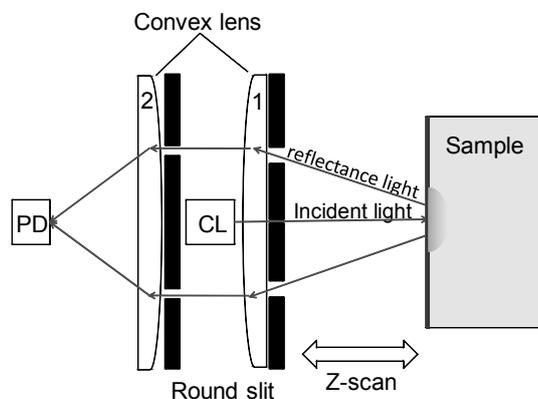


Fig.1 Schematic configuration of bone densitometry using diffuse reflection light. CL: Coherent light. PD: Photo detector.

しかし本装置では、皮膚層内を伝播する散乱光のうち準直進光のみがスリットを通り抜け PD で検出されるため、皮膚層の影響を受けずに反射散乱光強度分布を知ることができると期待できる。以上の方法を検証するため、①組織内での光散乱・減衰のモンテカルロ法解析、および②組織外に飛び出した光子が PD に至るまでの光路解析の二つに分けてシミュレーションした。

### 3. モンテカルロ法解析および光路解析

モンテカルロ法では、光子の伝播距離  $s$ 、光子 weight の減衰量  $\Delta W$ 、散乱方向  $\theta$  は次のように表わされる。

$$s = \frac{-\ln(\xi)}{\mu_a + \mu_s} \quad \dots (1)$$

$$\Delta W = \frac{\mu_a}{\mu_a + \mu_s} W \quad \dots (2)$$

$$\theta = \cos^{-1} \begin{cases} \frac{1}{2g} \left\{ 1 + g^2 - \left( \frac{1-g^2}{1-g+2g\xi} \right)^2 \right\} & \text{if } g > 0 \\ 2\xi - 1 & \text{if } g = 0 \end{cases} \quad \dots (3)$$

ここで、 $\mu_a$ 、 $\mu_s$ 、および  $g$  はそれぞれ吸収係数、散乱係数、および異方性係数である。また  $\xi$  は 0~1 の値をとる乱数である。本研究で用いた各パラメタの値を表 1 に示す。なお、骨密度の違いを散乱係数  $\mu_s$  の違いとして表現した。また、1 回のシミュレーションの光子数は  $10^5$  個とした。

試料外での光路解析では、直径 2 cm、幅 2 mm のスリット 1、2、およびレンズ 1、2 を通過して PD ( $\phi 3$  mm) に到達した光子の weight から反射散乱光強度 (I) を算出した。なお、レンズ 1 の焦点距離は 10 cm、レンズ間距離は 5cm とし、PD はレンズ 2 の後方焦点距離 (4.3cm) に置かれた。

Table. 1 Optical properties, thickness, and refractive index (n) of skin and bone. d: thickness

Sample	$\mu_a$ (/cm)	$\mu_s$ (/cm)	g	d(cm)	n
Skin	0.5	150	0.9	0~0.2	1.4
Bone	0.2	150~300	0.9	100	1.4

### 4. 結果および考察

図 2 は、皮膚厚が 2 mm の場合の反射散乱光強度分布の解析例である。いずれの  $\mu_s$  においても、反射散乱光強度は  $r$  の増加とともに単調に減少した。図 3 は、 $r = 0.1 \sim 0.3$  cm の範囲における反射散乱光強度分布の傾きを各  $\mu_s$  で比較したものである。傾きは  $\mu_s$  が 150 から 200/cm まで増加すると増加し、それ以降は減少する非線形的な傾向を示した。また、皮膚の厚さが増加すると全ての  $\mu_s$  に対し傾きが増加することが分かった。以上から、骨の  $\mu_s$  が 200/cm 以上となる密度において本法による密度評価が可能と考えらるが、現条件では、皮膚が非常に薄い場合にのみ有効であると考えられた。

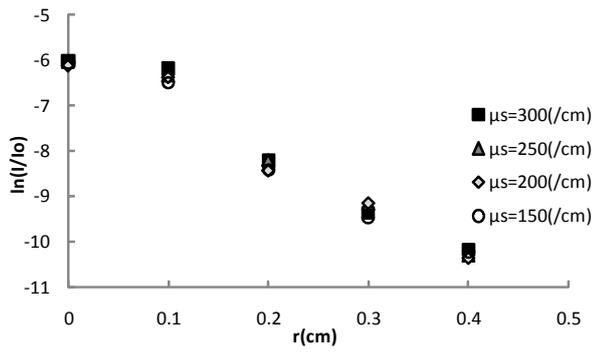


Fig.2 Intensity distribution of diffuse reflectance light in the radius (r) direction from the incident site.

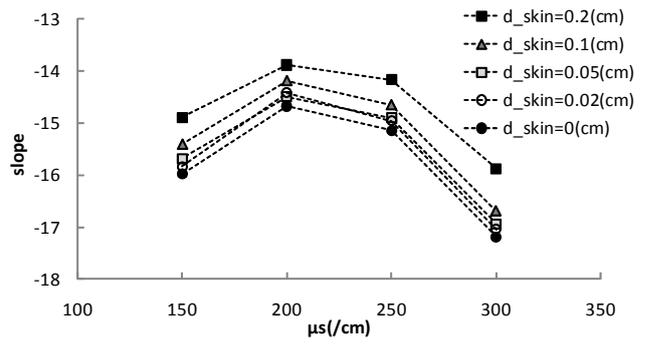


Fig.3 Relationship between the slope of intensity distribution of diffuse reflectance light and scattering coefficient ( $\mu_s$ ) of bone.

### 5. 結言

本研究では、反射散乱光強度分布を用いた骨密度評価法の有効性をモンテカルロ法解析および光路解析により検証した。その結果、本法の骨密度評価法として有用である可能性が示されたものの、さらなる皮膚影響除去の工夫が必要であることが分かった。



編集委員会

井上睦夫・柿川真紀子・木下栄一郎

鈴木信雄・塚脇真二・長谷部徳子

金沢大学環日本海域環境研究センター

平成22年度年報

発行日 2012年2月29日

発行人 中村浩二

編集・発行 金沢大学環日本海域環境研究センター  
〒920-1192 金沢市角間町

印刷所 田中昭文堂印刷株式会社  
〒920-0377 金沢市打木町東1448番地