

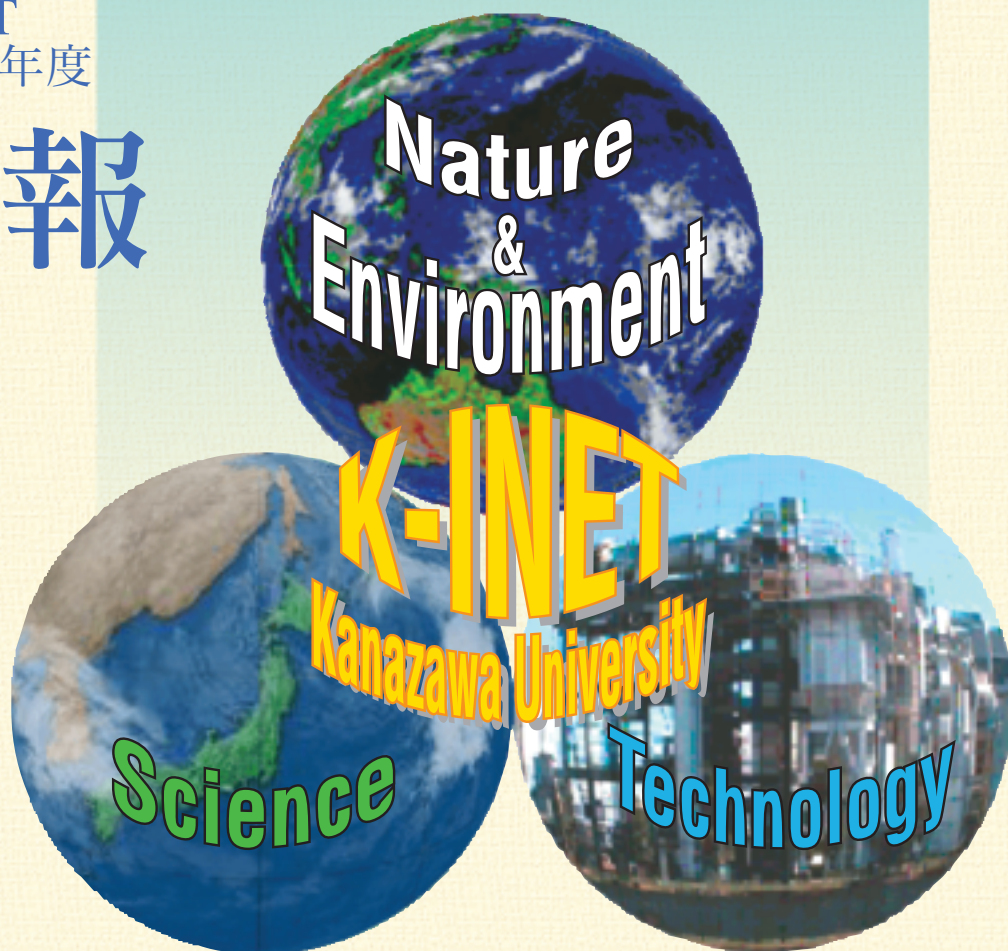
金沢大学 環日本海域環境研究センター

Institute of Nature and Environmental Technology

Kanazawa University
Japan

K-INET
平成19年度

年報



2007

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

目 次

巻 頭 言	1
活 動 報 告	
1. センターの活動	
1年間の活動概況	2
開催報告	3
2. 組織と運営	
研究組織	6
センター教員会議構成メンバー	8
センターの構成	8
3. 研究・運営活動（一年間の研究概況）	
地球環境計測部門	10
エコテクノロジー研究部門	13
生物多様性研究部門	18
生体機能計測研究部門	20
人間環境情報研究部門	23
環境防災研究部門	25
人文社会研究部門	25
4. 研究成果リスト	
地球環境計測部門	26
エコテクノロジー研究部門	36
生物多様性研究部門	44
生体機能計測研究部門	50
人間環境情報研究部門	56
環境防災研究部門	60
人文社会研究部門	60
5. 研 究 費	
地球環境計測部門	61
エコテクノロジー研究部門	62
生物多様性研究部門	63
生体機能計測研究部門	63
人間環境情報研究部門	64
6. 研 究 指 導	
地球環境計測部門	65
エコテクノロジー研究部門	66
生物多様性研究部門	67
生体機能計測研究部門	67
人間環境情報研究部門	69
7. その他	70
研 究 報 告	74

巻頭言

環日本海域環境研究センターの発足

環日本海域環境研究センター長 木村繁男

平成19年度は「環日本海域環境研究センター」が発足した初年度に当たる。本書も「金沢大学環日本海域環境研究センター」を冠した最初の年報となる。当センターは、これまでの「自然計測応用研究センター」と「日本海域研究所」を統合して誕生した新たな研究組織である。当該センターは三つの研究領域（自然計測領域、環境情報領域、地域研究領域）からなる。これまでの「自然計測応用研究センター」の専任教員は「自然計測領域」に、併任と客員教員は「環境情報領域」にそれぞれ所属することになる。一方、「日本海域研究所」の所員は「地域研究領域」の研究員・客員研究員になり、本学の人文社会系から梶川伸一教授、弁納才一教授の御二方が「地域研究領域」に併任として迎えられた。専任と併任教員合わせて21名の組織である。その他、平成19年3月をもって当センターを定年退職された岩坂泰信 FSO(フロンティアサイエンス機構)教授、当センター客員教授であった鈴木克徳 FSO教授、平成20年3月にフランスから着任された松木篤 FSO所属テニユアトラック助教の3名が本センターの研究活動に加わるようになる。したがって、今回から年報にもこれら併任および准併任教員の研究活動が反映されるようにした。

さてこの一年を振り返って、印象に残っているのは本センターが中心となった金沢大学海外分室の設置と外国研究機関分室の本学への設置である。前者は、岩坂教授の尽力により中国科学院大気物理研究所内に金沢大学海外分室を設置することができた。その調印式と開所式が昨年4月に大気物理研究所においた挙行された。後者については、柏谷教授のご努力により韓国地質資源研究院分室がこの3月に本学に開設された。開所式には韓国地質資源研究院側から Lee 院長、本学からは林学長が出席して盛大に執り行われた。これらの分室をどのように活用して行くかについては、今後真剣に考えてゆく必要がある。当面は分室が中心となったシンポジウムやワークショップの開催などが挙げられる。しかしそれだけでは利用率があまりにも低い。分室が無ければ不可能な、あるいは非常に困難と考えられる企画についてわれわれはもっと知恵を絞らなければならない。

本センター主催の国際シンポジウム、学術講演会やセミナーも数多く実施された。詳しくは本年報をご覧ください。特に「環日本海」というキーワードに限定すると、二つの国際シンポジウムと月一回の割合で行われたセミナーを挙げる事ができる。昨年9月の「環日本海域環境シンポジウム」と今年1月に開催された「国際シンポジウム「東アジア若手研究者による環境研究シンポジウム」」では、日中韓の環境研究者の間で将来の研究協力に向けた熱心な討議が行われた。内外の研究者を迎えて定期的実施することができた「環日本海域環境研究会」も計9回を数えた。忘れてならないのが清水宣明教授と山田外史教授が毎年行っている「バイオサイエンスシンポジウム」である。シンポジウムは今年度で9回目を迎えた。バイオサイエンス研究グループはセンター内でも1研究部門を形成している重要な研究分野であり、環境とも深く関係している。「環境研究」というキーワードと共に「バイオサイエンス」は本センター内の重要な研究の柱であるという事実はいささかの揺るぎもない。

1. センターの活動

1) 1年間の活動概況

項 目	行事名称（開催日等）
国際ワークショップ・シンポジウム	(1) High-Resolution Environmental Records of Long-Term Lacustrine Sediments in Lake Hovsgol and Lake Baikal, 6 th International Symposium on Terrestrial Environmental Changes in East Eurasia and Adjacent Areas, Irkutsk-Listvyanka, Russia, 2007.8.24-28. 全84名 (2) 4 th CJK International Workshop on Present Earth Surface Processes and Historical Environmental Changes in East Asia—Modern Lake-Catchment Processes and Human Activity in East Asia, Nanjing, China, 2007.9.17-21. 全47名 (3) 環日本海域の環境シンポジウム：地球環境地域学の創成を目指して，金沢大学，平成19年9月28～29日，80名超 (4) 東アジア若手研究者による環境研究シンポジウム：若手研究者のネットワーク形成をめざし，珠洲市および金沢市，平成20年1月15～16日，約30名 (5) Taiwan and Japan Joint Symposium on Geomorphological Hazards and Management, Taiwan, 2008.3.17-22. 約80名
研究会等の開催	(1) 第10回バイオサイエンスシンポジウム（平成19年11月9日，金沢大学自然科学研究棟，60名） (2) 電気学会マグネティクス研究会（平成20年3月27，28日，金沢大学自然科学研究棟，のべ80名） (3) 第2回バイオエアロゾルシンポジウム（平成20年1月12日、熊本県立大学、約60名） (4) 環日本海域環境研究会（平成19年度に合計9回開催，詳細については2）開催報告(5)を参照
社会教育を目的とした実習・講義	(1) 金沢市教育委員会平成19年度中学校理科学教育専門家招聘事業講師「地層と化石の観察（サマースクール理科1年）」金沢市立犀生中学校 (2) 金沢市教育委員会平成19年度中学校理科学教育専門家招聘事業講師「地層と化石」金沢市立大徳中学校 (3) カンボジア王国教育省教育学研究所（National Institute of Education）特別実習「岩石薄片試料の作成方法と鏡下観察」 (4) カンボジア王国教育省教育学研究所（National Institute of Education）特別講義「海洋地質学概論」 (5) カンボジア王国教育省教育学研究所（National Institute of Education）特別講義「アンコール遺跡区域における環境汚染・破壊の現状」 (6) 在カンボジア日本大使館主催 日本カンボジア外交関係樹立55周年記念講演会講師（プノンペン）「トンレサップ湖の自然環境：過去，現在，未来」

2) 開催報告

(1) 第10回バイオサイエンスシンポジウム開催報告

人間計測制御研究部門 山田外史

平成19年度は11月9日に第10回バイオサイエンスシンポジウムを開催した。このシンポジウムは、バイオサイエンス関連の研究の交流と企業への情報提供を目指し、環日本海域環境研究センターを含めた6機関（環日本海域環境研究センター、学際科学実験センター、工学部、理学部、薬学部、共同研究センター）の共催により開催しているものである。第10回は「計測技術の最前線—分子から細胞まで—」をテーマに合計4件の基調講演、一般講演があり、参加者らの間では活発な質疑応答が行われた。以下は講演プログラムである。

第10回バイオサイエンスシンポジウム

2007年11月9日 金沢大学自然科学研究科

1. 摂食と大脳高次機能の活性化

九州大学 名誉教授 大村 裕 氏

2. 分子-固相界面のナノ設計による分子情報変換の実現とその方途

九州工業大学 大学院生命体工学研究科 助教 春山 哲也氏

3. バイオサーベイランスを目的とした人工酵素の分子設計・合成とそのセンサ応用

九州工業大学 大学院生命体工学研究科 助教 池野 慎也 氏

4. 高分解能原子間力顕微鏡のナノバイオサイエンスへの応用

金沢大学 フロンティアサイエンス機構 准教授 福間 剛士 氏

(2) 環日本海域の環境シンポジウム：地球環境地域学の創成を目指して

エコテクノロジー研究部門 岩坂泰信／洪天祥

環日本海地域におけるさまざまな環境問題を、大気環境問題を中心としつつ、より幅広い問題について議論するため、平成19年9月28～29日にかけて金沢大学で、環日本海域環境研究センター、フロンティアサイエンス機構が主催して環日本海域の環境シンポジウムが開催された。シンポジウムには、国内各地の研究者に加え、中国、韓国からの研究者の参加も得て、80名超が参加し、以下の6セッションが行われた。シンポジウムの成果を踏まえ、環日本海域を中心とする大型研究プロジェクトの検討が進められることとなった。

セッション1：研究スタイルを探る：大陸起源大気の輸送と変質

セッション2：研究スタイルを探る：長期モニタリングと国際キャンペーン

セッション3：日本海からの、そして日本海への環境影響を考える(1)

セッション4：日本海からの、そして日本海への環境影響を考える(2)

セッション5：黄砂風送域の環境変動

セッション6：日本海と里山：比較里山試論

(3) 東アジア若手研究者による環境研究シンポジウム：若手研究者のネットワーク形成をめざして

エコテクノロジー研究部門 岩坂泰信／洪天祥

中国、韓国、ロシアにおける環日本海域環境研究センター海外分室の活動を踏まえ、それらの国々から若手研究者を招請し日本の若手研究者との学術交流を進めることを目的として、東アジア若手研究者による環境研究シンポジウムが平成20年1月15～16日にかけて、約30名の参加を得て開催された。15日には珠洲市で里山と環日本海域の生態環境を中心に2つのセッションが、16日には金沢で大気環境を中心とする2つのセッションが開かれ、日中韓口の若手研究者の活発な交流がすすめられた。

能登セッション セッション1：生態環境(I)里山と東アジアの生態環境

セッション2：生態環境(II)里山と日本海との関連性

金沢セッション セッション3：大気環境(I) 環日本海域での大気環境

ポスターセッション

セッション4：大気環境(II)東アジアの大気質及び気候状況

(4) 第2回バイオエアロゾルシンポジウム

人間環境情報研究部門 岩坂泰信

バイオエアロゾルと黄砂との関係をフォーカスしたシンポジウムを平成20年1月12日に熊本県立大学で行った。60名超の参加者があり、新学術領域研究の申請等についても討議した。

(5) 環日本海域環境研究会

エコテクノロジー研究部門 岩坂泰信／洪天祥

金沢大学の地球環境科学を展開してゆく上で必須の「大型中枢研究機関との連携」、環境研究が本来的に抱えている「文理融合の姿」を模索し、大型プログラムを構想するための視座を確かなものにすべく、外部から報告者を招聘し合計9回の環日本海域環境研究会が開催された。

- 第1回 平成19年5月9日 「科学技術と海洋を中心とする地球科学研究の frontline」 木下 肇 (海洋研究開発機構執行役)
- 第2回 平成19年6月11日 「韓国における最近の黄砂の特徴」 金 潤信 (韓国漢陽大学校)
「黄砂の人への健康影響」 市瀬孝道 (大分看護科学大学)
- 第3回 平成19年6月26日 「地球環境問題と東アジアの環境政策」 鈴木克徳 (国連大学高等研究所)
- 第4回 平成19年7月3日 「気象データ, 人工衛星データを利用した環日本海域環境モニタリング」 黒崎泰典 (ジョージア工科大学)
- 第5回 平成19年7月27日 「流氷の数値予報とその応用」 山口 一 (東京大学大学院工学系研究科環境海洋工学)
「シミュレーションによる生態系のダイナミズムの理解」 和田英太郎 (海洋研究開発機構地球環境フロンティア研究センター)
- 第6回 平成19年9月18日 「日本海沿岸の冬季雷活動と大陸ラドンの日本列島への移流・拡散」 鳥居建男 (日本原子力研究開発機構敦賀)
「東アジア内海の新石器化と現代化: 景観の形成史」 内山純蔵 (総合地球環境学研究所)
- 第7回 平成19年10月22日 「環日本海域の経済活動の現状と今後: 地域の環境保全との折り合いはつくのか?」 野村 允 (金稜大学/北陸環日本海経済交流促進協議会)
- 第8回 平成19年12月20日 「満鉄調査部関係の諸資料」 井村哲郎 (新潟大学大学院現代社会文化研究科)
- 第9回 平成20年1月23日 「韓国地質資源研究院における環境研究・防災研究について」 梁東潤 (韓国地質資源研究院・第四紀地質環境研究チーム長/金沢大学・環日本海域環境研究センター客員教授)

2. 組織と運営

1) 研究組織

【自然計測領域】

・地球環境計測部門

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

・エコテクノロジー研究部門

限りある資源とエネルギーの有効利用、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

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

・生体機能計測研究部門

ヒトを取り巻く電磁界、力学環境、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】

・環境防災研究部門 / 人文社会研究部門

兼任教員 2 人体制の下で来年度から組織、予算上も同センターの「地域研究領域」として、どのような形で新たな管理、運営体制を整えるかは、今年度の課題であった。ほぼ以下の方針が次年度から実施されることが提案された。1. 旧センターの年報であった『日本海域研究』は「地域研究領域」の年報として従前通り発行され、そのための編集委員会を同領域内に設置し、客員研究員についても同様に存続する。2. 旧センターの運営委員会を廃止し、同領域に関わる事案は必要に応じて、同センター教員会議などに諮る。

【金沢大学海外分室】

当該センターが窓口となり、中国と韓国での本学内外の研究教育活動を広く支援するために、金沢大学海外分室を両国に開設した。

〒608-737

韓国釜山市南区大淵 3 洞 5 9 9 - 1

釜慶大学校海洋科学共同研究所 3 1 2 号

TEL. +82-51-629-7389, +82-51-625-4101

FAX. +82-51-625-4101

〒100029

中国北京市徳勝門外祁家豁子 4 0 号楼 4 1 4 号室

中国科学院・大気物理研究所内

電話／ファックス： +86-10-8299-5148

また韓国地質資源研究院との共同研究を推進する目的で、同院の金沢大学分室が当該センター内に開設された。

〒921-1192

金沢市角間町

金沢大学自然科学研究棟 2B 4 1 7 号

2) センター教員会議構成メンバー

センター長 木村繁男

教授：小村和久，山本政儀，柏谷健二，中村浩二，笹山雄一

清水宣明，山田外史，木村繁男，梶川伸一，弁納才一

岩坂泰信（FSO 所属），鈴木克徳（FSO 所属）

准教授：長谷部徳子，塚脇真二，木下栄一郎，田中茂雄，青木賢人

助教：福士圭介，井上睦夫，浜島靖典，鈴木信雄，小林史尚，柿川真紀子，松木 篤（FSO 所属）

3) センターの構成

【自然計測領域】

・地球環境計測部門

教 授 柏谷健二，小村和久，山本政儀

客員教授 熊谷道夫

准教授 長谷部徳子

客員准教授 佐藤 努

助教 濱島靖典，井上睦夫，福士圭介

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

技術職員等 中本美智代，西川方敏

・エコテクノロジー研究部門

教 授 木村繁男

客員教授 林 政彦（福岡大学理学部教授）

特任教授 岩坂泰信

准教授 塚脇真二

助教 小林史尚

特任助教 松木 篤

技術職員等 洪 天祥

・生物多様性研究部門

教 授 中村浩二，笹山雄一

客員教授 西川輝明

准教授 木下栄一郎

助教 鈴木信雄

研究員・協力員 田辺慎一，木村一也

技術職員等 又多政博，曾良美智子，涌村 聡

・ **生体機能計測研究部門**

教 授 清水宣明, 山田外史
客員教授 春山哲也 (九州工業大学)
准教授 田中茂雄
助教 柿川真紀子
研究員・協力員 ホセイン・バヤニ, アラー・ホセイン
技術職員等 松本有加, 山田彩子

【環境情報領域】

・ **自然環境情報研究部門**

客員教授 谷 伸
客員教授 功刀正行
客員准教授 黒崎康則

・ **人間環境情報研究部門**

特任教授 鈴木克徳
兼任准教授 青木賢人

【地域研究領域】

・ **環境防災研究部門**

併任教授 弁納才一

・ **人文社会研究部門**

併任准教授 梶川伸一

事務担当

桶谷清正 (金沢大学角間南地区事務部学生課副課長)
鍛冶 肇 (金沢大学角間南地区事務部総務課総務第二係長)

3. 研究・運営活動（一年間の研究概況）

地球環境計測部門

【地球環境システム分野】

地球環境システムの構造や変化を明らかにするために、陸域生成鉱物・堆積物などを対象とした物理・化学測定および解析を行っている。環境システムがどう変動してきたか、また今後どう変動していくかを評価する最適な方法は過去からの長期的な連続観測である。しかしながら過去起こったことを観測することは不可能であるため、環境システムを代表すると思われる何らかのプロキシを得、そこから当時のシステムを類推し、変動史を組み立てることになる。本分野では琵琶湖、ロシア・バイカル湖、モンゴル・フブスグル湖といった東アジア地域の湖から採取されたコアの分析により古環境変動記録を構築し、予知予測につなげる研究を行っている。本年度におこなった主な研究内容は以下である。

1) 琵琶湖周辺における過去 2000 年間の水文環境変動

琵琶湖地域における過去 2000 年間の水文環境変動を湖沼堆積物の物理量から解明し、そのプロセスの検討を行った。とりわけ中世温暖期・小氷期・現代の環境を比較し、その相違などについて検討した。実験試料として琵琶湖と琵琶湖集水域内の淡海池で堆積物表層コアを採取した。堆積物表層コアの ^{137}Cs 放射能濃度、 ^{210}Pb 放射能濃度、 ^{14}C 年代測定に基づき深度に対応する年代軸を導入した。また各深度の含水率、粒子粒径、有機物、生物起源シリカ、塩酸可溶物および鉱物含有率、鉱物粒度分布（鉱物成分のみの粒度分布）、粒子密度測定を行った。その結果、過去 100 年間の降水強度と、鉱物粒度の変動はよく一致することが明らかとなった。また生物起源シリカ含有量と鉱物粒度分布の歪度の変化から、約 AD700-1200 年を中世温暖期、約 AD1600-1900 年を小氷期と推測できた。さらに有機物含有量や生物起源シリカ含有量等の変化から、中世温暖期は他の期間と比べてもっとも生物生産性が高かったことが示唆された。なおこの結果については研究報告にて詳細に述べる。

2) バイカル湖細粒堆積物のルミネッセンス年代測定

湖沼堆積物の年代決定は、 ^{14}C 法や 137 法などから求めた年代と堆積物の物理量変動を合わせることで精度よく行われてきた。しかし 5 万年よりも古いところになるとその年代幅に対応できる手法の少なさから年代を決めるのが困難になる。ルミネッセンス年代測定法は第四紀中～後期の年代決定を得意としているが、細粒な鉱物集合体である堆積物コアに本手法を適用した例は少ない。そこで本研究では細粒湖沼堆積物のルミネッセンス年代測定を行い、制約された試料でのルミネッセンス年代測定法の可能性について吟味した。検討としてバイカル湖堆積物コアを試料として、熱による励起で光を得る熱ルミネッセンス、光による励起で光を得る光ルミネッセンスを用いて蓄積線量の求め方を吟味した上で測定し、異なる方法による蓄積線量の違いから試料の特性を調べた。また鉱物集合体を用いたときと従来の石英のみを用いた場合の違いを調べた。さらに堆積物を圧縮ペレット化し U、Th 同位体を測定する方法を用いて放射性同位体濃度を測定した。またバイカル湖で報告されている放射非平衡による核種の経年変化、コア試料における圧密による含水率の経年変化を考慮し求め年代を算出した。以上の検討により算出した年代値は、独立した手法により見積もられている予想年代よりも主に若かった。予想年代と一致しなかった理由としては試料が測定前に光に曝されたこと、検疫で加熱処理を受けたことなどがあげられる。

試料準備の最適化など今後を残した。なおこの結果については研究報告にて詳細に述べる。

3) フブスグル湖湖沼堆積物の鉱物組成から読み取る湖水環境の変動

湖沼内で自生した、もしくは流域から湖沼に流入した砕屑性の炭酸塩鉱物は堆積物中に保存される。炭酸塩鉱物の結晶形や化学組成は生成時の水質や周囲環境によって決められるため、堆積物中に残された炭酸塩鉱物組成は堆積した当時の水質や環境を保存していると考えられる。そこで本研究はフブスグル湖堆積物コアに残された炭酸塩鉱物の鉱物学的・地球化学的解析によりフブスグル湖の過去の湖水環境復元を試みた。粉末 X 線回折分析と走査型電子顕微鏡観察から堆積物に含まれる炭酸塩鉱物はカルサイト、ドロマイト、モノヒドロカルサイト (MHC) であることが認められた。カルサイトおよびドロマイトはほとんどの深部に存在する一方、MHC は特定の深部のみに認められた。MHC は $\text{CaCO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ の化学組成をもつカルサイトの準安定鉱物である。MHC は室内実験によっては容易に合成されるが、天然での報告例はきわめて少ない。天然において MHC の産出が希少であるのは、MHC が“異常な”地球化学的条件においてしか生成・保存されないことによる。MHC の溶解度を用いて生成水質環境をシミュレーションしたところ、カルサイトと平衡にある水質の pH は 8.1 程度である一方、MHC と平衡にある水質の pH は 8.7 程度と見積もられた。コア試料の平衡 pH 測定結果からも、MHC が生成がしていた部位の試料は優位に高い懸濁液 pH を示すことが確認された。MHC の生成分布を ^{14}C 年代測定結果に当てはめると、MHC の生成が認められた深度は寒冷期と対応していた。以上より MHC はフブスグル湖において寒冷な時期においてのみ生成・保存され、寒冷期のフブスグル湖の水質は温暖期よりも高い pH であったことが推定される。また本年度、MHC が生成した“異常な”地球化学的条件解明のために、MHC の生成や安定性を明らかにする室内実験も行った。

【同位体地球科学分野】

本研究分野は、放射性及び安定同位体を精密に測定し、物質の時間的・空間的分布や移行挙動の地球科学的解析を行うほか、放射性同位体をトレーサーとする研究領域の開拓を目指すことを目的としている。本年度は放射性核種をトレーサーとする地球化学研究に焦点を当て、①環日本海域に於ける自然及び人為起源物質の大陸からの輸送過程、②湖沼堆積物中のウラン、トリウム同位体組成変動からの流域環境変動解析、さらに③日本海海水のラジウム同位体など放射性核種の情報から、日本海を取り巻く海水循環の調査を行った。また、従来からの④旧ソ連核実験場セミパラチンスク周辺の放射線影響研究、さらに今年度から新たに日本海沿岸のグリーンタフに点在する大深度掘削井から得られる高塩濃度 Na-Cl 型温鉱泉温鉱泉のラジウム同位体の地球化学的研究も実施した。

1) 大陸からの汚染物質の長距離輸送

我が国は、極東アジアの中緯度に位置するため、ジェット気流に伴う偏西風が卓越し、風上側のアジア大陸から日本海を経由して多量の自然・人為起源物質が日本列島さらに太平洋に輸送される。これらの輸送の実態把握と将来予測は気候変動の面からのみならず、黄砂を初めとする鉱物エアロゾルについては海洋への一次生産への影響評価の面からも重要視されている。当実験施設のある石川県辰口町で一月毎に採取している 10 数年継続の降水試料を用いて放射性核種、①成層圏起源の ^7Be 、②主に大陸起源の ^{210}Pb 、③土壌起源の ^{40}K および ^{137}Cs 降水量の長期観測を実施している。これらの放射性核種は、大気エアロゾル、鉱物粒子(黄砂も含めて)の大陸から日本への輸送過程を解明する有用なトレーサーで

ありデータの蓄積を図っている。

2) 湖底堆積物から環境変動解析

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

3) 日本海固有水の多核種同時測定

ラジウム同位体、 ^{137}Cs は溶存成分として海水の動きを探るトレーサーとして、 ^7Be 、 ^{210}Pb および ^{228}Th は粒子に強く反応する核種としてこれら核種の海水からの除去過程、さらには粒子の挙動のトレーサーとしてこれら海水に存在する放射性核種は、古くから海洋化学に重要な役割を果たしてきた。これら半減期および地球化学的挙動の異なる複数の核種を組み合わせることにより海水の物質循環に関する総括的な議論が可能になる。

本研究では、平成 19 年 7 月の蒼鷹丸調査航海において、日本海固有水を鉛直方向に採取、簡便な共沈法および低バックグラウンドガンマ線測定法により、海水試料における ^7Be 、 ^{137}Cs 、 ^{226}Ra 、 ^{228}Ra および ^{228}Th の同時測定をおこなった。その結果は、日本海における水塊、粒子など物質循環に関し重要な知見をもたらした。

4) 旧ソ連核実験場セミパラチンスク周辺の放射能汚染と住民への被曝線量評価

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

5) 日本海沿岸に点在する大深度掘削井から得られる高塩濃度 Na-Cl 型温鉱泉温鉱泉のラジウム同位体の地球化学的研究

世界の油田・ガス田地域(例えばアメリカ、ロシア、イスラエルなど)において、副産物である油田塩水(高塩濃度 Na-Cl 水)中に Ra 同位体(U 系列の ^{226}Ra (半減期 1600 y) と Th 系列の ^{228}Ra (半減期 5.75 y)) およびそれらの娘核種が、高濃度(例えば、 ^{226}Ra 濃度で数 10-数 100Bq/kg)で含まれることが知られている。日本においては、例えば Nakai (1940) により秋田・新潟県などの油田・ガス田地域の

温鉱泉水中に数 Bq/kg の ^{226}Ra が見出されている。近年、掘削技術の進歩により平野部や海岸地域など、いわゆる非火山地域の大深度掘削井において、海水または化石海水を起源とする高塩濃度 Na-Cl 型温鉱泉水が得られるようになった。また、日本海側のグリーンタフ地域には第三紀海底火山活動により繁栄したプランクトンなどの死骸（有機物）に絡む海水中 U の濃集層（ ^{226}Ra の供給源）の存在可能性が推測される。以上のことから、我々は日本海沿岸地域の大深度掘削井から得られる高塩濃度 Na-Cl 型温鉱泉水は ^{226}Ra を高濃度に含むのではないかと考え、日本海沿岸地域に点在する Na-Cl 型温鉱泉水中の Ra 同位体の地球化学的研究を始めた。

【極低レベル放射能計測システム開発分野】

1) バックグラウンド低減化システムの開発

Ge 半導体検出器の周り 2π sr に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た。地上設置の Ge 検出器では、BKG 成分の約 50% を除去できる事が確認された。研究成果は、システム概要は博士論文に、結果は卒業研究にまとめた。

2) 液体窒素製造装置の能力増強

5 年計画「極低レベル放射能測定による新研究領域開発と全国共同利用微弱放射能測定拠点の形成」の3年度目に当り、文科省特別教育研究経費 680 万円と学長特別研究経費 980 万円の交付をもとに尾小屋地下測定室の整備を行った。大型設備として既存の液体窒素製造装置を改造し、現有の 17 台の Ge 半導体検出器全てに供給可能なように製造能力を増強した。

3) 甲殻類の年齢の推定

若狭湾エネルギー研究センターとの共同研究で、甲殻類の脱皮後の年齢推定に Ra228-Th228 法が応用出来るかを検討した。1 検体でも尾小屋地下実験室で数日測定する事により年齢推定が可能である事を見出した。

4) その他のプロジェクト

海水中に存在する極微量の人工放射性核種 ^{137}Cs (30.5 年) の海水循環の研究 (気象研からの受託研究として共同で推進) で 165 試料を測定した。2007 年 6 月にモナコで開催の国際ワークショップ SHOTS (Southern Hemisphere Ocean Tracer Study: 代表者 気象研 広瀬勝己) で発表した。日本アイソトープ協会理工学部会常任委員として「超低レベル放射能測定専門委員会」の委員長をつとめた。

エコテクノロジー研究部門

【環境保全システム分野】

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

各研究課題の詳細は以下の様である。

1) 黄砂の発生源地域の地形的・局地気象的特長と黄砂の長距離輸送との関係

黄砂の発生メカニズムは、さまざまな要因が重なっている。「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生じるものに加えて、局地的な山谷風によって作られるものが無視できない」ことを示してきた。これまでの気球観測データの解析を継続しより微細な風の構造を理解することが、今後予想されるダスト・バイオエアロゾル研究の展開に向けて、必要であろうと思われ、湿度の高度分布の詳細について再解析を開始した。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行われた。

2) 黄砂の輸送途中に生じる黄砂粒子表面の物理化学的变化に与える水蒸気の影響

東シナ海上での観測から、大陸起源空気の中の黄砂が海洋起源大気に含まれている海塩核と衝突併合する過程が、黄砂粒子の粒径分布が太平洋上で大きな変動を示さない原因を作っていることが示唆され多くの関心を集めたが、一方では大陸起源の観測した気塊が洋上で次第に湿度を増してゆく過程で生じる変質過程が極めて重要であることが浮き彫りにされた。また、この問題は洋上で大気エアロゾルの性質を考える上で広く生じていると想像され、グローバルな環境を考える上で重要な点となろう。

3) 長白山プロジェクトの準備

長白山の山頂付近に総合的な大気環境観測点を設置する準備を進めており、準備的な関係研究者との会合を、日本や中国で持った。関係の研究者とともに、観測準備に向けてネットワークづくりを進めた。

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

ここ1, 2年の間に開始されるこれらのプロジェクトは北東アジアを極めて重要視しており、本分野で進めてきた研究と深い関係にある。中国ないし韓国の研究者と連携を密にしてこれらのプロジェクトに有効な貢献が出来るように体制面の整理、観測技術面の強化を図ってきた。これまで、中国の青島から渤海湾を経て日本海上空を横断する気球観測を韓国気象研究院と共同実施してきたが、海洋大気の接地境界層を精査することが出来なかった。この技術的な問題に向けて(=長距離水平フライト型気球の開発)関係者と技術開発を始めた。

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に向けて体制作りを行っている。

6) 風計測用ライダーの開発

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

7) 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った。また、バイオエアロゾルエアロゾル研究会を発足させ、関係研究者の情報交換を目的としたシンポジュームの開催などを行った。

8) 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。

【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。しかし、一本の観測井を用いた計測では平面上の一点における情報しか得ることができない。そのため、本年度からは複数の観測井を用いて、地下水に投入された塩水トレーサーが流れに乗って、移動してゆく様子を観測井間の電気抵抗値から同定しようとするものである。すなわち塩水塊の位置をコンピュータ上でいろいろな位置において、観測井間の電気伝導度を計算する。このうち、現在観測されている観測井間の電気伝導度が再現される位置を実際の塩水塊の位置とするものである。数学的には逆問題と呼ばれるものである。現在、生体計測研究部門の山田外史教授の指導で電気伝導度を計算するコンピュータプログラムを動かし、塩水塊の位置によりユニークな観測井間の電気伝導値が存在することが確認できた。今後は、ヘルショウセルを用いた実験を行い、実験室規模での本計測方法の検証を行う予定である。

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。本年度はマグマ溜りからの熱抽出を想定した、鉛直円柱周りの蒸留水の凝固現象について実験を行った。また、半径方向の一次元モデルによる固相成長の予測式を提案した。定常状態における固相厚さは固相内の熱伝導と固液界面での対流熱伝達との比のみで決定されることを示した。Fluent を用いた固相成長に関する3次元数値シミュレーションを実施した。数値シミュレーション結果は固相厚さを過小評価する傾向があることを示した。PIV による固液界面上での流速分布は水特有の密度極大の影響により、境界層近似による速度分布とやや異なり、速度の極大が界面からやや離れた位置に存在することがわかった。しかし、平均の熱伝達率は通常の鉛直円柱のヌッセルト数に関する相関式から求めた冷却温度が高い場合は過冷却の影響が顕著に見られた。

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。森林内の気象条件は動植物の生存環境を形成するため、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、4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た。そのため、はじめて鉛直方向の同時計測が可能と

なった。観測タワーの周辺は檜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。植生や地形による違いを明らかにする目的で、富山県福光町の柿の木畑内でも観測を実施した。その結果、いずれの観測点でも平均の風速分布はほぼ指数関数分布に近くなった。カルマンの力学的相似則に基づく方法で算出された混合距離は、植生高さの約30～40%程度の値となった。角間の里山では植生高さが20m程度、柿木畑では5～6mであるから、混合距離はそれぞれ6～7mと2m程度となる。これは鉛直方向風速の指数関数分布を仮定すると自動的に得られる結果である。渦拡散係数は混合距離とその位置（高さ）における変動量の二乗平均値として計算されるから、結局渦拡散係数は植生のサイズに比例した量となる。これがどの程度普遍性を有しているのかについてはさらにデータの蓄積が必要である。また、このように得られた渦拡散係数が実際の拡散現象をどの程度予測しているのかについて、なんらかの検証実験が必要である。来年度からは北陸電力が管理する送電線鉄塔に超音波風速計を設置し、野外計測を続ける予定である。

4) 風ライダーの開発

本学の岩坂教授、村本教授、および北海道大学低温科学研究所の藤吉教授の協力を得ながら大気の流れをリアルタイムで計測する装置を開発している。本年度は藤吉教授から提供されたドップラーライダーによるエアロゾルの後方散乱画像を用いて、相互相関法を利用した解析を行った。その結果、ドップラーライダーにより得られた風速分布と風速の値がほぼ一致し、本手法の妥当性が確認された。

【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、同国の外貨獲得の最大の手段であるアンコール遺跡観光の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いる。

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よう。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か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南部、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さらに北の石川県津幡町から富山県小矢部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。

【海洋生物多様性分野】

1) マシコヒゲムシの生理・生化・生態学的研究

ヒゲムシは環形動物門多毛綱の Siboglinidae 科に属するゴカイで、世界の深海や冷水域に棲む。口も消化管も無く、体内に化学合成細菌を共生させて、それが作る炭水化物で生きている。また、積極的に共生細菌を細胞内消化によって栄養としている。世界でも例外的に、対馬暖流が流れ込む暖かい浅い湾である能登半島九十九湾にヒゲムシの一種であるマシコヒゲムシ (*Oligobrachia mashikoi*) が生息する。本年も主としてこの動物の組織や生き様や共生細菌の生態について研究を進め、以下の成果を得た。本年に新たに出版された論文あるいは受理された論文、さらに投稿準備中の結果に関してのみ述べる。

マシコヒゲムシの共生細菌を調べると、その数において、ハオリムシのそれと比較して少なすぎる。このことは、全ての栄養を共生細菌から得るのは難しいことを意味している。過去にヨーロッパ産のヒゲムシでは、海水中に放射性ラベルされたアミノ酸やブドウ糖は一定時間後にヒゲムシの体内に見出されることが報告されているが、その実態は明らかではなかった。研究論文 (Zool. Sci., 2008) において、本種においては、有機物が豊富な海底表面に近い部分の皮膚には α -グルコシダーゼ様の活性があり、これにより海底の分解産物からブドウ糖を取り込んでいる可能性が示唆された。研究論文 (Microbes Environ., 2007; Microbes Environ., 2008) においては、共生細菌の性質がいくつか明らかになった。まず、共生細菌がイオウ酸化細菌であるかメタン酸化細菌であるかに決着がついた。これはイオウ酸化細菌しか持ち得ないゲノム上の配列を本種が持っていることを突き止めたからである。但し、この共生細菌は九十九湾のどこにでもいるが、その密度は本種の生息場所と一致はしなかった。このことは、本種の発生の過程においてこの共生細菌を特異的に取り込んでいることを意味している。さらに、これらの自由生活する共生していない細菌の 16S rDNA の配列には平均で 3%内外の変異があり、その変異から幾つかの系統に分けられることが知られた。これは共生後の細菌にも引き継がれており、何を意味しているのか現時点では不明である。

なお、X 線分析顕微鏡をもちいて共生細菌が住み着いている組織を調べると、そこだけイオウのピークが立つことを見出した。これは共生細菌へと確かに硫化水素が運ばれていることを示している。この結果は投稿準備中である。さらに共生細菌をかくまっている栄養体部分を精査すると、元の消化管内腔に相当する部分は空洞ではなく、おおきな水枕様の細胞がつまり、栄養体がつぶれないように水力学的な支えになっていることを見出した。この結果も投稿準備中である。

上記したように、ヒゲムシは硫化水素が発生する還元的環境に棲息する。研究論文 (Biochem. Biophys. Res. Commun., 2007) は、本種のヘモグロビンの酸素との親和性が非常に高く、共生細菌へと硫化水素を運んでも、同時に自分の組織へ酸素を効率よく運ぶことを示している。研究論文 (Zool. Sci., 2007; Acta Zool., 2007) は昨年度の報告書に発表した論文である。

2) メダカを用いた環境生物学的研究

タイからの留学生の Arin Ngamniyom 君は、先年、彼の先生である Wichian Magtoon 博士と笹山が見つけたタイ・バンコク郊外の複数の“ため池”におけるタイメダカ (*Oryzias minutillus*) の性比の偏

りを、外部性徴を指標に形態計測学的に、また生殖巣を組織学的に調べることによって数値化した。その結果、基本的には人が飲料水として使っている池に棲むメダカの性比は1対1であるが、工業排水が流れ込んだり、殺虫剤が流れ込んだりする池ではメス化が起きており、メスとオスの中間の形態（インターセックス）を示す個体が多く見つかった。また、性比が異常な池では、DDTが痕跡的に見つかった。性比とインターセックスの割合からその集団の未来予測が可能である。その結果が論文として（The Fish Biol. J. Medaka, 2007）に発表された。現在、この現象の分子生物学的解析を進めるために、メダカにおける男性ホルモン受容体と女性ホルモン受容体また骨形成蛋白遺伝子をRT-PCRによって発現を調べた結果、間性の個体の性ホルモン受容体の発現は正常な雌雄のそれらの発現の中間にあることがわかり、日本動物学会（弘前）とバンコクの国際学会において発表した。なお先に投稿中のメダカのカルシトニンの塩基配列の論文が本年、発表された（The Fish Biol. J. Medaka, 2007）。

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

一方、鈴木は魚のウロコを骨のモデルとして用い、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研究している。本年度は科学研究費及び宇宙環境利用科学委員会研究班ワーキンググループの研究助成を受け、①超音波の音圧による機械的刺激、②遠心機による過重力刺激、③3次元クリノスタットによる微小重力刺激に対する骨芽及び破骨細胞の応答について、ウロコのアッセイシステムを用いて解析した。以下に示す。なお、これら物理的刺激の骨代謝に対する応答の結果の一部は、カナダのモントリオールで開催された国際骨代謝学会のサテライトシンポジウム（Comparative Endocrinology of Calcium Regulation）で招待講演を行った。

超音波の機械的刺激の骨代謝に対する影響は、富山大学の近藤 隆教授と当センターの清水宣明教授及び北村敬一郎准教授等との共同研究により解析し、第78回日本動物学会、第35回日本生体電気・物理刺激研究会、International Symposium of Sonochemistry and Sonoprocessing 2007で発表した。さらに今年度は、超音波の機械的刺激の歯の発生に及ぼす影響も調べた。超音波の硬組織に対する影響は、最近注目されており、実際に骨折治療にも適用されている。破骨細胞のマーカーもクローニングできたので（Biochem. Biophys. Res. Commun., 2007）、今後は遺伝子発現等の解析により、超音波の歯も含めた硬組織に対する作用機構を解析していく予定である。

宇宙環境利用科学委員会研究班ワーキンググループのメンバーと共に、遠心機の過重力刺激に対する影響を解析した。その結果、骨芽細胞の活性は、2Gという低強度の重力負荷でも応答し、5及び10分間処理により、その活性が上昇した。4Gでは2Gとあまり変わらないが、7Gでは顕著に骨芽細胞の活性が上昇した。さらに破骨細胞の活性も2Gで5分間処理しても応答し、その活性が低下した。破骨細胞活性の低下率は、強度が上がるにつれて下がり、7Gでは破骨細胞の活性が上昇する傾向にあった（Biol. Sci. Space, 2008）。これらの結果は、バイブレーションによる加速度重力の結果（Adv. Space Res., 2007）と似ており、ウロコは重力刺激に感度よく応答したことを示している。

筑波宇宙センターの3次元クリノスタットを用いて、微小重力下で6及び24時間処理し、骨芽及び破骨細胞の変化を解析した。その結果、キンギョの骨芽細胞の活性が低下し、破骨細胞の活性が上昇した。また24時間の方が、3次元クリノスタットの効果がより強く現れていた。一方、1軸（2次元）で回転した場合は、ウロコの骨芽及び破骨細胞の活性は変化しなかった。したがって、ウロコは3次元クリノスタットによる微小重力に反応し、宇宙空間で進行する骨密度低下に近い状態になったと考えられ

る (Space Utiliz. Res., 2008). ウロコは物理的刺激的骨代謝に対する影響を解析する良いモデルであり、「きぼう」の国際宇宙ステーションにおける宇宙実験 (船内実験室利用 第二期宇宙実験 2010 年から 2011 年) のフライト候補にも選定された。宇宙航空研究開発機構の大森克徳主任研究員との共同研究により、宇宙実験に向けて準備を進めていく予定である。

ウロコを用いて骨疾患の治療薬の開発も行っている (本研究報告参照)。本年度は独立行政法人 科学技術振興機構 平成 19 年度「シーズ発掘試験」の助成を受け、ウロコのアッセイ系でスクリーニングされた新規化合物 (J. Pineal Res., 2008) の卵巣除去ラットにおける影響を評価した。その結果、ウロコで得られた結果が再現され、卵巣除去ラットにおいても骨強度が有意に上昇した (米国, 中国, 欧州特許出願中)。さらに、ハムリー (株) の関あずさ博士と共に低 Ca 食ラットにおいても実験を行った結果、骨密度を有意に上昇させることが判明した。これらの成果を本年秋に開催される骨代謝学会で発表予定である。

4) 海洋細菌を用いた環境浄化に関する研究

鈴木は、金沢大学大学院自然科学研究科の小林史尚准教授及び九州大学大学院の大嶋雄治准教授との共同研究により、環境汚染物質であるトリブチルスズを分解する可能性の高い海洋細菌を単離し、同定した (日本海域研究, 2008)。今後これらの細菌の多様な機能を利用し、環境汚染物質を分解・除去するシステムの開発を現在計画している。

生体機能計測研究部門

【バイオアッセイ分野】

「生体材料」をキーワードにした、環境適応型材料の開発や環境保全に利用の可能性の高いバイオセンサーの開発等を行っている。具体的には以下のような研究テーマを遂行している。

- (1) ベンゼン系化合物を認識する DNA-タンパク質複合体に関する研究
- (2) 二酸化チタン界面での超音波力学的殺菌メカニズムの解析
- (3) 二酸化チタン・超音波照射による OH ラジカル生成機構の解析と水処理技術への応用
- (4) 機能性マグネタイト微粒子の構築と生物機能性材料による表面修飾に関する研究
- (5) 標的細胞を特異的に認識する機能性リポゾームの構築に関する研究
- (6) 機能性 DNA 分子の探索と水質評価への応用
- (7) SPR 現象を利用する DNA センサーに関する研究
- (8) 分子進化法によるホスホリパーゼ D の触媒機能変換

1) 二酸化チタン・超音波法による有害化学物質の分解処理

近年、二酸化チタンは紫外線などを照射することでラジカル (活性酸素など) を産生する事が明らかとされている。このラジカルは水溶液中に非常に短い時間しか存在しないが、その反応性は極めて高く様々な化学物質と反応することが確認されている。本研究室ではこの二酸化チタンの能力に着目し、河川中などに存在する有害化学物質 (例えば環境ホルモンや農薬) を無害な物質に分解する技術に関しての基礎研究を行っている。具体的には二酸化チタンの表面に様々な生体分子 (DNA, レセプター, 抗体

など)を修飾結合させ、河川中の有害化学物質の選択的吸着、さらに超音波照射による分解に関する研究を行っている。そして今後、ラジカルはがん細胞の殺傷にも効果があることが報告されていることから、医療分野への応用も検討する予定である。

2) 5-ALA を用いたがんの蛍光診断と光線力学療法の基礎研究

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

3) 光触媒ナノ粒子を内包する機能性リポソームの構築

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

4) 機能性二酸化チタン微粒子の構築と表面化学修飾

これまで、 SiO_2 で包接された $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{TiO}_2$ 磁性ナノ微粒子を合成する目的で、磁性微粒子の素材、形状および作製技術に関する基礎データを収集した。ところが焼成時に微粒子の凝集が起り粒子が巨大化するため、この凝集粒子の再分散方法を検討している。またこの微粒子表面にDNA、抗体などの生物機能性材料や熱応答性高分子などを固定化し、医療や環境浄化への適用も検討している。

5) バイオアッセイを用いた有害化学物質の検出

生物が有する機能を利用して環境評価を行う技術(バイオアッセイ)に関して、特異的なDNA配列を用いた有害化学物質の検出に関する研究を行っている。DNAは遺伝情報を子孫に伝える役割を有しているが、それ以外に様々な化学物質やタンパク質と結合する機能を有している。本研究では特にDNA分子を用いたフェノール類の検出系の構築を目指している。

6) 機能タンパク質の創製 (分子進化学)

長い年月を経て生物は進化してきた。この進化により生物は様々な機能を取得してきた。この進化を試験管の中で誘発させ、既存のタンパク質に新しい触媒能を付与させることを目的とする。これを“分子進化学”とよぶ。この手法を用いてリン脂質代謝酵素ホスホリパーゼDに新しい触媒機能を付加させる。

【電磁環境分野】

電磁環境分野の研究は、「磁界」をキーワードに産業機器保全・検査機器、磁気アクチュエータ、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) マイクロアーク電流探傷技術による高密度プリント基板検査手法、微小金属の検出手法の研究開発

- (2) マイクロウズ電流探傷技術による厚版鋼板の高度検査技術の研究開発
- (3) CT法による磁界分布可視化手法の研究
- (4) 反発浮上形時期軸受の産業応用に関する研究
- (5) 非接軸給電による泳動型磁気マイクロアクチュエータの研究
- (6) 受動磁気回路素子による交流・直流過電流抑制素子の研究開発
- (7) 極低周波数交流強磁界の遺伝子～個体レベルでの影響評価と医療への応用
- (8) 骨形成における交流磁界曝露効果に関する研究

下記において主な4点について概要を説明する。

1) 磁気検査による産業機器保全・検査機器の研究

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

2) 磁気マイクロアクチュエータに関する研究

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

3) 磁気浮上技術に関する研究

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

4) 交流磁界による生体影響評価と応用に関する研究

本研究は、遺伝子レベルから個体（生物）レベルでの極低周波交流磁界中での生体影響の実験的評価を行い、ヒートショックタンパク質の発現にて顕著な成果が得られ、また遺伝子レベルにおける磁界応答性遺伝子の探索を行い、発現遺伝子と生体磁界影響評価の相互関係を解明し、今後の医用応用へと発展させる旨検討している。

【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。

下記において主な研究課題の概要を述べる。

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。現在、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いる。本年度は、筋への電気刺激そのものが骨形成反応へ与える影響について有限要素法を用いて検討した。

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、力学的負荷により内部に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。そこで、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、そのための培養刺激装置を開発した。現在、同装置によりラット幹細胞から得た培養再生骨の石灰化を促進することに成功している。

3) 光を用いた非破壊的生体情報計測法の開発

近赤外光は他の光と比べ高い生体透過性を有している。本研究では、近赤外光を利用して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を行っている。また同技術は、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方法としても利用されている。本年度は、同技術と Ca^{2+} 感受性蛍光プローブを用いることで力学刺激に対する骨芽細胞内 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装置を開発した。

人間環境情報研究部門

【環境政策分野】

東アジア地域における各種の国際的な環境イニシアティブに関する研究を行うとともに、循環型社会形成に向けた日中韓政策比較を行った。また、持続可能な開発のための教育（ESD）の推進に努めた。

1) 北西太平洋地域海行動計画（NOWPAP）における越境大気汚染とその日本海への影響関連活動に関する研究

日本海域における大気汚染物質の海への沈着及びその影響に関する北西太平洋地域海行動計画（NOWPAP）の研究の進展状況を中心に、環日本海域の環境に関する NOWPAP の過去 15 年余にわたる成果を総合的にレビューした。

2) 中国における廃棄物資源管理能力向上に関する政策研究－地域循環システム実現のための地方における廃棄物資源管理の実効性と地域社会浸透

都市における都市生活系廃棄物・資源管理の能力向上に焦点を当て、①制度・技術・人材・情報・関係アクター等からなる都市のガバナンス能力の向上の条件の、日中韓都市比較分析を通じた明確化、②中国社会で最近注目される地域最小単位「社区」に着目した市民社会の 3R 推進へのイニシアティブの模索により、中国の都市レベルでの廃棄物資源管理の能力向上に向けた方策について研究した。

3) 東アジア酸性雨モニタリングネットワークの将来発展に関する研究

発足後 10 年を経て、東アジアにおける酸性雨問題の中核的な政府間ネットワークである東アジア酸性雨モニタリングネットワーク (EANET) はそのスコープを酸性雨からより幅広い越境大気汚染問題へ、モニタリングからモデリングや対策をも視野に入れた活動へと展開するとともに、地域協定化の可能性を含め、その設立基盤の強化を図るための国際交渉を進めている。数次にわたる作業部会に参加することにより、あり得べき東アジアの大気環境レジームとその合意形成に向けたステップについての検討・提言を行った。

4) 東アジア地域における国際協調による大気環境管理のための枠組みに関する予備的研究

東アジア地域が抱える各種の大気環境関係課題を、気候変動対策とも連携しながら効果的、効率的に推進するためには、統合的な大気環境管理の国際的な枠組みが必要である。そのような国際的枠組み形成に向けて東アジア諸国が抱える課題、制約を明らかにするとともに、想定し得る枠組みの内容、国際的な合意形成に向けた具体的な道筋（戦略）に関する提案を取りまとめることを目的とした研究提案を取りまとめるとともに（平成 20 年度環境省地球環境研究総合推進費のサブテーマとして採択）、その実施に向けた関係者間の予備会合を 3 回開催した。

5) 持続可能な開発のための教育 (ESD) に関する活動

2005 年から開始された「国連持続可能な開発のための教育の 10 年」の推進に向けて、持続可能な開発のための教育 (ESD) に関する各種の講演等を行うとともに、学校教師を中心に北陸における ESD のキャパシティ強化に向けた提案を取りまとめた（平成 20 年度地球環境基金事業として採択）。また、気候変動問題に関する外務省有識者会議（環境・気候変動分野の開発協力に係る有識者会議）に参加し、Cool Earth 実現に向けた提言の取りまとめに貢献した。提言は、日本政府により、気候変動枠組条約第 13 回締約国会議（2007 年 12 月、バリ）、G8 開発大臣会合（2008 年 4 月東京）等に際し発表された。

【環境共生分野】

環日本海域の自然－人間関係に関わる情報の作成と整理を行った。本年度は①2007 年 3 月に発生した能登半島地震に関連する情報の収集と、②石川海岸における海岸侵食の実態に関する情報収集を行った。

1) 能登半島地震発生時の住民行動と防災意識に関する調査・研究

能登地域における今後の災害対応の基本資料とするとともに、地理教育・防災教育への展開を計るために、能登半島地震の被災住民である中学校の生徒・保護者と、漁業関係者に対してアンケート調査を行った。アンケート調査では、被災時の住民の状況、認識と行動を把握すると共に、それと被災前の住民の災害に対するレディネスとの関係を検討することを試みた。

中学校生徒とその保護者に着目すると、地震に対する警戒感は極めて低く、避難所の認知も半数程度に留まっていた。その一方、普段の防災に対する知識や防災訓練の効果が見られている。これは、災害・防災に対する普段の教育が重要であることを強く示唆している。また、地震発生直後に、多くの住民が地震情報（震源、震度、津波注意報）などを確認する行動を取っていることも明らかとなった。その一方で、震度 6 強に達する強震動であったにもかかわらず津波の発生を想起した生徒・保護者は 6 割強に留まっている（表）。さらに、津波を回避するための行動（高台に逃げるなど）を取った住民は 2 割程度であった。

漁業者に対するアンケートでは、情報確認行動は生徒・保護者と大きく変わらないものの、津波の想

起と回避行動で対照的な結果を得た。漁業者は地震の発生と同時にほぼ全員が津波を想起し、6割近くがなんらかの津波被害からの回避行動を取っている。漁業者の多くが、過去に津波被害の直接経験を持っているだけでなく、知識として地震発生と津波との関係を理解しているとともに、祖父母・両親などからの津波災害の経験や知識の伝承が行われ、疑似体験も蓄積されているという特徴がある。こうした知識・経験といったレディネスが適切に想起・行動を励起していると判断できる。この点から、漁業者が津波防災に際して、地域防災リーダーとして重要な役割を果たしうる存在であることを指摘できる。

なお、本研究は教育学部林准教授との共同研究である。

2) 石川海岸における海岸侵食の実態

加越海岸における海岸線の変化とその要因をテーマに、加越海岸ほぼ全域における汀線変化量について、人為的な要因があまり無い時代である1909年から現在に近い2002年までの長期間において経年的に把握し、分析した。解析方法は、デジタル化した地形図・空中写真をGIS（地理情報システム）により簡易的に幾何補正し、海岸線をトレース、その海岸線を1km区間に分けてポリゴンをつくり、海岸線の変化量を求めた。そして、海岸線変化量をもとにArc GISによりデータベースを作成した。作成方法は、まず加越海岸全域の地形図・空中写真をデジタル化したものに、日本測地系2万5千分の1地形図を基準図とし、コントロールポイントを設定し、アフィン変換による幾何補正を行った。そして、幾何補正したレイヤを重ね合わせ、地形図・空中写真から読み取ることができる海岸線を年代ごとにトレースした。ファイルフォーマットはシェープファイルである。このデータベースはインターネットを用いて研究室ホームページから公開している。

(URL <http://kent.w3.kanazawa-u.ac.jp/database/sl-ishikawa/SL-Ishikawa.html>)

上記のデータベースをは加越海岸ほぼ全域において長期間にわたり海岸線の変化を定量的に把握することを可能にした。作成したデータベースと海岸・河川・河口における工事や砂利採取などの歴史的背景について資料を用い海岸線変化の要因を明らかにした。その結果、加越海岸の漂砂系の経年変化、年代別、地域別の経年変化を把握と、漂砂系への入力である手取川流域の歴史的背景との関係から、加越海岸における侵食の要因は、手取川における砂利採取であるということが分かった。なお、本研究は大学院生の山中玲との共同研究である。

環境防災研究部門・人文社会研究部門

今年度の「地域研究領域」の活動は、暫定的に旧環日本海研究センターの予算編成の枠内で行われたため、旧センターの年報、『日本海域研究』39号を発刊した以外、特に「環日本海域環境研究センター」の活動として特記すべきことはない。

4. 研究成果リスト

地球環境計測部門

1) 学術論文

- (1) Hovsgol Drilling Project Group: T. Kawai, K. Kashiwaya, M. I. Kuzmin, A. A. Prokopenko, D. Tomurhoo et al., Structure of bottom sediments in Lake Hovsgol: geological and climate controls. *Russian Geology and Geophysics*, 48, 863-885
- (2) K. Ito, N. Hasebe, A. Tamura, and S. Arai, Comparison of calibration methods to estimate chemical concentrations using Laser Ablation - Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometer (LA-ICP-MS): mean count rate vs integrated signal intensity. *The Science Reports of Kanazawa University*, (in press)
- (3) N. Hasebe, A. Carter, A. J. Hurford, and S. Arai, The effect of chemical etching on LA-ICP-MS analysis in determining uranium concentration for fission-track chronometry. *Geological Society Special Publication "Thermochronological methods: from palaeotemperature constraints to landscape evolution models"*, (in press)
- (4) 伊藤久敏, 長谷部徳子, 共焦点レーザ顕微鏡を用いたフィッション・トラック法への適用例ーレーザ溶融ピットの形状測定ー. *フィッショントラックニュースレター*, 20, 1-5 (2007)
- (5) 荒田孔明, 長谷部徳子, アパタイトの confined トラック増加のためのエッチング条件: 四万十帯中のアパタイトへの適用. *フィッショントラックニュースレター*, 20, 6-12 (2007)
- (6) M. Zattin, M.L. Balestrieri, N. Hasebe, R. Ketcham, D. Seward, E. Sobel, and C. Spiegel, Notes from the first workshop of the ICP543 low temperature thermochronology: Applications and interlaboratory calibration. *OnTrack (The electronic newsletter of the international thermochronology community)*, 15(issue 29), (2007)
- (7) 伊藤健太郎, 長谷部徳子, 段階エッチング実験を利用した自発トラック密度の観察. *フィッショントラックニュースレター*, 20, 37-39 (2007)
- (8) 伊藤一充, 長谷部徳子, 雁沢好博, 柏谷健二, バイカル湖細粒堆積物のルミネッセンス年代測定. *フィッショントラックニュースレター*, 20, 52-53 (2007)
- (9) 住田亮輔, 長谷部徳子, 山本正儀, 荒井章司, 湖沼堆積物のルミネッセンス年代測定; 化学分析と年間線量評価. *フィッショントラックニュースレター*, 20, 54-56 (2007)
- (10) 石原 崇, 長谷部徳子, 荒井章司, 若い火成岩中のジルコンの U-Th 測定と年代測定法の考察. *フィッショントラックニュースレター*, 20, 57-58 (2007)
- (11) 長谷部徳子, 荒井章司, 年代標準試料の LA-ICP-MS-FT 年代測定結果, *フィッショントラックニュースレター*, 20, 40-41 (2007)
- (12) K. Fukushi, H. Fukumoto, T. Munemoto, S. Ochiai, and K. Kashiwaya, Records of water quality in Lake Hovsgol printed in carbonate minerals in the sediments. *ABSTRACT The 6th International Symposium on Terrestrial Environmental Changes in East Eurasia and Adjacent Areas*, (2007)

- (13) D. A. Sverjensky and K. Fukushi, A predictive model (ETLM) for arsenate adsorption and surface speciation on oxides consistent with spectroscopic and theoretical molecular evidence. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 71, 3717–3745 (2007)
- (14) T. Abe, Y. Yamaguchi, K. Tanaka, Y. Nakano, and K. Komura, Highly time-resolved measurements of airborne radionuclides by extremely low background γ -ray spectrometry: Their variations by typical meteorological events. *J. Nucl. Radiochem. Sci.*, 8, 5–9 (2007)
- (15) S. Endo, J. Tomita, M. Yamamoto, and Others 9, Iodine-129 measurement in soil samples from Dolon village near the Semipalatinsk nuclear test site. *Radiat. Environ. Biophys.*, (2008) accepted
- (16) M. Inoue and K. Komura, Preliminary application of low-background γ -spectrometry to volcanic ground water: Low-levels of ^7Be , ^{22}Na , ^{137}Cs and radium isotopes as new geochemical tracers in a ground water flow system. *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, 273, 177–181 (2007)
- (17) M. Inoue, K. Tanaka, H. Kofuji, Y. Nakano, and K. Komura, Seasonal variation in the $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$ ratio of coastal water within the Sea of Japan: Implications for the origin and circulation patterns of the Tsushima Coastal Branch Current. *Mar. Chem.*, 107, 559–568 (2007)
- (18) K. Komura, Y. Kuwahara, T. Abe, K. Tanaka, Y. Murata, and M. Inoue, Measurements of short-lived cosmic-ray-produced radionuclides in rainwater. *J. Environ. Radioactivity*, 96, 103–109 (2007)
- (19) Y. Nakano, M. Inoue, and K. Komura, A simple coprecipitation method combined with low-background γ -spectrometry: Determination of ^7Be , ^{137}Cs , ^{210}Pb , and radium and thorium isotopes in small-volume coastal water samples. *J. Oceanogr.*, (accepted)
- (20) S. Oikawa and M. Yamamoto, Plutonium concentration and $^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$ atomic ratio in liver of squid collected in coastal sea area of Japan. *J. Environ. Radioactivity*, 93, 170–180 (2007)
- (21) K. Yasuike, Y. Yamada, and K. Komura, Long-term variation of ^{14}C concentration in atmospheric CO_2 in Japan from 1991 to 2000. *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, 275, 313–323 (2008)
- (22) K. Yasuike, Y. Yamada, and K. Komura, Comparison of levels in urban area with background levels of carbon-14 in atmospheric CO_2 in Kanazawa, Ishikawa prefecture, Japan. *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, 277, 389–398 (2008)
- (23) Y. Yamaguchi, T. Abe, Y. Murata, N. Muguntha Manikandan, K. Tanaka, and K. Komura, High resolution measurements of temporal variations of airborne ^{210}Po , ^{210}Pb , and ^7Be at Ishikawa Prefecture, facing the Sea of Japan. *J. Nucl. Radiochem. Sci.*, 8, 149–153 (2007)
- (24) M. Yamamoto, J. Tomita, A. Sakaguchi, T. Imanaka, S. Fukutani, S. Endo, K. Tanaka, M. Hoshi, B. I. Gusev, and K. N. Apsalikov, Spatial distribution of soil contamination by ^{137}Cs and $^{239,240}\text{Pu}$ in the village of Dolon near the Semipalatinsk nuclear test site: New information on traces of the radioactive plume from the 29 August 1949 nuclear test. *Health Phys.*, 94, 328–337 (2008)
- (25) M. Yamamoto, S. Oikawa, A. Sakaguchi, J. Tomita, M. Hoshi, and K. N. Apsalikov, Determination of $^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$ isotopic ratio in human tissues collected from areas around the Semipalatinsk

- nuclear test site by sector-field high resolution ICP-MS. *Health Phys.*, accepted
- (26) M. Yamamoto, A. Sakaguchi, T. Imanaka, and K. Shiraishi, Measurements of ^{210}Po and ^{210}Pb in total diet samples: Estimate of dietary intakes of ^{210}Po and ^{210}Pb for Japanese. *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, (accepted)

2) 著書

- (1) 柏谷健二, 環境の地球化学, 培風館.
- (2) 柏谷健二, 琵琶湖ハンドブック, 滋賀県.
- (3) 坂口 綾, 山本政儀: ウラン系列核種を利用した年代測定- 堆積物への応用, 第四紀研究を推進する最先端の年代測, デジタルブック最新第四紀学.
<http://staff.asit.go.jp/t-azuma/50QRCD/index.html>. (代表: 中村俊夫) 分担執筆 (2007)

3) 解説・総説等

- (1) 佐藤努, 福士圭介, 米田哲朗, 天然での有害陰イオンの挙動とマネジメント, *Journal of MMIJ*, 123, 132-144, 2007

4) 資料・報告書

- (1) 小村和久, 井上睦夫, 「極低レベル放射能検出法開発と実証に関する基礎研究」海水試料への低バックグラウンド γ 線測定法の適用---日本海沿岸海水における $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$ 比の研究---. 平成15-19年度石川県受託研究報告書 (2008)
- (2) 小村和久, 海洋環境における放射性核種の長期挙動に関する研究. 平成18年度気象研究所受託研究報告書 (2007)

5) 学術発表

・招待講演・特別講演

- (1) K. Kashiwaya, S. Ochiai, G. Sumino, T. Tsukamoto, A. Szyniszewska, M. Yamamoto, A. Sakaguchi, N. Hasebe, H. Sakai, T. Watanabe, and T. Kawai, High-resolution environmental records of long-term lacustrine sediments in Lake Hovsgol and Lake Baikal, 6th International Symposium on Terrestrial Environmental Changes in East Eurasia and Adjacent Areas, Irkutsk-Listvyanka, Russia, 2007. 8. 24-28
- (2) K. Kashiwaya, Earth surface processes and environmental information inferred from lake-catchment systems, 4th CJK International Workshop on Present Earth Surface Processes and Historical Environmental Changes in East Asia- Asia—Modern Lake-Catchment Processes and Human Activity in East Asia, Nanjing, China, 2007. 9. 17-21
- (3) K. Kashiwaya, Studies on lake catchment systems—An introduction to limno-geomorphology, Taiwan and Japan Joint Symposium on Geomorphological Hazards and Management, Taiwan, 2008. 3. 17-22

- (4) N. Hasebe, K. Miyamoto, T. Matsuoka, H. W. Nahm, D. Y. Yang, J. Y. Kim, J. H. Bang, C. H. EUM, S. Arai, and K. Kashiwaya, Luminescence dating of sediments from Byokgol-Je, Korea, 4th CJK International Workshop on Present Earth Surface Processes and Historical Environmental Changes in East Asia—Modern Lake-Catchment Processes and Human Activity in East Asia, Nanjing, China, 2007.9.17-21
- (5) N. Hasebe, LA-ICP-MS-FT dating, IGCP project 543 Low-temperature thermochronology and its applications: World-wide transfer of knowledge and inter-laboratory calibration, workshop, Pisa, Italy, 2007.9.27-28
- (6) 福士圭介, 福本寛人, 落合伸也, 柏谷健二, フブスグル湖湖沼堆積物中における準安定相炭酸塩鈹物の生成と環境指標としての役割, 水-鈹物-大気-微生物相互作用研究会, つくば, 2006.3.8-9
- (7) 福士圭介, 永田貴洋, 1:1 電解質溶液中におけるフェリハイドライトの表面電荷予測モデル, 第2回表面錯体勉強会, 札幌, 2007.6.25
- (8) K. Fukushi and T. Sato, Discovery and application of naturally occurred novel arsenic adsorbent material from acid mine drainage, Fifth NEERI-NIMS (INDO-JAPANESE) Workshop on Novel Materials for Environmental Challenges, ナグプール, インド, 2007.11.1-2
- (9) 福士圭介, 福本寛人, 宗本隆志, 落合伸也, 柏谷健二, モンゴルフブスグル湖堆積物に認められるモノハイドロカルサイトから読み取る環境変動, NIMS 光触媒材料センターナノ構造制御グループ研究会, つくば, 2007.11.29-30
- (10) 山本政儀, 環境試料中の α 放射体の測定技術と最近の話題”, 放射線取扱技術研修会, 日本原子力産業協会・北陸原子力懇談会 (北陸地域アイソトープ研究会との共催), 金沢, 2007.3
- (11) 山本政儀, 湖沼堆積物のウラン・トリウム同位体組成から見る古環境情報-バイカル湖およびフブスグル湖”, 第27回石橋雅義先生祈念講演会 (第22回海洋化学学術賞 (石橋賞) 授賞式), 京都, 2007.4
- (12) 山本政儀, 天然および人工放射性核種の地球化学的研究への利用 - 陸域環境. 主催平成19年度生命環境科学連体教育研究活動支援プログラム「トレーサーによる流域圏水・物質循環研究」, 平成19年度プレ戦略イニシアティブ「流域圏における水・物質循環科学教育研究拠点」, 筑波, 2007.11

・海外および国際学会発表

- (1) K. Kashiwaya, Lakes and lake systems, Joint Meeting of the International Association of Geomorphologists, Working Group on Geomorphology and Global Environmental Change and the Austrian Commission on Geomorphology, Obergurgl, Austria, 2007.9.2-7
- (2) Y. Aota, K. Kashiwaya, and M. Kumagai, Vertical mixing of lake water and sediment transport based on four year continuous monitoring in the hypolimnion of Lake Biwa, 4th CJK International Workshop on Present Earth Surface Processes and Historical Environmental Changes in East Asia—Modern Lake-Catchment Processes and Human Activity in East Asia, Nanjing, China, 2007.9.17-21
- (3) S. Ochiai, H. Sakai, and K. Kashiwaya, Experimental study on physical and magnetic properties

- of lake sediment, 4th CJK International Workshop on Present Earth Surface Processes and Historical Environmental Changes in East Asia—Modern Lake-Catchment Processes and Human Activity in East Asia, Nanjing, China, 2007.9.17-21
- (4) T. Itono and K. Kashiwaya, Hydro-environmental fluctuations around Lake Biwa during the past 2000 years, 4th CJK International Workshop on Present Earth Surface Processes and Historical Environmental Changes in East Asia—Modern Lake-Catchment Processes and Human Activity in East Asia, Nanjing, China, 2007.9.17-21
- (5) S. Ochiai and K. Kashiwaya, Late cenozoic hydro-climatic changes inferred from Lake Baikal sediment, 6th International Symposium on Terrestrial Environmental Changes in East Eurasia and Adjacent Areas, Irkutsk-Listvyanka, Russia, 2007.8.24-28
- (6) S. Ochiai, J-C. Lin, and K. Kashiwaya, Sedimentation processes in Sun Moon Lake, Taiwan, Taiwan and Japan Joint Symposium on Geomorphological Hazards and Management, Taiwan, 2008.3.17-22
- (7) T. Itono and K. Kashiwaya, Hydro-environmental fluctuations around Lake Biwa during the past 2000 years, Taiwan and Japan Joint Symposium on Geomorphological Hazards and Management, Taiwan, 2008.3.17-22
- (8) K. Ito, N. Hasebe, R. Sumita, K. Kashiwaya, S. Arai, M. Yamamoto, and Y. Ganzawa, Thermoluminescence dating of polymineral fine grained sediments from Lake Baikal; Revision of dose rate, 4th CJK International Workshop on Present Earth Surface Processes and Historical Environmental Changes in East Asia—Modern Lake-Catchment Processes and Human Activity in East Asia, Nanjing, China, 2007.9.17-21
- (9) K. Ito and N. Hasebe, Fission-track dating of volcanic glass using image processing, 4th CJK International Workshop on Present Earth Surface Processes and Historical Environmental Changes in East Asia—Modern Lake-Catchment Processes and Human Activity in East Asia, Nanjing, China, 2007.9.17-21
- (10) N. Hasebe, K. Miyamoto, T. Matsuoka, H.W. Nahm, D.Y. Yang, J.Y. Kim, J.H. Bang, C.H. Eum, S. Arai, and K. Kashiwaya, Luminescence dating of sediments from Byokgol-Je, Korea, 6th International Symposium on Terrestrial Environmental Changes in East Eurasia and Adjacent Areas, Irkutsk-Listvyanka, Russia, 2007.8.24-28
- (11) K. Ito, N. Hasebe, R. Sumita, K. Kashiwaya, S. Arai, M. Yamamoto, and Y. Ganzawa, Luminescence dating of fine grained sediments from Lake Baikal; Revision of dose rate, 6th International Symposium on Terrestrial Environmental Changes in East Eurasia and Adjacent Areas, Irkutsk-Listvyanka, Russia, 2007.8.24-28
- (12) Y. Inagaki, N. Hasebe, T. Ishihara, and S. Arai, U-series disequilibrium dating applied to Zircons from Unzen volcano, The 5th Cities on Volcano, Shimabara, Japan, 2007.11.19-23
- (13) D.A. Sverjensky and K. Fukushi, Probing the structure of the organic species-oxide mineral-water interface, *Frontiers in Mineral Sciences 2007*, Cambridge, UK, 2007. 6. 26-28

- (14) K. Fukushi, H. Fukumoto, T. Munemoto, S. Ochiai, and K. Kashiwaya, Records of water quality in Lake Hovsgol printed in carbonate minerals in the sediments, 6th International Symposium on Terrestrial Environmental Changes in East Eurasia and Adjacent Areas, Irkutsk-Listvyanka, Russia, 2007.8.24-28
- (15) A. Sakaguchi, M. Yamamoto, K. Sasaki, K. Fukushi, K. Kashiwaya and T. Kawai, Uranium and thorium isotopes distribution in bottom sediments of Lake Hovsgol, Mongolia: Sedimentary behavior and application to dating, 6th International Symposium on Terrestrial Environmental Changes in East Eurasia and Adjacent Areas, Irkutsk-Listvyanka, Russia, 2007.8.24-28
- (16) T. Abe, Y. Koike, T. Iimoto, T. Kosako, and K. Komura, Investigation of dynamics of radioactivity in the atmospheric environment - focusing attention on natural radioactivity -. Joint International Symposium on Nuclear Science and Technology "Global Sustainability and Nuclear Engineering, Education and Research", Xi' an, China, 2008.3
- (17) S. Endo, J. Tomita, K. Tanaka, M. Yamamoto, A. Fukutani, T. Imanaka, A. Sakaguchi, H. Amano, H. Kawamura, K.N. Apsalikov, B.I. Gusev, N. Whitehead, S. Shinkarev, and M. Hoshi, Iodine-129 measurements in soil samples from Dolon village near the Semipalatinsk nuclear test site, 13th Hiroshima International Symposium-Radiation Effects in Semipalatinsk), Hiroshima, 2008.2
- (18) Y. Hamajima and K. Komura, Distributions of environmental neutron and its induced activities in liquids and solids - 12th International Conference 'Modern Trends in Activation Analysis, Tokyo, Japan, 2007.9
- (19) M. Inoue, N. Nakamura, and M. Kimura, REE fractionations in chondrules from the CM meteorites, Murchison and Yamato-793321 and their implications for aqueous alteration processes in the early solar system. Workshop on the Chronology of Meteorites and the Early Solar System, Kauai, Hawai' i, 2007.11
- (20) A. Sakaguchi, M. Yamamoto, M., Sasaki, K. Fukushi, K. Kashiwaya, and T. Kawai, Uranium and thorium isotopes distribution in bottom sediments of lake Hovsgol, Mongolia: Sedimentary behavior and application to dating. Inter. Symp. on terrestrial environmental changes in far Eurasia and adjacent areas - Environmental and climatic changes and biodiversity in east Eurasia and adjacent areas, Irkutsk-Listvyanka, Russia, 2007.8
- (21) M. Yamamoto, S. Oikawa, A. Sakaguchi, J. Tomita, M. Hoshi, and K.N. Apsalikov, Determination of $^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$ isotopic ratios in human tissues collected from areas around the Semipalatinsk nuclear test site, 13th Hiroshima International Symposium-Radiation Effects in Semipalatinsk), Hiroshima, 2008.2
- (22) M. Yamamoto, K. Mino, J. Tomita, T. Imanaka, S. Endo, M. Hoshi, and K.N. Apsalikov, Radionuclide contamination of the Settlements where the Semipalatinsk historical cohort resided. International Symp on 4th Dosimetry workshop on the Semipalatinsk Nuclear Test Site Area, Hiroshima, 2008.2

・国内学会発表

- (1) 柏谷健二, 湖沼—流域系における地表過程と環境変動, 日本地球惑星科学連合 2007 年大会, 幕張, 2007. 5. 20-25
- (2) 竹下 徹, El-Fakharani Abdel-Hamid, 八木 公史, 長谷部 徳子, 三波川変成岩を上部地殻レベルに上昇させた著しい D2 正断層活動: 運動像, 放射年代およびその原因, 日本地球惑星科学連合 2007 年大会, 幕張, 2007. 5. 20-25
- (3) 長谷川 孝宗, 清川 昌一, 長谷部 徳子, 長崎県五島列島福江島の地質, 日本地球惑星科学連合 2007 年大会, 幕張, 2007. 5. 20-25
- (4) 末岡 茂, 田上 高広, 長谷部 徳子, 堤 浩之, 山田 国見, 松浦 俊輔, 田村 明弘, 石田 義人, 山本 晋也, フィッション・トラック法に基づく六甲山地の変動史に関する研究, 日本地球惑星科学連合 2007 年大会, 幕張, 2007. 5. 20-25
- (5) 荒田 孔明, 長谷部 徳子, アパタイトのトラック長分布からみた四万十帯の熱履歴と上昇過程—7Ma 以降の急激な上昇削剝—, 日本地球惑星科学連合 2007 年大会, 幕張, 2007. 5. 20-25
- (6) 長谷部 徳子, ジルコンの非平衡年代決定: 雲仙普賢岳での試み, 地震火山観測研究センター セミナー, 2007. 6. 1
- (7) 郁芳随徹, 長谷部徳子, 山田隆二, ジルコン フィッション・トラック法を用いた茂住祐延断層近辺の岩石の熱史の分析, 第 3 2 回フィッショントラック研究会, 松江, 2008. 1. 11-13
- (8) 長谷部徳子, IGCP543 workshop1: fission track analysis 参加報告, 第 3 2 回フィッショントラック研究会, 松江, 2008. 1. 11-13
- (9) 伊藤一充, 長谷部徳子, 雁沢好博, 柏谷健二, 荒井章司, 湖沼細粒堆積物のルミネッセンス年代測定, 第 3 2 回フィッショントラック研究会, 松江, 2008. 1. 11-13
- (10) 稲垣有香, 長谷部徳子, 荒井章司, 雲仙火山岩類のジルコンを用いた U- Th 年代測定, 第 3 2 回フィッショントラック研究会, 松江, 2008. 1. 11-13
- (11) 荒田孔明, 長谷部徳子, アパタイトのトラック長分布からみた四万十帯の熱履歴—四国・九州について—, 第 3 2 回フィッショントラック研究会, 松江, 2008. 1. 11-13
- (12) 伊藤健太郎, 長谷部徳子, 画像処理を用いた火山ガラスのフィッショントラック測定, 第 3 2 回フィッショントラック研究会, 松江, 2008. 1. 11-13
- (13) 伊藤一充, 長谷部徳子, 雁沢好博, 柏谷健二, バイカル湖細粒堆積物のルミネッセンス年代測定, 2007 年度ルミネッセンス年代測定研究会, 奈良, 2008. 2. 29-3. 2
- (14) 伊藤健太郎, 長谷部徳子, 画像処理を用いた火山ガラスのフィッショントラック測定, 2007 年度ルミネッセンス年代測定研究会, 奈良, 2008. 2. 29-3. 2
- (15) 稲垣有香, 長谷部徳子, 荒井章司, 雲仙火山岩類のジルコンの U- Th 年代測定, 2007 年度ルミネッセンス年代測定研究会, 奈良, 2008. 2. 29-3. 2
- (16) 長谷部徳子, 宮本一宏, 松岡玉衣, NAHM, HW, YANG, DY, KIM, JY, BANG, JH, EUM, CH, 荒井章司, 柏谷健二: 韓国・碧骨堤堆積物のルミネッセンス年代測定, 2007 年度ルミネッセンス年代測定研究会, 奈良, 2008. 2. 29-3. 2

- (17) 佐藤努, 福士圭介, 米田哲朗, 天然アルカリ環境における無機有害陰イオンの挙動と対策資源, 素材学会北海道支部春季講演会, 釧路, 2007. 6. 16
- (18) 福士圭介, 福本寛人, 宗本隆志, 落合伸也, 柏谷健二, 湖沼堆積物から読み取るフブスグル湖の水質変化, 日本 BICER 協議会第 17 回総会・シンポジウム, 名古屋, 2007. 5. 26-27
- (19) 福士圭介, 福本寛人, 落合伸也, 柏谷健二, フブスグル湖湖沼堆積物中におけるモノハイドロカルサイトの生成と環境指標としての役割, 日本地球惑星科学連合 2007 年大会, 幕張, 2007. 5. 19-24
- (20) 福士圭介, 福本寛人, 宗本隆志, 落合伸也, 柏谷健二, フブスグル湖堆積物中の炭酸塩鉱物組成から読み取る湖水環境の変動, 第 51 回粘土科学討論会, 札幌, 2007. 9. 12-14
- (21) 阿部琢也, 山口芳香, 田中 究, 中野佑介, 小村和久, 極低バックグラウンド γ 線スペクトロメトリーによる大気中放射性核種の高時間解像度観測. 日本保健物理学会第 41 回研究発表会, 東京, 2007. 6
- (22) 阿部琢也, 山口芳香, 田中究, 小佐古敏荘, 飯本武志, 小池裕也, 中野佑介, 小村和久, メソスケールにおける ^{212}Pb , ^{210}Pb および ^7Be 濃度分布. 第 9 回環境放射能研究会, つくば, 2008. 3
- (23) 遠藤 暁, 富田純平, 田中憲一, 山本政儀, 福谷 哲, 今中哲二, 天野 光, 川村秀久, 河村日佐男, 星 正治, 旧ソ連核実験場近郊ドロン村から採取した土壌試料中 ^{129}I 汚染量の測定. 原子力学会中四国支部研究発表会, 広島, 2007. 9
- (24) 浜島靖典, 小村和久, 環境中性子の遮へい. 第 51 回放射化学討論会, 静岡, 2007. 9
- (25) 今中哲二, 福谷 哲, 山本政義, 富田純平, 坂口 綾, 遠藤 暁, 田中憲一, 星 正治, ソ連最初の原爆実験による放射能雲の通過位置とフォールアウト沈着パターン. 日本放射線影響学会第 50 回大会, 千葉, 2007. 11
- (26) 井上睦夫, 中野佑介, 田中究, 小藤久毅, 小村和久, 対馬沿岸分枝海水における $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$ 比の季節変動. 日本地球化学会第 54 回年会, 岡山, 2007. 9
- (27) 中野佑介, 井上睦夫, 皆川昌幸, 小村和久, 極低バックグラウンド γ 線測定法を利用した海水試料の多核種同時測定法の確立と日本海海水への適用. 日本地球化学会第 54 回年会, 岡山, 2007. 9
- (28) 中野佑介, 井上睦夫, 皆川昌幸, 小村和久, 低バックグラウンド γ 線測定の本海海水試料への適用により得られた知見—多核種同時測定を中心に—. 第 51 回放射化学討論会, 静岡, 2007. 9
- (29) 小島貞男, 有信哲哉, 斎藤 直, 山本政儀, セミパラチンスク核実験場の土壌中に残存する中性子誘導長寿命放射性核種. 第 51 回放射化学討論会, 静岡, 2007. 9
- (30) 坂口 綾, 山本政儀, 佐々木圭一, 柏谷健二, 河合崇欣, 湖沼堆積物中のウラン・トリウム同位体からみる古環境情報—フブスグル湖, モンゴル. BICER シンポジウム 2007, 名古屋, 2007. 5
- (31) 鈴木 款, 青野辰雄, 石川義明, 山本政儀, 海水中の有機物の挙動と放射性核種相互の関係. 第 51 回放射化学討論会, 静岡, 2007. 9
- (32) 富田純平, 山本政儀, 佐竹 洋, 高塩濃度 Na-Cl 型温鉱泉水中の Ra 同位体. 2007 年度日本温泉科学会第 60 回大会, 鹿児島, 2007. 9
- (33) 富田純平, 山本政儀, 佐竹 洋, 高塩濃度 Na-Cl 型温鉱泉水中 Ra 同位体の地球科学. 第 51 回放射化学討論会, 静岡, 2007. 9
- (34) 安池賀英子, 山田芳宗, 小村和久, 低バックグラウンド液体シンチレーションカウンタを用いる

樹木年輪中の¹⁴C濃度の長期変動. 第74回日本分析化学会有機微量分析研究懇親会・第74回計測自動制御学会力学量計測部会第24回合同シンポジウム, 東京, 2007. 5

- (35) 安池賀英子, 山田芳宗, 小村和久, 石川県内におけるアジア大陸からの化石燃料消費による二酸化炭素の影響. 日本本薬学会第 128 年会, 横浜, 2008. 3
- (36) 安池賀英子, 山田芳宗, 小村和久, 5km 圏内に位置する田園地帯及び住宅地の大気 CO₂ の ¹⁴C/¹²C 同位体比の比較. 第 9 回環境放射能研究会, つくば, 2008. 3
- (37) 山口芳香, 阿部琢也, 村田祥全, 田中究, 中野佑介, 小村和久, 大気中 ²¹⁰Po, ²¹⁰Pb 及び ⁷Be をトレーサーとした日本海沿岸地域における環境動態計測. 第 9 回環境放射能研究会, つくば, 2008. 3

6) 研究交流

・共同研究

- (1) 小村和久, 個人線量モニターによる環境放射線レベル測定, 金沢工業大学, 南戸秀仁, 2000-現在
- (2) 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
- (3) 山本政義, 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

・海外渡航

- (1) 柏谷健二, 中国・延辺, 共同調査, 2007. 7
- (2) 柏谷健二, ロシア・イルクーツク, リストビアンカ, 国際会議出席, 2007. 8. 24-28
- (3) 柏谷健二, 中国・南京, 国際会議出席, 2007. 9. 17-21
- (4) 柏谷健二, モンゴル・フブスグル湖, 共同調査, 2008. 3. 9-14
- (5) 柏谷健二, 台湾, 国際会議出席, 2008. 3. 17-22
- (6) 長谷部徳子, ロシア・バイカル湖, 環境サマースクール引率, 2007. 8. 2-10
- (7) 長谷部徳子, ロシア・イルクーツク, リストビアンカ, 国際会議出席, 2007. 8. 24-28
- (8) 長谷部徳子, 中国・南京, 国際会議出席, 2007. 9. 17-21
- (9) 長谷部徳子, イタリア・スイス, 国際会議出席・巡検, 2007. 9. 23-10. 5
- (10) 福士圭介, ロシア・バイカル湖, 環境サマースクール引率, 2007. 8. 2-10
- (11) 福士圭介, ロシア・イルクーツク, リストビアンカ, 国際会議出席, 2007. 8. 24-28
- (12) 福士圭介, インド・ナグプール, 国際会議出席, 2007. 11
- (13) 福士圭介, モンゴル・フブスグル湖, 共同調査, 2008. 2-3
- (14) 青田容明, 中国・南京, 国際会議出席, 2007. 9. 17-21
- (15) 落合伸也, 中国・延辺, 共同調査, 2007. 7
- (16) 落合伸也, ロシア・イルクーツク, リストビアンカ, 国際会議出席, 2007. 8. 24-28
- (17) 落合伸也, 中国・南京, 国際会議出席, 2007. 9. 17-21
- (18) 小村和久, Workshop on Southern Hemisphere Ocean Tracer Studies, Monaco, 2007. 6-7
- (19) 山本政儀, 山本政義, 旧ソ連核実験場周辺住民の被曝線量評価の解決に向けて (科学研究費-海外),

カザフスタン, 2007.8-9

(20) 井上睦夫, Workshop on the Chronology of Meteorites and the Early Solar System, Kauai, Hawai'i, 2007.11

・訪問外国人研究者

(1) 林俊全, 国立台湾大学, 教授, 共同研究, 2007.5

(2) Mansour Sherif El-Shahat, Suez Canal University, Egypt, 共同研究, 2007.8-2008.3

(3) 李春景, 中国延边大学, 副教授, 共同研究, 2007.10.17-11.12

(4) 田中幸哉, 韓国慶熙大学校副教授, 日韓共同巡検, 2007.10.30-11.2

(5) Kong Woo Seok, 韓国慶熙大学校, 日韓共同巡検, 2007.10.30-11.2

(6) Kang Tay Gyoon, 韓国慶熙大学校, 日韓共同巡検, 2007.10.30-11.2

(7) Ulziisuren Baigal, モンゴル科学アカデミー・地質学鉱物資源研究所, 研究助手, 共同研究, 2007.12.18-2008.1.28

(8) Nitin Labhsetwar, Scientist, National Environmental Engineering Research Institute, セミナー講演, 2008.1.11-13

(9) Yang Doon Yoon, 韓国地質資源研究院, 講演, 2008.1.23-2008.1.25

(10) Baasanjargal Tuvshinjargal, モンゴル科学アカデミー・地質学鉱物資源研究所, 研究助手, 共同研究, 2008.2.1-3.16

(11) Lee Tai Sup, 韓国地質資源研究院, 院長, 分室開設セレモニー出席, 2008.3.9-3.10

(12) Chang Se Won, 韓国地質資源研究院, 分室開設セレモニー出席, 2008.3.9-3.10

(13) Yang Dong Yoon, 韓国地質資源研究院, 分室開設セレモニー出席, 2008.3.9-3.10

(14) Kim Jin Kwan, 韓国地質資源研究院, 研究員, 共同研究, 2008.3.27-30

・非常勤講師

柏谷健二, 三重大大学生物資源学部

7) 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

(2) 柏谷健二, 日本地形学連合渉外主幹, 2007-現在

(3) 柏谷健二, IGU-GC21 委員, 2000-現在

(4) 柏谷健二, 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

(5) 柏谷健二, BICER 協議会副会長, 2006-現在

(6) 柏谷健二, The 5th International Symposium on Terrestrial Environmental Changes in East Eurasia and Adjacent Areas 共同議長, 2005-現在

(7) 柏谷健二, 日本学術会議, 地球惑星科学委員会, 地形研究小委員会委員長, 2006-現在

(8) 長谷部徳子, 地質学雑誌編集委員, 2007年

- (9) 長谷部徳子, 地質学会代議員, 2007 年
- (10) 長谷部徳子, フィッショントラックニュースレター編集委員, 2007 年
- (11) 小村和久, 日本原子力学会評議員, 日本アイソープ協会理工学部会第常任委員
- (12) 山本政儀, 日本放射線影響学会幹事, 日本原子力学会中部支部幹事, 日本放射化学会編集委員

・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-現在, (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-現在
- (2) 小村和久, 石川県環境放射線測定技術委員会委員, 核燃料サイクル開発機構大学との研究協力実施委員会委員, 辰口国際交流協会副会長, 能美市文化財保護審議会委員, 国連科学委員会 UNSCEAR 報告書国内委員
- (3) 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, 核融合科学研究所重水実験安全評価委員会委員, 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, 石川県環境試料測定法調査検討委員

・地方自治体役員等

- (1) 長谷部徳子, 金沢子ども科学財団, 児童・生徒科学研究作品展, 審査員, 2007 年

エコテクノロジー研究部門

1) 学術論文

- (1) 古内正美, 塚脇真二, 小河原俊也, 日本海底質中の多環芳香族化合物の特性に関する予察的考察. *日本海域研究*, 39, 1-8 (2008)
- (2) N.-P. Hua, F. Kobayashi, Y. Iwasaka, G.-Y. Shi, and T. Naganuma, Detailed identification of desert-originated bacteria carried by Asian dust storms to Japan. *Aerobiologia* *Aerobiologia*, DOI10.1007/s10453-007-9076-9 (2007)
- (3) Y. Iwasaka, Y. Tobo, G.-Y. Shi, Y.-S. Kim, T. Ohashi, Tamura, and K., Zhang, Balloon-borne observations of high aerosol concentrations near the summertime tropopause over the Tibetan Plateau. *Atmos. Res.*, 84, 233-241 (2007)
- (4) Y. Iwasaka, J.-M. Li, Y.-S. Kim, A. Matsuki, D. Trochkin, M. Yamada, D. Zhang, Z. Shen, and C.-S. Hong, Mass transport of background Asian dust revealed by balloon-borne measurement: Dust particles transported during calm periods by westerly from Taklamakan desert, *in Advanced Environmental Monitoring*, ed. Kim, Y.-J. and Platt, U., Springer Verlag, 121-135 (2007)

- (5) Y. Kanaoka, S. Kimura, M. Vynnycky, O. Kimura, and T. Kiwata, Method for measuring fluid velocity based on periodic heating and MEMS techniques. *Int. J. Transport Phenomena*, (in press)
- (6) 小林史尚, 柿川真紀子, 岩坂泰信, 山田 丸, 陳 彬, 黄砂発生源におけるバイオエアロゾル拡散に関する研究, *エアロゾル研究*, 22, 218-227 (2007)
- (7) N. Komatsu, T. Kiwata, and S. Kimura, Numerical irreversibility in self-gravitating small N-body systems. *Physica A*, 387, 2267-2278 (2008)
- (8) T. Maki, S. Susuki, F. Kobayashi, M. Kakikawa, M. Yamada, T. Higashi, C. Hong, Y. Tobo, H. Hasegawa, K. Ueda, and Y. Iwasaka, Ecophysiological analysis of halobacteria in bioaerosol. *Jour. Ecotechnol. Res.*, (2007) in press
- (9) Y. Masuda, M. Yoneya, A. Suzuki, S. Kimura, and F. Alavyoon, Numerical analysis of double-diffusive convection in a porous enclosure due to opposing heat and mass fluxes on the vertical walls- Why does peculiar oscillation occur? -. *Int. J. Heat and Mass Transfer*, 51(Issues 1-2), 383-388 (2008)
- (10) C. Nishita, K. Osada, K. Matsunaga, and Y. Iwasaka, Number-size distributions of free tropospheric aerosol particles at Mt. Norikura, Japan: Effects of precipitation and air-mass transportation pathways. *Jour. Geophys. Res.*, 112, D10213, DOI:10.1029/2006 JD007969 (2007)
- (11) 岡島 厚, 安井 聡, 森 快貴, 木村繁男, 木綿隆弘, 直列2角柱の流れ方向振動に関する研究. *日本機械学会論文集*, 73(725B), 76-84 (2007)
- (12) 岡島 厚, 安井 聡, 森 快貴, 木村繁男, 木綿隆弘, 直列2円柱の流れ方向振動に関する研究. *日本機械学会論文集*, 73(726B), 428-436 (2007)
- (13) A. Okajima, S. Yasui, T. Kiwata, and S. Kimura, Flow-induced streamwise oscillation of two circular cylinders in tandem arrangement. *International Journal of Heat and Fluid Flow*, 28, 552-560 (2007)
- (14) 奥村康昭, 塚脇真二, 遠藤修一, 大八木英夫, カンボジア・トンレサップ湖の電気伝導度の変化について. *陸水学雑誌*, 68, 51-57 (2007)
- (15) K. Osada, M. Kido, C. Nishita, K. Matsunaga, and Y. Iwasaka, Temporal variation of water soluble ions of free tropospheric aerosol particles over central Japan. *Tellus*, 59, 742-758 (2007)
- (16) H. Ozawa and S. Tsukawaki, Preliminary report on modern ostracods in surface sediment samples collected during *R. V. Tansei-maru* Cruise KT04-20 in the southwestern Okhotsk Sea and the northern Japan Sea off Hokkaido, north Japan. *Annals of the Research Institute of the Japan Sea Region*, 39, 31-48 (2008)
- (17) A. Rokugou, T. Kiwata, A. Okajima, S. Kimura, and H. Yamamoto, Numerical analysis of aerodynamic sound radiated from rectangular cylinder. *Jour. Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, in press.
- (18) 六郷 彰, 岡島 厚, 上田俊弘, 山本浩輝, 木綿隆弘, 木村繁男, スパン方向に有限な長さを持つ円柱の流力振動に関する数値解析 (流れ方向振動の場合). *日本機械学会論文集*, 73(726B), 411

-418 (2007)

- (19) 六郷 彰, 岡島 厚, 木村繁男, 木綿隆弘, スパン方向に有限な長さを持つ円柱の流れ直角方向振動に関する数値解析. *構造工学論文集*, 53A, 614-621 (2007)
- (20) Tobo, Y., Zhang, D., Iwasaka, Y. and Shi, G., On the mixture of aerosols and ice clouds over the Tibetan Plateau: Results of a balloon flight in the summer of 1999. *Geophys. Res. Lett.*, 34, DOI:10.1029/2007GL031132 (2007)
- (21) 塚脇真二, 陰地章仁, 石川県金沢市ならびにその周辺地域の上部新生界層序. *日本海域研究*, 39, 17-30 (2008)
- (22) M. Vynnycky and S. Kimura, An asymptotic and numerical study of transient buoyancy -driven solidification in a rectangular enclosure. *Int. J. Heat and Mass Transfer*, 50, 5204-5214 (2007)

2) 総説・資料・報告書

- (1) 岩坂泰信, ほこりを叩いて入りなさいよ. *健康*, 2007 夏号, 44-45 (2007)
- (2) 塚脇真二, カンボジアの自然環境: 過去, 現在, そして未来. *北陸地盤情報*, 18, 7-14 (2007)
- (3) Japan National Committee for CCOP, 2007, Member Country Report of Japan :44th Annual Session, Cebu, Philippines 21 - 26 October 2007, CCOP-44AS/3-7, 92p. (2007)

3) 学術発表

- (1) A. H. Abdelkareem, S. Kimura, and T. Kiyata, Oscillatory natural convection in Hele-Shaw cell due unstably-heated side. *Proc. of 3rd International Conference on Cooling and Heating Technologies*, Tokyo, Japan, p.265-271, 2007.7
- (2) CCOP (Coordinating Committee for Geoscience Programmes in East and Southeast Asia) Technical Secretariat and Kanazawa University (Tsukawaki, S.), CCOP/Kanazawa University and groundwater issues of Siem Reap and Cambodia. *Colloquium on the Water Issue in Siem Reap*. Siem Reap, Cambodia, 2007.11
- (3) H. Domitsu, M. Oda, M. Shiihara, M. Torii, S. Tsukawaki, and M. Kato, Holocene surface-water evolution in the Japan Sea inferred from the spatiotemporal distribution of planktic foraminifera *Neogloboquadrina incompta*. *The 9th International Conference on Paleoceanography*, Shanghai, China, 2007.9
- (4) H. Domitsu, M. Oda, M. Shiihara, M. Torii, S. Tsukawaki, and M. Kato, The establishment of modern surface-water conditions in the Japan Sea during the Holocene. *EASTEC Symposium 2007: Dynamic Earth - Its Origin and Future*. Sendai, Japan, 2007.9
- (5) T. Ishikawa, H. Oyagi, and S. Tsukawaki, Where is lake with strong seasonal level fluctuation? *The 30th Congress of International Society of Limnology*, Montreal, Canada, 2007.8
- (6) 石川俊之, 大八木英夫, 塚脇真二, カンボジア, トンレサップ湖における一次生産. 日本陸水学会第72回大会, 茨城大学, 水戸, 2007.9

- (7) 岩坂泰信, 黄砂風送域の環境変動に関するコメント. 環日本海域の環境シンポジウム, 2007. 8
- (8) 岩坂泰信, 海はつなぎ, そして隔てる. 今の日本海は?でのコメント, 環日本海域の環境シンポジウム, 2007. 8
- (9) 岩坂泰信, 黄砂の問題把握. 第2回九州大学・国連大学高等研究所ジョイントセミナー, 2008. 3
- (10) 岩坂泰信, 黄砂 - バイオエアロゾル, 黄砂研究からの展望. 第2回バイオエアロゾルシンポジウム, 2007. 11
- (11) Y. Kanaoka, S. Kimura, M. Vynnycky, O. Kimura, and T. Kiwata, Method for measuring fluid velocity based on periodic heating and MEMS techniques, *Proc. of 18th International Symposium on Transport Phenomena*, Daejeon, Korea, ISTP18-316, p.1834-1899 (CD-ROM), 2007. 8
- (12) S. Kimura, Transient ice formation subject to convective heat transfer. *Proc. of Int. Conf. Fluxes and Structures in Fluids*, St. Petersburg, Russia, p.50-53, 2007. 7
- (13) S. Kimura, Organized flow structure and turbulent diffusion in a forest canopy. *6th International Congress on Industrial and Applied Mathematics*, Zurich, Switzerland, p.1 (CD-ROM), 2007. 7
- (14) S. Kimura, T. Kiwata, N. Komatsu, and H. Takeda, Development of groundwater flowmeter. *Proceedings of the 2nd International Conference on Porous Media and its Application in Science and Engineering*, ICPM2, Kauai, Hawaii, USA, p.1-8 (CD-ROM), 2007. 6
- (15) T. Kiwata, S. Takata, T. Yamada, N. Komatsu, T. Kita, S. Kimura, and M. Elkhoury, Performance of a vertical-axis wind turbine with variable-pitch straight blades. *Proc. of 18th International Symposium on Transport Phenomena*, Daejeon, Korea, ISTP18-316, p.1834 - 1899 (CD-ROM), 2007. 8
- (16) 木綿隆弘, 山田達郎, 小松信義, 喜多哲義, 木村繁男, 自己揺動翼式可変ピッチ角機構を持つH型ダリウス風車の性能特性. 日本風工学会誌・日本風工学会論文集, 平成19年度年次研究発表会梗概集, vol. 32, no. 2 (no. 111), p. 257-258, 福岡, 2007. 6
- (17) 小林正弘, 木村繁男, 木綿隆弘, 小松信義, 角流管路内における凝固融解プロセス制御に関する研究. 第40回北陸流体工学研究会, 福井, 2008. 3
- (18) N. Komatsu, Y. Utanohar, T. Kiwata, and S. Kimura, Numerical irreversibility in self-gravitating N-body systems. *Proc. of the International Conference of Computational Methods*, Hiroshima, Japan, ICCM2007, G4-11, p.91, p.1 - 6 (CD-ROM), 2007. 4
- (19) 小松信義, 木綿隆弘, 木村繁男, 自己重力系の数値シミュレーションで発生する不可逆性の伝播特性. 日本流体力学会年会2007講演論文集, p. 88 (CD-ROM:, p. 1 - 3), 東京, 2007. 8. 6
- (20) N. Komatsu, Y. Utanohar, T. Kiwata, and S. Kimura, Propagation of numerical irreversibility in N-body systems with long-range interactions. *Proc. of 18th International Symposium on Transport Phenomena*, Daejeon, Korea, ISTP18-83, p. 2031-2036 (CD-ROM), 2007. 8
- (21) 小松信義, 木村繁男, 木綿隆弘, 長距離相互作用N体系シミュレーションの数値的不可逆性. 日本物理学会北陸支部定例学術講演会講演概要集, p. 49, 富山, 2007. 12
- (22) 小松信義, 木綿隆弘, 木村繁男, 自己重力N体シミュレーションに発生する数値的不可逆性. 日

本天文学会 2008 年 春季年会, 東京, 2008. 3

- (23) 小坂俊敬, 木綿隆弘, 小松信義, 木村繁男, 喜多哲義, 可変ピッチ式直線翼垂直軸型風車の起動性に関する研究. 日本機械学会流体工学部門講演会講演論文集 (CD-ROM), no. 707, 東広島, 2007. 11
- (24) 森 快貴, 小西謙悟, 岡島 厚, 木綿隆弘, 木村繁男, 小松信義, 円柱の流れ方向流力振動における上・下流側円柱の干渉効果に関する研究. 日本機械学会北陸信越支部第 45 期講演会講演論文集, no. 87-1, p. 137-138, 福井, 2008. 3
- (25) H. Motomura, T. Mukai, and S. Tsukawaki, Freshwater fish diversity in Cambodia. *International Symposium of Systematics and Diversity of Fishes*. Tokyo, 2008. 3
- (26) 中村紀之, 木綿隆弘, 六郷 彰, 岡島 厚, 木村繁男, 小松信義, 種々な断面辺長比の角柱から発生する空力音の数値解析. 日本機械学会北陸信越支部第 45 期講演会講演論文集, no. 87-1, p. 139-140, 福井, 2008. 3
- (27) 中田直伸, 當房 豊, 岩坂泰信, 日本海沿岸域に存在する大気エアロゾルの混合状態. 日本気象学会中部支部研究会, 名古屋, 2007
- (28) 奥村康昭, Ea Darith, 遠藤修一, 大八木英夫, 塚脇真二, カンボジア・トンレサップ湖近郊の都市シェムリアプ市の気象特性. 日本陸水学会第 72 回大会, 茨城大学, 水戸, 2007. 9
- (29) H. Oyagi, S. Endoh, Y. Okumura, and S. Tsukawaki, The characteristic of water quality under the seasonal change in water level in Lake Tonle Sap, Cambodia. *The Commission for Water Sustainability International Geographical Union (IGU)*, Asheville, North Carolina, USA 13-17, 2007. 8
- (30) 大八木英夫, 遠藤修一, 奥村康昭, 塚脇真二, カンボジア, トンレサップ湖における水質の季節変動. 日本陸水学会第 72 回大会, 茨城大学, 水戸, 2007. 9
- (31) 六郷 彰, 岡島 厚, 木村繁男, 木綿隆弘, スパン方向に有限な長さを持つ円柱の流れ直角方向振動に関する数値解析. 第 53 回構造工学シンポジウム, 東京, 2007. 4
- (32) 高道勇成, 木村繁男, 木綿隆弘, 小松信義, 植生環境内における乱流構造に関する研究. 第 40 回北陸流体工学研究会, 福井, 2008. 3
- (33) Team ERDAC (Tsukawaki, S. *et al.*), Present state of pollution and destruction of natural environment in the Angkor Monument Area - Monitoring, Evaluation and Eradication. *The 16th Technical Committee of the International Co-ordinating Committee for the Safeguarding and Development of the Historic Site of Angkor*, 5-6 July, Sokha-Angkor Hotel, Siem Reap, Cambodia, 2007. 7
- (34) Y. Tobo, Y. Iwasaka, G.-Y. Shi, D. Zhang, and Y.-S. Kim, Vertical profiles of ozone over the Tibetan Plateau in the Asian summer monsoon period: Implications for ozone reduction in the cold-tropopause region. *The 10th International Conference on Atmospheric Sciences and Applications to Air Quality (ASAAQ)*, Hong Kong, China, 2007
- (35) Y. Tobo, D. Zhang, Y. Iwasaka, and G.-Y. Shi, Ice cloud formation mechanisms inferred from in situ measurements of particle number-size distribution. *The 17th International Conference*

on Nucleation and Atmospheric Aerosol (ICNA), Galway, Ireland, 2007

- (36) 當房 豊, 岩坂泰信, 張 代洲, 石 廣玉, 気球搭載型粒子計測器によるチベット高原上空での高層雲の観測. 第 21 回大気圏シンポジウム, 宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究本部, 2007
- (37) Y. Tobo, On the mixture of aerosols and ice clouds over the Tibetan Plateau. 東アジア若手研究者による環境研究シンポジウム: 若手研究者のネットワーク形成をめざして, 金沢, 2008. 1
- (38) S. Tsukawaki, Results from Research Programmes EMSB-u32 (UNESCO MAB-IHP Joint Programme Ecological and Hydrological Research and Training for Young Scientist in Tonle Sap Biosphere Reserve, Cambodia: Research and Training for Young Scientists) and EMSB (Evaluation of Mechanisms Sustaining the Biodiversity in Lake Tonle Sap, Cambodia) in Lake Tonle Sap, Cambodia. *Joint Regional Seminar Ecotone SeaBRnet 2007 and Annual Conference of CBRN*, Libo, Guiyang, China, 2007. 11
- (39) S. Tsukawaki, P. Hang, and Teams EMSB, EMSB-u32 and ERDAC, Three research programmes in Tonle Sap Biosphere Reserve, Cambodia from 1992 to 2008 - the past, the present time and for the future -. *UNESCO-MAB The 3rd World Congress of Biosphere Reserves*. Madrid, Spain, 2008. 2
- (40) M. Ueno, S. Kimura, T. Kiwata, and N. Komatsu, Solidification of water around a vertical cooling cylinder. *Proceedings of the 2nd International Symposium on Biomechanics, Healthcare and Information Science*, the 4th B-J-K Symposium on Biomechanics, p. 1 - 6, Kanazawa, Japan, 2008. 3
- (41) S. Unno, S. Kimura, T. Kiwata, and N. Komatsu, Numerical study on atmospheric pollutant dispersion in stably-stratified flows over a two-dimensional mountain. 東アジア若手研究者による環境研究シンポジウム, 金沢, 2008. 1
- (42) 海野峻太郎, 木村繁男, 木綿隆弘, 小松信義, 安定成層山越え気流における大気汚染物質の輸送に関する数値シミュレーション. 第 21 回数値流体力学シンポジウム講演論文集, 東京, 2007. 12
- (43) 山田達郎, 木綿隆弘, 富岡裕之, 小松信義, 木村繁男, 喜多哲義, 尾翼を有した自己揺動翼 H 型ダリウス風車の性能に関する研究. 第 29 回 30 周年記念風力エネルギー利用シンポジウム講演論文集, p. 318 - 321, 東京, 2007. 11
- (44) 山田達郎, 木綿隆弘, 喜多哲義, 小松信義, 木村繁男, 可変ピッチ翼式 H 型ダリウス風車に関する実験的研究. 日本機械学会北陸信越支部第 44 期総会・講演会講演論文集, no. 87-1, p. 153-154, 福井, 2008. 3
- (45) 山本洋民, 日高慎吾, 木村繁男, 木綿隆弘, 角管路内の強制対流下における非定常凝固に関する研究. 日本機械学会 2007 年度年次大会講演論文集, no. 07-1, p. 317 - 318, 吹田, 2007. 9

4) 研究交流

・共同研究

- (1) 木村繁男, Michael Vynnycky, Associate Professor, Faxen Laboratory, Department of Mechanics Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden, Mpemba 効果に関する研究

- (2) 木村繁男, Robert McKibbin, Professor, Department of Mathematics, Massey University, New Zealand, 植生内の乱流拡散に関する研究
- (3) 塚脇真二, カンボディア王国アンコール遺跡整備機構 (APSARA), アンコール遺跡区域における環境汚染の現状と評価 (ERDAC)
- (4) 塚脇真二, カンボディア王国産業省資源総局 (GDMR), アンコール遺跡整備機構 (APSARA), 水資源気象省水文河川局, UNESCO/MAB-IHP, 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&EMS-u32)
- (5) 塚脇真二, タイ王国マヒドゥ大学, チュラロンコン大学, 産業省資源局 (DMR), 東京大学, 東北大学, スマトラ-アンダマン津波の影響評価
- (6) 塚脇真二, タイ王国プリンスオブソンクラ大学, 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
- (7) 塚脇真二, カンボディア王国アンコール遺跡整備機構 (APSARA), 東北学院大学, 横浜国立大学, 湿潤アジアの伝統的ホームガーデン調査
- (8) 塚脇真二, カンボディア王国教育省教育学研究所 (NIE), カンボジア工科大学 (ITC), 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), 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

・海外渡航

- (1) 木村繁男, 中国, 北京, 中国科学院・大気物理研究所, 金沢大学分室の開設, 2007. 4
- (2) 木村繁男, 米国, ハワイ, 第2回多孔質内移動現象の国際会議, 2007. 6
- (3) 木村繁男, ロシア, セントペテルスブルク, International Conf. Fluxes and Structures in Fluids, 2007. 7
- (4) 木村繁男, スイス, チューリッヒ, International Congress on Industrial and Applied Mathematics, 2007. 7
- (5) 木村繁男, 韓国, ソウル・大田・釜山, 金沢大学大学院奨学金制度の説明, 2007. 9
- (6) 塚脇真二, カンボジア, シェムリアプ・プノンペン, アンコール遺跡区域における環境評価調査, 2007. 5
- (7) 塚脇真二, カンボジア, シェムリアプ・プノンペン, アンコール遺跡国際管理技術委員会, 2007. 7
- (8) 塚脇真二, カンボジア, シェムリアプ, アンコール遺跡区域における環境評価調査, 2007. 7-8
- (9) 塚脇真二, カンボジア, シェムリアプ, アンコール遺跡区域における環境評価調査, 2007. 8-9
- (10) 塚脇真二, フィリピン, セブ, 第44回東アジア・東南アジア地球科学調整委員会年次総会, 2007. 10
- (11) 塚脇真二, 中国, 貴州省荔波・茂蘭, 第3回 UNESCO-MAB エコトーン・フェイズII ワークショップ, ならびに第5回東南アジア生物特別保護区ネットワーク会議「文化の多様性: 生物多様性の保全およびその持続的維持の基盤として」, 2007. 11
- (12) 塚脇真二, カンボジア, シェムリアプ, アンコール遺跡ならびにシェムリアプ市の水問題会議, 2007. 11
- (13) 塚脇真二, カンボジア, プノンペン・シェムリアプ, 地球科学/環境科学教育ネットワーク構築の

ための予備調査, 2008. 1

- (14) 塚脇真二, カンボジア, シェムリアプ, アンコール遺跡区域における環境評価調査, 2008. 1
- (15) 塚脇真二, スペイン, マドリード, 第3回 UNESCO-MAB 世界会議招待講演, 2008. 2
- (16) 塚脇真二, タイ, クラビ・ハジャイ・バンコク, スマトラ-アンダマン津波堆積物調査, 2008. 3
- (17) 塚脇真二, カンボジア, プノンペン・シェムリアプ, アンコール遺跡区域における環境評価調, 2008. 3

・訪問外国人研究者

- (1) Michael Vynnycky, Associate Professor, Faxen Laboratory, Department of Mechanics, Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden, 「自然対流と凝固に関する研究」, 2007. 11
- (2) Ahmed H. Abd El-kareem, Lecturer, Power Engineering Department, El-Minia University, Egypt, 「ヘルショーセル内での不安定な自然対流の研究」(エジプト政府派遣研究員), 2006. 12 - 2007. 9
- (3) Robert McKibbin, Professor, Department of Mathematics, Massey University, New Zealand 「植生内の乱流拡散に関する研究」(日本学術振興会短期招聘研究員), 2007. 4 - 2007. 6
- (4) G. Y. Shi, Professor, Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Science (石 広玉 中国科学院大気物理研究所教授), SOLAS 及び関連プロジェクトの体制の整備と調整, 2007. 4
- (5) G. Y. Shi, Professor, Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Science and his research group members (石 広玉 中国科学院大気物理研究所教授と教授の研究グループメンバー多数), 敦煌におけるダストバイオエアロゾル気球観測の実施, 2007. 8
- (6) Ly Bora, Researcher, Department of Water and Forestry, Authority for Protection and Management of Angkor and the Region of Siem Reap, Kingdom of Cambodia (リ・ボラ, カンボディア王国アンコール遺跡整備機構水・森林部門研究員), 「アンコール遺跡区域における自然環境破壊・汚染ならびにカンボジアにおける環境科学ネットワークの構築にかかる打ち合わせ」, 2008. 2
- (7) Chhay Bunhorn, Researcher, Department of Water and Forestry, Authority for Protection and Management of Angkor and the Region of Siem Reap, Kingdom of Cambodia (チャイ・ブンホーン, カンボディア王国アンコール遺跡整備機構水・森林部門研究員), 「アンコール遺跡区域における自然環境破壊・汚染ならびにカンボジアにおける環境科学ネットワークの構築にかかる打ち合わせ」, 2008. 2

5) 各種活動

・学会活動

- (1) 岩坂泰信, 日本気象学会機関誌「SOLA」編集委員, バイオエアロゾル研究会代表
- (2) 木村繁男, 日本流体力学会代議員, 日本地熱学会学術講演会, 金沢, 2008. 10. 30-11. 1, 実行委員長, International Editorial Board Member of “*Transport in Porous Media*”, International Scientific Committee Member for the 18th International Symposium on Transport Phenomena (Daejeon, 韓国, 2007. 8), International Scientific Committee Member for the 19th International Symposium on Transport Phenomena (レイキャビック, アイスランド, 2008. 8),

International Program Committee Member for “Fluxes and Structures in Fluids: Physics of Geospheres” , モスクワ, ロシア, 2009.7

- (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, 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メンバー, 第3回 UNESCO-MAB 世界会議, 2008.2, 招待講演

・社会活動

- (1) 木村繁男, 「井戸の日」パネリスト (金沢市)
- (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, 文部科学省(南極観測船)船名委員会委員, 財団法人環境創造センター理事, みなと振興財団運営委員, 国立極地研究所運営協議委員, 国立総合地球環境科学研究所評価委員および運営協議委員, 海洋研究開発機構地球環境フロンティア研究センター評価委員, 海洋開発研究機構評価委員
- (2) 塚脇真二, 金沢市教育委員会平成19年度中学校理科学教育専門家招聘事業講師「地層と化石の観察 (サマースクール理科1年)」金沢市立犀生中学校, 金沢市教育委員会平成19年度中学校理科学教育専門家招聘事業講師「地層と化石」金沢市立大徳中学校, カンボジア王国教育学研究所特別実習「岩石薄片試料の作成方法と鏡下観察」, 石川県千里浜保全事業委員会委員, 海外技術協力委員会地区専門委員 (北陸), カンボジア王国教育省教育学研究所 (National Institute of Education) 特別講義「海洋地質学概論」, カンボジア王国教育省教育学研究所 (National Institute of Education) 特別講義「アンコール遺跡区域における環境汚染・破壊の現状」, 在カンボジア日本大使館主催 日本カンボジア外交関係樹立 55 周年記念講演会講師 (プノンペン) 「トンレサップ湖の自然環境: 過去, 現在, 未来」

生物多様性研究部門

1) 学術論文

- (1) N. Suzuki, K. Kitamura, T. Nemoto, N. Shimizu, S. Wada, T. Kondo, M.J. Tabata, Sodeyama, F., Ijiri, K. and Hattori, A., Effect of vibration on osteoblastic and osteoclastic activities: Analysis of bone metabolism using goldfish scale as a model for bone. *Adv. Space Res.*, 40, 1711-1721 (2007)
- (2) K. Azuma, M. Kobayashi, M. Nakamura, N. Suzuki, S. Yashima, S. Iwamuro, M. Ikegame, T. Yamamoto, and A. Hattori, Two osteoclastic markers expressed in multinucleate osteoclasts of goldfish scales. *Biochem. Biophys. Res. Commun.*, 362, 594-600 (2007)
- (3) S. Wada, T. Tazawa, N. Suzuki, I. Furuta, and I. Nagano, Pulp ablation therapy by inductive heating: Heat generation characteristics in the pulp cavity. *Oral Dis.*, 13, 193-197 (2007)

- (4) F. Kobayashi, M. Daidai, N. Suzuki, and Y. Nakamura, Degradation of phenol in seawater using a novel microorganism isolated from the intestine of *Aplysia kurodai*. *Int. Biodeterioration Biodegradation*, 59, 252-254 (2007)
- (5) Y. Sasayama, Y. Higashide, M. Sakai, M. Matada, and Y. Fukumori, Relationship between the lifestyle of a Siboglinid (Pogonophoran) Polychaete, *Oligobranchia mashikoi*, and the total sulfide and nitrogen levels in its habitat. *Zool. Sci.*, 24, 131-136 (2007)
- (6) A. Ngamniyom, W. Magtoon, Y. Nagahama, and Y. Sasayama, A study of the sex ratio and fin morphology of the Thai medaka, *Oryzias minutillus*, inhabiting suburbs of Bangkok, Thailand. *The Fish Biol. J. Medaka*, 11: 17-21 (2007)
- (7) H. Sakamoto and Y. Sasayama, Nucleotide sequence of cDNA of bone-mineralizing hormone calcitonin in medaka (Teleostei). *The Fish Biol. J. Medaka*, 11, 5-8 (2007)
- (8) Y. Aki, T. Nakagawa, M. Nagai, Y. Sasayama, Y. Fukumori, and K. Imai, Oxygenation properties of extracellular giant hemoglobin from *Oligobranchia mashikoi*. *Biochem. Biophys. Res. Commun.*, 360, 673-678 (2007)
- (9) N. Kubota, M. Kanemori, Y. Sasayama, M. Aida, and Y. Fukumori, Identification of Endosymbionts in *Oligobranchia mashikoi* (Siboglinidae, Annelida). *Microbes Environ.*, 22, 136-144 (2007)
- (10) M. Deguchi, N. Kubota, A. Matsuno, M. Kanemori, Y. Fukumori, and Y. Sasayama, Actual distribution of bacteriocytes in the trophosome of a beard worm (*Oligobranchia mashikoi*, Siboglinidae, Annelida): Clarification using whole-mount *in situ* hybridization. *Acta Zool.*, 88, 129-135 (2007)
- (11) 鈴木信雄, 大森克徳, 井尻憲一, 北村敬一郎, 清水宣明, 田畑 純, 池亀美華, 中村正久, 近藤 隆, 松田恒平, 安東宏徳, 笠原春夫, 永瀬 睦, 服部淳彦: 魚類のウロコを用いた宇宙生物学的研究. *Space Utiliz. Res.*, 23, 318-321 (2007)
- (12) N. Suzuki, K. Kitamura, M. Somei, R.J. Reiter, and A. Hattori, Novel bromomelatonin derivatives suppress osteoclastic activity and increase osteoblastic activity: Implications for the treatment of bone diseases. *J. Pineal Res.*, 44, 326-334 (2008)
- (13) 鈴木信雄, 小林史尚, 又多政博, 服部淳彦, 伊藤 靖, 大嶋雄治, 能登半島沿岸の海水中のトリブチルスズ濃度測定と海洋細菌によるトリブチルスズの浄化の試み. *日本海域研究*, 39, 49-53 (2008)
- (14) M. Aida, M. Kanemori, N. Kubota, M. Matada, Y. Sasayama, and Y. Fukumori, Distribution and population of free-living cells related to endosymbiont harbored in *Oligobranchia mashikoi* (a siboglinid polychaete) inhabiting Tsukumo Bay. *Microbes Environ.*, in press
- (15) T. Koizumi and Y. Sasayama, On the alpha-glucosidase-like activity detected in a siboglinid polychaeta, *Oligobranchia mashikoi*. *Zool. Sci.*, in press
- (16) N. Suzuki, K. Omori, M. Nakamura, M.J. Tabata, M. Ikegame, K. Ijiri, K. Kitamura, T. Nemoto, N. Shimizu, T. Kondo, K. Matsuda, H. Ando, H. Kasahara, M. Nagase, M. Nara, and A. Hattori, Scale osteoblasts and osteoclasts sensitively respond to low-gravity loading by centrifuge.

Biol. Sci. Space, in press

- (17) 鈴木信雄, 大森克徳, 井尻憲一, 北村敬一郎, 清水宣明, 田畑 純, 池亀美華, 中村正久, 近藤 隆, 松田恒平, 安東宏徳, 笠原春夫, 永瀬 睦, 久保田幸治, 奈良雅之, 服部淳彦, 擬似微小重力及び過重力下における骨代謝制御: 培養ウロコを用いた解析. *Space Utiliz. Res.*, 印刷中

2) 総説

- (1) 田畑 純, 鈴木信雄, 服部淳彦, 魚鱗-硬組織研究と再生研究のフロンティア. *細胞*, 39: 55-57 (2007)
- (2) 鈴木信雄, 清水宣明, 北村敬一郎, 根本 鉄, 染井正徳, 池亀美華, 和田重人, 近藤 隆, 大森克徳, 中村正久, 井尻憲一, 田畑 純, 服部淳彦, 物理的刺激に対する骨芽細胞・破骨細胞の応答: 魚類のウロコを骨のモデルとした骨代謝の解析. *日本生体電気・物理的刺激研究会誌*, 印刷中

3) 著書

- (1) A. K. Srivastav, S. Yadav, S. K. Srivastav, and N. Suzuki, The ultimobranchial gland in poikilotherms: Morphological and functional aspect. In “Experimental Endocrinology and Reproductive Biology”, Haldar et al. eds, Science Publishers, Enfield, NH, USA, in press
- (2) 鈴木信雄, 田畑 純, 服部淳彦, 第3章 キンギョ. 『身近な動物を使った実験1』, 鈴木範男編, 三共出版, 東京, 印刷中
- (3) 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
- (5) 笹山雄一, 鈴木信雄, 副甲状腺, 鰓後腺, スタニウス小体 (概論) -1. 副甲状腺ホルモン, 2. カルシトニン, 3. カルシトニン遺伝子関連ペプチド, 4. スタニオカルシン, 『ホルモンハンドブック新訂 eBook 版』, 南江堂, 東京, 776-854 (2007)

4) 学術発表

- (1) 北村敬一郎, 鈴木信雄, 根本 鉄, 清水宣明, 和田重人, 近藤 隆, 井尻憲一, 田畑 純, 新実信夫, 服部淳彦: 加速度刺激による骨形成促進作用: 魚のウロコを用いた新規モデルシステムの開発. 第46回日本生体医工学会, 仙台, 2007. 4, 生体医工学, 45 (Suppl.), 110 (2007)
- (2) M. Kakikawa, Y. Oda, S. Sunata, N. Suzuki, K. Kitamura, A. Hattori, M. Iwasaka, S. Ueno, and S. Yamada, Effects of extremely low frequency magnetic fields on osteoclasts and osteoblasts: Development of a new model system using fish scale. Bioelectromagnetics Society 29th Annual Meeting, Kanazawa, 2007. 6
- (3) N. Suzuki, Effect of physical stress on the osteoblasts and osteoclasts: Analysis of bone metabolism using goldfish scale as a model for bone. The 6th International Satellite Symposium on the Comparative Endocrinology of Calcium Regulation (17th Scientific Meeting Second Joint Meeting of International Bone and Mineral Society), Montreal, Canada, 2007. 6, (招待講演)
- (4) N. Suzuki, M. Somei, K. Kitamura, and A. Hattori, Novel bromomelatonin derivatives activate

- osteoblasts and suppress osteoclasts simultaneously in the goldfish scale. 17th Scientific Meeting Second Joint Meeting of International Bone and Mineral Society, Montreal, Canada, 2007. 6
- (5) 小泉 隆, 山田哲也, 笹山雄一, 環形動物門マシコヒゲムシに存在する・ β -グルコシダーゼ様活性を示す蛋白質の生化学的研究. 第 78 回日本動物学会, 弘前, 2007. 9
- (6) Ngamniyom A., 長濱嘉孝, 笹山雄一, バンコク郊外に棲むタイメダカの性比: 特に間性の個体の鰭の形態に注目して. 第 78 回日本動物学会, 弘前, 2007. 9
- (7) 崎村宗徳, 上田 誠, 鈴木雅一, 戸村秀明, 笹山雄一, 田中滋康, ウシガエル内リンパ囊の炭酸カルシウム結晶融解のホルモン調節. 第 78 回日本動物学会, 弘前, 2007. 9
- (8) 鈴木信雄, 北村敬一郎, 清水宣明, 田畑 純, 池亀美華, 中村正久, 近藤 隆, 和田重人, 井尻憲一, 大森克徳, 服部淳彦, 超音波の機械的刺激及び加速度の重力刺激に対する骨芽・破骨細胞の応答. 第 78 回日本動物学会, 弘前, 2007. 9
- (9) 池上太郎, 東 恭一, 服部淳彦, 鈴木信雄, 中村正久, 安東宏徳, キンギョのメラトニン受容体遺伝子の発現の日周変動. 第 78 回日本動物学会, 弘前, 2007. 9
- (10) 小多雄太, 柿川真紀子, 鈴木信雄, 山田外史, 北村敬一郎, 服部淳彦, 廣田憲之, 岩坂正和, 上野照剛, 骨形成におよぼす交流磁場効果. 第 31 回日本応用磁気学会, 東京, 2007. 9
- (11) 小多雄太, 柿川真紀子, 鈴木信雄, 山田外史, 廣田憲之, 骨形成におよぼす静磁場効果に関する研究. 平成 19 年度電気関係学会北陸支部連合大会, 福井, 2007. 9
- (12) 古谷 遼, 小林正樹, 中村正久, 鈴木信雄, 服部淳彦, キンギョの再生ウロコを用いた骨形成関連遺伝子の発現解析. 第 32 回日本比較内分泌学会, 栃木, 2007. 10
- (13) Thamamongood T., 田畑 純, 中村正久, 鈴木信雄, 服部淳彦, キンギョのウロコを用いた種々の骨破壊-骨再生モデル系の確立. 第 32 回日本比較内分泌学会, 栃木, 2007. 10
- (14) 鈴木信雄, 小林史尚, 又多政博, 伊藤 靖, 大嶋雄治, 服部淳彦, トリブチルスズのカルシウム代謝に及ぼす影響と海洋細菌による浄化の試み. 第 32 回日本比較内分泌学会, 栃木, 2007. 10
- (15) A. Ngamniyom, W. Magtoon, Y. Nagahama, and Y. Sasayama, The comparison of expression rates of mRNA of androgen receptor, estrogen receptor and bone morphogenic protein between male and female fins in Japanese medaka, *Orizias latipes*. The International Symposium of Orizias Fish. Bangkok, Thailand, 2007. 11
- (16) K. Kitamura, N. Suzuki, T. Nemoto, N. Shimizu, M. J. Tabata, S. Wada, K. Omori, M. Nakamura, T. Kondo, and A. Hattori, Effects of low-intensity ultrasound on bone metabolism in goldfish scale. International Symposium of Sonochemistry and Sonoprocessing 2007, Kyoto, Japan, 2007. 12
- (17) 鈴木信雄, 魚類 (キンギョ) のウロコを骨のモデルとして用いた評価システムの開発と 応用: 微小重力環境下で進行する骨密度低下の治療・予防を目指して. 宇宙基礎医学生物学研究に用いるべき最適なモデル生物に関するワークショップ (第 3 回筋骨格系の実験に向けたモデル生物), 東京, 2008. 1
- (18) 鈴木信雄, 大森克徳, 井尻憲一, 北村敬一郎, 清水宣明, 田畑 純, 池亀美華, 中村正久, 近藤 隆, 松田恒平, 安東宏徳, 笠原春夫, 永瀬 睦, 久保田幸治, 奈良雅之, 服部淳彦, 擬似微小重力及び

過重力下における骨代謝制御：培養ウロコを用いた解析．第 24 回宇宙 利用シンポジウム，東京，2008. 1

- (19) 鈴木信雄，北村敬一郎，根本 鉄，清水宣明，池亀美華，和田重人，近藤 隆，大森克徳，中村正久，井尻憲一，田畑 純，染井正徳，服部淳彦，物理的刺激に対する骨芽・破骨細胞の応答：魚類のウロコを骨のモデルとした骨代謝の解析．第 35 回日本生体電気・物理的刺激研究会，新潟，2008. 3

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，基礎生物学研究所教授 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，新潟大学農学部助教 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，岡山大学理学部附属臨海実験所教授 坂本竜哉氏，北里大学水産学部教授 高橋明義氏，同准教授 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，魚類の鰹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養殖研究所発育制御チーム長 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
- (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 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,
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准教授 大嶋雄治
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

6) 各種活動

・学会活動

- (1) 笹山雄一, 日本動物学会中部支部長, 2005-現在

・社会活動

- (1) 笹山雄一, 石川県環境影響評価委員会委員, 2003-現在
- (2) 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
- (3) 笹山雄一, 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
- (4) 笹山雄一, 石川県立七尾高等学校スーパーサイエンススクール運営委員会委員, 2004-現在
- (5) 笹山雄一, 石川県公共事業評価監視委員会委員, 2005-現在

1) 学術論文

- (1) C. Ogino, K. Kanehira, R. Sasai, S. Sonezaki, and N. Shimizu, Recognition and effective degradation of 17 β -estradiol by anti-estradiol antibody-immobilized TiO₂ nanoparticle. *J. Biosci. Bioeng.*, 104(4), 339-342 (2007)
- (2) N. Suzuki, K. Kitamura, T. Nemoto, N. Shimizu, S. Wada, T. Kondo, M. Tabata, F. Sodeyama, K. Ijiri, and A. Hattori, Effect of vibration on osteoblastic and osteoclastic activities: analysis of bone metabolism using goldfish scale as a model for bone. *Adv. Space Res.*, 40, 1711-1721 (2007)
- (3) C. Ogino, M. Kanemasu, M. Fukumoto, T. Kubo, T. Yoshino, A. Kondo, H. Fukuda, and N. Shimizu, Continuous production of phospholipase D using immobilized recombinant *Streptomyces lividans*. *Enzyme Microb. Technol.*, 41, 156-161 (2007)
- (4) C. Ogino, H. Daido, Y. Ohmura, N. Takada, Y. Itou, A. Kondo, H. Fukuda, and N. Shimizu, Remarkable enhancement in activity of PLD from *Streptoverticillium cinnamoneum* by substituting serine into the GG/GS motif. *Biochem. Biophys. Acta*, 1774, 671-678 (2007)
- (5) D. Jin, H.-X. Liu, H. Hirai, T. Torashima, (…), N. Shimizu, S. Mochida, M. Asano, and H. Higashida, CD38 is critical for social behaviour by regulating oxytocin secretion. *Nature*, 446, 41-45 (2007)
- (6) H. Higashida, S.E.H. Bowden, S. Yokoyama, (…), N. Shimizu, S. Takasawa, H. Okamoto, and J. Robbins, Overexpression of human CD38/ADP-ribosyl cyclase enhances acetylcholine-induced Ca²⁺ signalling in rodent NG108-15 neuroblastoma cells. *Neurosci. Res.*, 57, 339-346 (2007)
- (7) N. Shimizu, C. Ogino, M.F. Dadjour, and T. Murata, Sonocatalytic degradation of methylene blue with TiO₂ pellets in water. *Ultrason. Sonochem.*, 14, 184-190 (2007)
- (8) A.A. Hussien, S. Yamada, M. Iwahara, and T. Ohji, Design and control of a micro-mass measurement system employing permanent magnet repulsive-type magnetic bearing. *Journal of Materials Processing Technology*, 181, 142-147 (2007)
- (9) S. Yamada, K. Chomsuwan, S.C. Mukhopadhyay, M. Iwahara, M. Kakikawa, and I. Nagano, Detection of magnetic fluid volume density with a GMR Sensor. *Journal of the Magnetics Society of Japan*, 31, 44-47 (2007)
- (10) B. Rezaeealam, S. Yamada, and M. Iwahara, Three-phase linear induction generator for free-piston generator. *The Papers of Technical Meeting on Magnetics*, 19-24 (2007)
- (11) S.C. Mukhopadhyay, K. Chomsuwan, C.P. Gooneratne, and S. Yamada, A novel needle-type SV-GMR sensor for biomedical applications. *IEEE SENSORS JOURNAL*, 7(3), 401-408 (2007)
- (12) K. Chomsuwan, S. Yamada, and M. Iwahara, Bare PCB inspection system with SV-GMR sensor eddy-current testing probe. *IEEE Sensors Journal*, 7(5), 890-896 (2007)
- (13) W. Maeda, S. Yamada, and M. Iwahara, Development of magnetic separator for biomaterials

- labeled by magnetic beads. *Journal of the Magnetics Society of Japan*, 31(3), 268-272 (2007)
- (14) K. Chomsuwan, S. Yamada, and M. Iwahara, Improvement on defect detection performance of PCB inspection based on ECT technique with multi-SV-GMR sensor. *IEEE Transactions on Magnetics*, 43(6), 2394-2396 (2007)
- (15) T. Somsak, K. Chomsuwan, S. Yamada, and M. Iwahara, Spin-value GMR sensor with improves ferrite core exciter for conductive microbead detection by eddy-current testing technology. *Journal of the Magnetics Society of Japan*, 31(5), (2007)
- (16) K. Chomsuwan, S. Yamada, and M. Iwahara, High-speed PCB inspection system based on ECT technique with multi SV-GMR sensor. *Journal of the Japan Society of Applied Electromagnetics and Mechanics*, 15(3), 302-305 (2007)
- (17) T. Somsak, K. Chomsuwan, S. Yamada, and M. Iwahara, Utilization of SV-GMR sensor for detection conductive microbead with Helmholtz coil exciter based on eddy current testing, *Journal of the Japan Society of Applied Electromagnetics and Mechanics*. 15(3), 278-281 (2007)
- (18) W. Maeda, S. Yamada, and M. Iwahara, Development of a magnetic separator for biomaterials labelled by the magnetic beads. *Journal of the Japan Society of Applied Electromagnetics and Mechanics*, 15(3), (2007)
- (19) T. Shigemitsu, K. Yamazaki, S. Nakasono, and M. Kakikawa, A review of studies of the biological effects of electromagnetic fields in the intermediate frequency range. *IEEE Transactions on Electrical and Electronic Engineering*, 2, 405-412 (2007)
- (20) 小林史尚, 柿川真紀子, 岩坂泰信, 山田丸, 陳彬, 石廣玉, 黄砂発生源におけるバイオエアロゾル拡散に関する研究. *エアロゾル研究*, 22, 218-227 (2007)
- (21) T. Maki, S. Susuki, F. Kobayashi, M. Kakikawa, M. Yamada, T. Higashi, C. Hong, Y. Toubou, H. Hasegawa, K. Ueda, and Y. Iwasaka, Ecophysiological analysis of halobacteria in bioaerosol. *Journal of Ecotechnology Research*, in press
- (22) 田中茂雄, 辻本敏行, 野川雅道, 山越憲一, 近赤外光を利用した新規骨密度計測装置. *日本臨床バイオメカニクス学会誌*, 28, 35-40 (2007)
- (23) P. Zhang, S.M. Tanaka, Q. Sun, C.H. Turner, and H. Yokota, Frequency-dependent enhancement of bone formation in murine tibiae and femora with knee loading. *Journal of Bone and Mineral Metabolism*, 25(6), 383-391 (2007)

2) 総説・資料・報告書

- (1) 高木圭子, 荻野千秋, 清水宣明, 二酸化チタン・超音波触媒法による細胞死誘導. *超音波テクノ (特集 そのケミストリーの最新動向②)*, 19(5), 41-45 (2007. 9)
- (2) 荻野千秋, Mohammad Mizanur Rahman, 清水宣明, 二酸化チタン・超音波触媒法を応用した有害微生物殺菌システム. *超音波テクノ, (特集 そのケミストリーの最新動向①)*, 19(4), 45-49 (2007. 7)

- (3) 清水宣明, 荻野千秋, 藤平 敦司, 二酸化チタン・超音波触媒法による OH ラジカルの生成と溶存希ガスの促進効果. *超音波テクノ*, (特集 そのケミストリーの最新動向①), 19(4), 39-44 (2007. 7)
- (4) 清水宣明, 荻野千秋, 二酸化チタン・超音波触媒法の環境浄化, 殺菌への応用. *空気清浄*, 45(1), 24-31 (2007. 6)
- (5) 清水宣明, 山田外史, 荻野千秋, 新規ラジカル生成系と高勾配磁気分離を融合した環境保全システムの構築. *科学研究費補助金 基盤研究B(2) 研究成果報告書*, (2007. 4)
- (6) 山田外史, 機器保全・環境工学における磁気応用技術, *電気設備学会誌*, 11, 878-881 (2007)
- (7) S. Yamada, C. Goonetartne, M. Iwahara, and M. Kakikawa, Detection of Low-Concentration Magnetic Particles by GMR Probe for Medical Applications, *電気学会マグネティクス研究会*, MAG-08-11, 盛岡, 2007
- (8) 北田亮平, 山田外史岩原正吉, 永久磁石界磁 2 極 3 スロット型小型直流電動機のモデル化とその数値解析, *マグネティクス研究会*, 金沢, 2008
- (9) 有馬浩史, 山田外史, 岩原正吉, 山崎裕也, マルチGMRプローブによる金属丸棒の軸偏心の検査法, *マグネティクス研究会*, 金沢, 2008

3) 特許

- (1) 荻野 千秋, 清水 宣明, 放線菌を宿主とする新しいタンパク質発現系開発と応用, 特許出願 2007-032648, 出願日: 2007年2月13日, 出願人: 国立大学法人金沢大学
- (2) 清水 宣明, 荻野 千秋, 黒田 俊一, ドラッグデリバリーシステムに用いる複合粒子, 特許出願 2007-032765, 出願日: 2007年2月13日, 出願人: 国立大学法人金沢大学/国立大学法人大阪大学
- (3) 勝田 知尚, 荻野 千秋, 清水 宣明, 山神 啓輔, 機能性バイオプロダクトの生産方法およびそのための装置, 特許出願2007-034358, 出願日: 2007年2月15日, 出願人: 国立大学法人神戸大学
- (4) 小野森守, 森田 徳則, 清水 宣明, 表面に二酸化チタン被膜を形成したチタン材の切削片, 特許出願2007-186906, 出願日: 2007年7月18日, 出願人: 株式会社オノモリ
- (5) 山田外史, 鈴木信雄, 柿川真紀子, 北村敬一郎, 服部淳彦, 骨疾患治療用磁場発生装置及び, それを用いた骨疾患治療の評価及び開発システム, 特-2007-038259, 平成19年2月19日
- (6) 田中茂雄, 再生組織用細胞内カルシウムイオンモニタリング装置, 特願 2008-55393号, 出願日: 2008年3月5日, 出願人: 国立大学法人金沢大学

4) 学会発表

- (1) 崎山 和亨, 大庭 達哉, 荻野 千秋, 清水 宣明, 二酸化チタンへの超音波照射による過酸化水素生成機構の解析. *化学工学会 第73回年会*, 静岡, 2008. 3
- (2) 笹井 良祐, 園家 史朗, 大島 周平, 荻野 千秋, 黒田 俊一, 清水 宣明, 機能性二酸化チタン・ナノ粒子のがん治療への基礎研究. *化学工学会 第73回年会*, 静岡, 2008. 3
- (3) 吉野 和慶, 伊藤 吉基, 宮下 徹, 伊藤 裕子, 清水 宣明, 荻野 千秋, 放線菌でのタンパク質分泌生産に関わるシグナル配列の解析. *化学工学会 第73回年会*, 静岡, 2008. 3
- (4) 伊藤 吉基, 伊藤 裕子, 宮下 徹, 吉野 和慶, 清水 宣明, 荻野 千秋, 放線菌を用いたリン脂質代

謝酵素の変異体解析. 化学工学会 第73回年会, 静岡, 2008.3

- (5) 柴田直範, 笹井良祐, 高木 圭子, 黒田 俊一, 荻野千秋, 清水宣明, 組織ターゲティング機能を有する二酸化チタンナノ粒子によるがん細胞障害. 化学工学会 第72回年会, 京都, 2007.3
- (6) 久保孝文, 吉野慶和, 伊藤吉基, 宮下徹, 荻野千秋, 清水宣明, 放線菌の新規タンパク質発現系構築に関する研究. 化学工学会 第72回年会, 京都, 2007.3
- (7) 清水宣明, 荻野千秋, 高木圭子, Mizanur, R. M. , 光触媒と超音波化学のカップリングによる殺菌技術. 水環境学会第41回年会, 大阪, 2007.3
- (8) M. Kakikawa, S. Hashimoto, M. Iwahara, and S. Yamada, Effect of extremely low frequency magnetic fields on anticancer drug potency, The Bioelectromagnetics Society 29th Annual Meeting, Kanazawa, 2007.6
- (9) M. Kakikawa, Y. Oda, S. Sunata, N. Suzuki, K. Kitamura, A. Hattori, M. Iwasaka, S. Ueno, and S. Yamada, Effects of extremely low frequency magnetic fields on osteoclasts and osteoblasts: Development of a new model system using fish scale, The Bioelectromagnetics Society 29th Annual Meeting, Kanazawa, 2007.6
- (10) M. Kakikawa, S. Maeda, R. Hosono, and S. Yamada, Learning behaviors on the nematode *C. elegans* exposed to electromagnetic fields are greatly affected, The Bioelectromagnetics Society 29th Annual Meeting, Kanazawa, 2007.6
- (11) S. Harada and S. Yamada, extremely low frequency magnetic fields affected transcript levels of neuronal genes in *Caenorhabditis elegans*, The Bioelectromagnetics Society 29th Annual Meeting, Kanazawa, 2007.6
- (12) S. Yamada, C. Komkrit, C. Gooneratne, M. Kakikawa, and M. Iwahara, Estimation of magnetite density by needle type giant magnetoresistance probe, The Bioelectromagnetics Society 29th Annual Meeting, Kanazawa, 2007.6
- (13) F. Kobayashi, M. Kakikawa, M. Yamada, B. Chen, G.-Y. Shi, and Y. Iwasaka, Isolation and identification of bioaerosols in a kosa source region, DungHung, The 5th Asian Aerosol Conference, Taiwan, 2007.8
- (14) 西野仁展, B. ホセイン, 山田外史, 岩原正吉, 渦電流探傷によるプリント基板検査のための教師イメージの作成, 平成19年度電気関係学会北陸支部連合大会, 福井, 2007.9
- (15) 浅井良太, 山田外史, 岩原正吉, 磁気マイクロポンプの小型化に向けた構成の最適化, 平成19年度電気関係学会北陸支部連合大会, 福井, 2007.9
- (16) 小多雄太, 柿川真紀子, 鈴木信雄, 山田外史, 岩原正吉, 骨形成におよぼす静磁場効果に関する研究, 平成19年度電気関係学会北陸支部連合大会, 福井, 2007
- (17) C. Gooneratne, K. Chomsuwan, A. Lekawa, M. Iwahara, and S. Yamada, Estimation of Density of Low-concentration Magnetic Fluid by a Needle-Type GMR Sensors for Medical Applications, 第31回日本応用磁気学会, 東京, 2007.9
- (18) T. Somsak, K. Chomsuwan, S. Yamada, and M. Iwahara, Underground Water Velocity Measurement by Magnetoresistance Sensor, 第31回日本応用磁気学会, 東京, 2007

- (19) 小多雄太, 鈴木信雄, 山田外史, 柿川真紀子, 北村敬一郎, 服部淳彦, 骨形成におよぼす交流磁界効果, 第31回日本応用磁気学会, 東京, 2007. 9
- (20) 四辻和也, 山田外史, 岩原正吉, 配電系統向け2kVA級積鉄心型磁気式限流器とその特性, 第31回日本応用磁気学会, 東京, 2007. 9
- (21) T. Maki, S. Susuki, F. Kobayashi, M. Kakikawa, M. Yamada, T. Higashi, C. Hong, Y. Toubou, H. Hasegawa, K. Ueda, and Y. Iwasaka, Composition of halophilic bacteria survived in bioearosol, BioMicroWorld2007, Spain, 2007.11
- (22) S. Yamada, High-spatial-Resolution Magnetic-Field Measurement by Giant Magnetoresistance Sensor-Applications to Nondestructive Evaluation and Biomedical Engineering, International Conference on Sensing Technology, Plamerston North, New Zealand, 2007.11
- (23) C. Gooneratne, A. Lekawa, M. Iwahara, M. Kakikawa, and S. Yamada, Novel Needle Type GMR Sensor Application, in Hyperthermia Therapy, International Conference on Sensing Technology, Plamerston North, New Zealand, 2007.11
- (24) 山田外史, 鈴木宏尚, 柿川真紀子, 松本有加, 岩原正吉, 超磁歪駆動キャビテーション発生装置によるラジカル発生の検証, 平成20年 電気学会全国大会, 福岡, 2008. 3
- (25) 山田外史, 長野勇, 長江英夫, 誘導加熱によるハイパーサーミアと磁性微粒子の低侵襲計測, 平成20年 電気学会全国大会, 福岡, 2008. 3
- (26) 北田亮平, 山田外史, 岩原正吉, 永久磁石界磁2極3スロット型小型直流電動機のモデル化とその数値解析法, 電気学会 マグネティクス研究会, 金沢, 2008. 3
- (27) 有馬浩史, 山田外史, 岩原正吉, 山崎裕也, マルチGMRプローブによる金属丸棒の軸偏心の検査法, 電気学会 マグネティクス研究会, 金沢, 2008. 3
- (28) 田中茂雄, 曹 廷舜, 川口道寛, 山越憲一, 辻本敏行, 光深度分解法による骨密度計測, 日本機械学会北陸信越支部第45期総会・講演会, 福井市, 2008. 3. 8
- (29) 杉浦直樹, 垣尾雅文, 山越憲一, 田中茂雄, 小型光学素子を用いた細胞内Ca²⁺動態観察システム, 日本機械学会北信越学生会第37回学生員卒業研究発表講演会, 福井市, 2008. 3. 7
- (30) 瀧本貴友, 近藤香菜子, 山越憲一, 田中茂雄, 骨格筋電気刺激時に生じる骨内電流密度の解析, 日本機械学会北信越学生会第37回学生員卒業研究発表講演会, 福井市, 2008. 3. 7
- (31) 川口道寛, 曹 廷舜, 辻本敏行, 山越憲一, 田中茂雄, 光空間分解法による骨密度計測に関する研究-皮膚影響除去の検討-, 平成19年度日本生体医工学会北陸支部大会, 金沢市, 2008. 1. 26
- (32) 垣尾雅文, 山越憲一, 田中茂雄, 光を用いた再生骨の非破壊的石灰化モニタリング, 平成19年度日本生体医工学会北陸支部大会, 金沢市, 2008. 1. 26
- (33) 田中茂雄, 垣尾雅文, 杉浦直樹, 山越憲一, 再生骨の光センシング, 第20回バイオエンジニアリング講演会, 東京, 2008. 1. 25-26
- (34) 近藤香菜子, 瀧本貴友, 山越憲一, 田中茂雄, 電氣的筋縮制御を利用した骨の力学刺激法に関する研究, 第34回日本臨床バイオメカニクス学会, 東京, 2007. 12. 7-8
- (35) 垣尾雅文, 杉浦直樹, 山越憲一, 田中茂雄, 光を用いた再生骨の石灰化モニタリング, 第34回日本臨床バイオメカニクス学会, 東京, 2007. 12. 7-8

- (36) 田中茂雄, 曹 廷舜, 山越憲一, 辻本敏行, 光を利用した骨密度計測法の開発—光源移動法による皮膚影響補償—, 第34回日本臨床バイオメカニクス学会, 東京, 2007. 12. 7-8
- (37) S. M. Tanaka, M. Kakio, and K. Yamakoshi, An optical monitoring system for in vitro osteogenesis, Third Asian Pacific Conference on Biomechanics, Tokyo, Japan, 2007. 11. 5-8
- (38) 田中茂雄, 骨の力学的特性評価と骨質, 第25回日本骨代謝学会学術集会, 大阪, 2007. 7. 19-21
- (39) 野川雅道, 河野恵, 田中茂雄, 田中志信, 山越憲一, 打出喜義, 無侵襲胎児酸素飽和度計測に向けた生体深部光電容積信号計測システムの研究開発, 第46回日本生体医工学大会, 仙台市, 2007. 4. 25-27
- (40) 山越健弘, 山越憲一, 田中志信, 野川雅道, 田中茂雄, 広瀬幸雄, 柴田政廣, 澤田幸展, 差分体表面温度に着目した単調運転ストレス評価法に関する基礎的検討, 第46回日本生体医工学大会, 仙台市, 2007. 4. 25-27
- (41) 近藤香菜子, 山越憲一, 野川雅道, 田中志信, 田中茂雄, 骨への力学刺激を目的とした電氣的筋収縮制御, 第46回日本生体医工学大会, 仙台市, 2007. 4. 25-27
- (42) 垣尾雅文, 山越憲一, 田中茂雄, 近赤外強度分解法による再生骨の石灰化モニタリング, 第46回日本生体医工学大会, 仙台市, 2007. 4. 25-27
- (43) 田中茂雄, 野川雅道, 山越憲一, 辻本敏行, 二波長透過型光学式骨密度計測装置の開発, 第46回日本生体医工学大会, 仙台市, 2007. 4. 25-27

5) 研究交流

・共同研究

- (1) 田中茂雄, 株式会社堀場製作所, 研究題目: 近赤外分光法—骨密度計の実用化に向けた研究
- (2) 田中茂雄, 帝人ファーマ株式会社, 研究題目: 培養軟骨細胞における確率共振現象の効果

・訪問外国人研究者

- (1) Francis Dawson, トロント大学 (カナダ), 教授, 研究交流, 2007. 4. 13-15
- (2) Henryka Danuta Stryczewska, ルブリン大学 (ポーランド), 教授, 研究交流, 2007. 9. 2-5

・海外渡航

- (1) 山田外史, 米国, デンバー, QNDE2007, 2007. 7
- (2) 山田外史, ニュージーランド, クライストチャーチ, ICST' 07, 2007. 11
- (3) 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, 2007. 8
- (4) 田中茂雄, タイ, バンコク, 金沢大学アジア人財育成プロジェクト, 2007. 12

6) 各種活動

・学会活動

- (1) 山田外史, マグネティクス技術委員会1号委員, リニアドライブ技術委員会1号委員, 新世代の電気・磁気アクチュエータ調査専門委員会委員, 電気学会マイクロ磁気ドライブ技術調査専門委員会委員,

電気学会マイクロ磁気ドライブ技術とその応用調査専門委員会委員，生体および医療における磁気利用調査専門委員会委員，電気学会北陸支部監査委員，日本応用磁気学会編集委員，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長

(2) 田中茂雄，日本生体医工学会北陸支部評議委員

・社会活動

(1) 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

人間環境情報研究部門

1) 学術論文

- (1) 鈴木克徳，持続可能な開発のための教育（ESD）－地域の拠点づくりと大学が果たすべき役割．*国際理解教育シンポジウム in Miyagi 報告書*，101-108（2008）
- (2) M. Aniya, H. Enomoto, T. Aoki, T. Matsumoto, P. Skvarca, G. Barcaza, R. Suzuki, T. Sawagaki, N. Sato, E. Isenco, S. Iwasaki, H. Sala, A. Fukuda, K. Satow, and R. Naruse, Glaciological and geomorphological studies at Glacier Exploradores, Hielo Patagonico Norte, and Glacier Perito Moreno, Hielo Patagonico Sur, South America, during 2003-2005 (GRPP03-05). *Bulletin of Glaciological Research*, 24, 95-107 (2007)

2) 総説・資料・報告書

- (1) 鈴木克徳，北西太平洋地域海行動計画（NOWPAP）における越境大気汚染とその日本海への影響関連活動に関する研究報告書
- (2) 鈴木克徳（分担執筆），中国における廃棄物資源管理能力向上に関する政策研究報告書
- (3) 青木賢人，長尾朋子，北陸河川における伝統的治水工法の機能および住民との関わりに関する基礎調査．「北陸地域の活性化」に関する研究助成事業論文集（第11回平成18年度），財団法人北陸建設弘済会，83-88（2007.5）
- (4) 青木賢人，2007年能登半島地震による被害と復興－現地調査と漁業者に対するアンケートから－．第57回石川県五学会連合研究発表会研究発表要旨各学会のあゆみ．*加能民俗の会・石川郷土史学会・北陸史学会・石川地理学会・石川考古学研究会*，17-16（2007.12）
- (5) 青木賢人，林紀代美，能登半島地震現地報告．*地理*，52(7)，50-57+口絵（2007.7）
- (6) 青木賢人，高等学校地理A・B教科書にみる「地理情報」と「GIS」．*GIS NEXT*，20，78（2007.07）

3) 著書

- (1) 青木賢人，「世界遺産」から自然環境を考える－白神山地を事例に－．『東京学芸大学地理学会シリーズ3 日本の諸地域を調べる』．上野和彦，高橋日出男 編，古今書院，150 ページ，32-38. (2007. 7)

(分担執筆)

- (2) 青木賢人, 6. 世界における氷河の後退, 26. 南北アメリカの氷河の消長, 67. 日本の氷河地形の保全. 『図説 世界の地域問題』. 漆原和子, 藤塚吉治, 松山 洋, 大西宏治 編, ナカニシヤ出版, 174 ページ, 12-13, 52-53, 134-135. (2007.10) (分担執筆)
- (3) 青木賢人, 9. 第四紀と氷河時代. 『地理学基礎シリーズ2 自然地理学概論』. 高橋日出男, 小泉武栄 編, 朝倉書店, 173 ページ, 87-97. (2008.2) (分担執筆)

4) 学会発表

- (1) 青木賢人, 林紀代美, 能登半島地震発生時の住民行動と津波防災への展望. 金沢大学能登半島地震学術調査部会第2回報告会 講演要旨集, 3-4, 金沢大学, 2008.3
- (2) T. Oguchi, K.S. Kataoka, W. Morishima, T. Aoki, and R. DeRose, Landforms, vegetation and sediment transport in Pinatubo Volcano, the Philippines. Abstracts, Convegno Internazionale, Ricostruzione delle Scene Culturali e Naturale delle Zone Danneggiate con L'eruzioni Vulcaniche, Tokyo, Japan, 14, 2008.2
- (3) 青木賢人, 能登半島地震発生時の住民行動と今後の津波防災への展望. 北淡活断層シンポジウム2008 「近畿地方を襲う近未来の大地震と防災」講演要旨集. 37-40. (北淡震災記念公園セミナーハウス), 2008.1
- (4) 青木賢人, 2004年7月福井豪雨災害発生の洪水流向と堆積物. 2007年度 空間情報科学研究センター シンポジウム - CSIS DAYS 2007 - 研究アブストラクト集, 17. (東京大学 CSIS), 2007.11
- (5) 青木賢人, 森島 濟, 片岡香子, 小口 高, フィリピン・ルソン島中部タルラック (Tarlac) 川における河畔林の砂防効果 - ピナトゥボ火山からのラハールの制御 -. 日本地理学会発表要旨集, 72, 137, 熊本大学, 2007.9
- (6) 青木賢人, 林紀代美, 2007年能登半島地震発生時における住民の意識と災害回避行動-被災地の中学生および保護者に対するアンケート調査より-. 日本地理学会発表要旨集, 72, 78, 熊本大学, 2007.9
- (7) 林紀代美, 青木賢人, 地域環境特性に基づいた住民に対する防災教育支援-2007年能登半島地震での津波対応状況を踏まえて-. 日本地理学会発表要旨集, 72, 150, 熊本大学, 2007.9
- (8) 長尾朋子, 青木賢人, 北陸地方における伝統的治水工法を利用した治水対策の現況. 日本地理学会発表要旨集, 72, 139, 熊本大学, 2007.9
- (9) 青木賢人, 日本アルプスにおける涸沢期の細分化と数値年代. 千葉県立中央博物館 2007年春の展示「山の科学画」 - 五百沢智也の描く山岳鳥瞰図の世界 - 開催記念シンポジウム 五百沢智也と氷河・氷河地形研究, 日本の氷河地形研究における五百沢前・五百沢後. 配付資料, 千葉県立中央博物館, 2007.4.22

5) 招待講演など

- (1) 鈴木克徳, Interlinkage with some other international initiatives, Seventh session of the scientific advisory committee, Acid deposition monitoring network in East Asia, Manila,

Philippines, 2007.10.12

- (2) 鈴木克徳, 「国連持続可能な開発のための教育の10年」と地域の拠点づくり, 愛媛大学, 2007.10.21
- (3) 鈴木克徳, 持続可能な開発のための教育 (ESD) について, 日本ユネスコ協会連盟第13回評議員会特別講演, 東京大手町サンスカイルーム, 2007.11.17
- (4) 鈴木克徳, Towards Promotion of the Decade of Education for Sustainable Development (DESD), The7th China/Japan/Korea- Tripartite Joint Environmental Training Program, 環境省環境調査研修所, 2007.11.30
- (5) 鈴木克徳, 持続可能な開発のための教育 (ESD) について, 国際理解シンポジウム in Miyagi ESDセッション, 宮城教育大学, 2007.12.8
- (6) 鈴木克徳, Factors for effective policy implication, Assignment for control strategy and mitigation measures, The Third Country Training on Control Strategies and Mitigation Measures, Environmental Research and Training Center, Bangkok, Thailand, 2008.1.31
- (7) 鈴木克徳: ESDセッション座長, 名古屋大学国際シンポジウム, 2008.2.3
- (8) 鈴木克徳, 宮城教育大学アジア若者RCE会議座長, 宮城教育大学, 2008.2.17
- (9) 鈴木克徳, 環境問題: 今地球が直面している危機, 能登里山マイスター地域支援講座, 能登空港会議室, 2008.2.29
- (10) 鈴木克徳, 能登における持続可能な開発のための教育 (ESD), 能登里山マイスター講座, 金沢大学能登学舎, 2008.3.1
- (11) 鈴木克徳, 国連大学高等研究所・九州大学ジョイントセミナーパネル・ディスカッションのコーディネーター, 九州大学, 2008.3.18
- (12) 青木賢人, 林紀代美, 能登半島地震から学ぶ地域防災力の向上. 金沢市自主防災・婦人防火クラブ合同研修会, 金沢市中央消防所, 2008.2.17
- (13) 青木賢人, 南米パタゴニア地域における第四紀環境変遷研究の可能性. 寒冷地形談話会12月例会, 立正大学大崎校舎, 2007.12.15
- (14) 青木賢人, 2007年能登半島地震による被害と復興ー現地調査と漁業者に対するアンケートからー. 第57回石川県五学会連合研究発表会, 石川県立図書館, 2007.12.2
- (15) 青木賢人, 環境保全についてー身近な環境を守ろうー. 能美市環境講座, 能美市辰口福祉会館, 2007.10.30
- (16) 青木賢人, 石川の自然と暮らし. 平成19年度クリエイティブライフ講座Bコース, 石川県立生涯学習センター, 2007.9.11
- (17) 青木賢人, 石川県の母なる川ー手取川ー. シティカレッジ公開講座いしかわ学いしかわの「自然環境」シリーズ, 石川県立生涯学習センター, 2007.9.9
- (18) 青木賢人, 地球温暖化の恐怖. 生涯学習まちづくりふるさと講座, 能美市立寺井図書館, 2007.6.19

6) 研究交流

・海外渡航

- (1) 鈴木克徳, バンコク, EANET作業部会出席, 2007.9.11-15

- (2) 鈴木克徳, マニラ, EANET 科学諮問委員会出席, 2007. 10. 6-13
- (3) 鈴木克徳, ビエンチャン, EANET 政府間会合出席, 2007. 11. 18-21
- (4) 鈴木克徳, バンコク, JICA 第 3 国研修講師, 2008. 1. 29-2. 1
- (5) 鈴木克徳, 中国, 環境省 3R プロジェクト調査 (武漢～北京～青島), 2008. 3. 3-9
- (6) 青木賢人, チリ共和国・北パタゴニア氷原 Baker 川調査 (科学研究費分担者として調査に参加), 2007. 12-2008. 1
- (7) 青木賢人, フィリピン共和国・ピナツボ火山周辺の環境調査 (科学研究費分担者として調査に参加), 2008. 2-3
- (8) 青木賢人, チリ共和国・サンティアゴ市における資料収集 (学長戦略経費重点研究経費による調査), 2008. 3

・客員教授

- (1) 鈴木克徳, 国連大学高等研究所
- ・非常勤講師
- (1) 青木賢人, 星陵大学, 福井大学

7) 各種活動

- (1) 鈴木克徳, 岡山大学 UNESCO 講座評議員, 立教大学 ESD 研究センター統括チーム
- (2) 青木賢人, 日本地理学会, 代議員 2004～現在, 広報専門委員会委員 2004～現在, 災害対応委員会委員 2006～現在, 石川県 白山高山帯保全対策指針検討会 検討委員 2003/10/21～現在

環境防災研究部門

1) 学術論文

- (1) 弁納才一, 近代山東省における粉条の生産から見た中国農村経済の特質. 金沢大学経済学部論集, 28(1), 161-182 (2007)
- (2) 弁納才一, 日中戦争期中国における食糧事情に関する資料調査の報告. 金沢大学経済学部論集, 28(1), 265-293 (2007)
- (3) 弁納才一, なぜ食べるものがないのかー汪精衛政権下中国における食糧事情. 弁納才一, 鶴園裕『東アジア共生の歴史的基礎ー日本・中国・南北コリアの対話』御茶の水書房, 65-88 (2008)
- (4) 弁納才一, 近代中国の農村経済と食糧事情. 山川出版社『歴史と地理ー世界史の研究』, 611, 47-50 (2008)
- (5) 弁納才一, ドイツ・ベルリン訪問とドイツの近現代史に対する認識について考えたこと. 金沢大学経済学部論集, 28(2), 333-340 (2008)

人文社会研究部門

1) 学術論文

- (1) Кадзикава С. Почему был введен НЭП ? В Кн.: Государственная власть и крестьянство в XX- начале XXI века. Коломна, 2007.

2) 学会発表

- (1) 梶川伸一, 「なぜネップは導入されたのか」, ロシア共和国モスクワ州コロムナ国立教育大学における『20世紀から21世紀初頭における国家権力とロシア農民』に関する国際学会

5. 研究費

地球環境計測部門

1) 科学研究費

- (1) 柏谷健二（代表），基盤研究(A)，陸域堆積物情報に基づく新生代後期氷河時代の成立と氷期・間氷期・超間氷期変動，12,100 千円
- (2) 福士圭介（代表），若手（スタートアップ），モンゴル・フブスグル湖沼堆積物に認められるモノハイドロカルサイトの生成と安定性，890 千円
- (3) 小村和久（代表），特別研究，極低レベル放射能測定による新領域の開発と全国共同利用微弱放射能測定拠点の形成，6,800 千円
- (4) 山本政儀（代表），基盤研究(C)，放射性核種を利用した環境変動解析：湖底堆積物中のウラン・トリウム同位体，2,210 千円
- (5) 山本政儀（代表），基盤研究(B)，旧ソ連核実験場周辺住民の被曝線量評価の解決に向けて，6,500 千円
- (6) 井上睦夫（代表），基盤研究(C)，短寿命宇宙線誘導核種をトレーサーとする水文科学研究，3,510 千円

2) 研究助成金等

- (1) 長谷部徳子，2007 年度，稲盛財団研究助成金，放射年代測定による環境変動情報の精密化，1,000 千円
- (2) 福士圭介，(財)三谷研究開発支援財団，研究助成，有害一価陰イオン（フッ素・ヨウ素）の鉄酸化物への吸着挙動と予測モデルの作成，900 千円
- (3) 小村和久（代表），学長戦略経費（重点研究経費），極低レベル放射能測定による新領域の開発と全国共同利用微弱放射能測定拠点の形成，9,800 千円

3) 受託研究費等

- (1) 福士圭介，長谷部徳子，遠藤徳孝，(財)原子力環境整備促進・資金管理センター，放射性廃棄物重要基礎技術研究調査研究，鉄-ベントナイト相互作用のナチュラルアナログ研究，5,000 千円
- (2) 小村和久，浜島靖典，気象研究所受託研究，海洋環境における放射性核種の長期挙動に関する研究，8,253 千円
- (3) 小村和久，井上睦夫，石川県受託研究，極低レベル放射能の検出方法の開発と実証に関する基礎研究，2,000 千円
- (4) 浜島靖典，若狭湾エネルギー研究センター共同研究，放射性同位元素分析によるズワイガニの年齢評価，525 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 (分担), 基盤研究 (C), 揺動翼方式によるジャイロ型垂直軸風車の性能改善と騒音低減に関する研究, 800 千円
- (2) 木村繁男 (分担), 基盤研究 (C), 実用プラント配管内構造物の流力振動評価と学会基準・指針の統括的検討, 800 千円
- (3) 木村繁男 (分担), 基盤研究 (B), 雲から地上までの3次元水蒸気分布計測とレーダー降雪観測への応用, 10,000 千円
- (4) 塚脇真二 (代表), 基盤研究 (B), カンボジアのアンコール遺跡区域における環境破壊・汚染の現状と影響評価, 13,800 千円
- (5) 塚脇真二 (分担), 萌芽研究, 湿潤アジアの'伝統的なホームガーデン'を素材とした環境学習プログラムの創出, 1,200 千円
- (6) 塚脇真二 (分担), 基盤研究 (B), 東南アジア地域の天然ゴムプランテーションで発生する大気汚染物質の特性と影響評価, 2,800 千円

2) 共同研究費

- (1) 木村繁男 (代表), 矢崎総業株式会社「熱振動式超小型フローセンサーの開発研究」, 500 千円

3) 奨学寄付金

- (1) 岩坂泰信 (代表), 鉄鋼財団, 1,500 千円
- (2) 木村繁男 (代表), 太平洋工業株式会社, 500 千円
- (3) 木村繁男 (代表), 株式会社エオネックス, 500 千円

4) その他

- (1) 岩坂泰信 (代表), 金沢大学 FS0 重点プログラム研究, 5,000 千円
- (2) 塚脇真二 (分担), 日本学術振興会二国間交流事業 タイ (NRC T) との共同研究「天然ゴムスモークシート製造に伴う環境汚染の現状評価と対策」
- (3) 塚脇真二 (分担), 総合地球環境学研究所, FSプロジェクト「伝統的農法・生活様式の保全 (オンファーム保全) の評価」
- (4) 塚脇真二 (代表), 平成 19 年度金沢大学学長裁量経費 (重点研究経費) 重点研究・海外共同研究「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のための予備調査, 800 千円
- (5) 塚脇真二 (代表), 平成 19 年度金沢大学日本海域研究助成「金沢大学角間キャンパスにおける地学散策/地層観察ルート策定のための予備調査」, 200 千円
- (6) 塚脇真二 (代表), 平成 19 年度金沢大学 ICT 重点教材作成資金, 300 千円

生物多様性研究部門

1) 科学研究費

- (1) 笹山雄一（代表），基盤研究(C)，ヒゲムシと化学合成細菌の共生：宿主細胞による細菌の支配の解明に向けて，600 千円。
- (2) 鈴木信雄（代表），基盤研究(C)，新規硬組織モデルによる骨・歯の疾患に対する超音波治療方法の開発，700 千円。

2) 受託研究費

- (1) 鈴木信雄（代表），独立行政法人 科学技術振興機構 平成19年度「シーズ発掘試験」，新規インドール化合物による骨粗鬆症治療薬の研究開発，2,000 千円。

3) その他

- (1) 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，797 千円。

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），分子標的ナノ粒子を用いた診断と治療を同時に行う超音波力学的がん治療，7,670 千円
- (2) 清水 宣明（代表），特定領域研究，機能性バイオ融合ナノ粒子と超音波化学をカップリングした新規がん治療，4,800 千円
- (3) 清水 宣明（代表），萌芽研究，機能性生体分子を配向した光触媒ナノ粒子の創製とその医療応用，1,200 千円
- (4) 柿川真紀子（代表），若手研究(B)，磁場と抗がん剤の併用療法に関する基礎的研究，1,200 千円
- (5) 柿川真紀子（分担），地球環境総合推進費，黄砂バイオエアロゾルの越境的健康被害調査のためのサンプリング・同定に関する研究，9,100 千円
- (6) 田中茂雄（代表），基盤研究（C），ひずみ誘導型液体流動を用いた力学刺激適応型再生骨培養システムの開発，1,400 千円

2) 共同研究費

- (1) 田中茂雄（代表），帝人ファーマ株式会社，培養軟骨細胞における確率共振現象の効果，800 千円

3) 奨学寄付金

- (1) 山田外史（代表），有限会社テクノシステム，500 千円

4) その他

- (1) 山田外史（代表），財団法人電子回路基盤技術振興財団，工学部の研究教育助成のため，1,000 千円
- (2) 柿川真紀子（代表），金沢大学重点研究費，抗がん剤と磁場の併用曝露システムの構築，550 千円
- (3) 田中茂雄（代表），財団法人立石科学技術振興財団平成 19 年度研究助成，骨粗鬆症性骨折予防を目的とした筋刺激用エレクトロニクスデバイスの開発」2,500 千円

人間環境情報研究部門

1) 科学研究費

- (1) 青木賢人（分担），特別研究促進費，「過疎・超高齢化地域での地震による生活被害実態の解明と人間・地域の復興のための調査研究」，10,220 千円
- (2) 青木賢人（分担），基盤研究(A)，「南米・パタゴニア氷原の完新世の古環境の復元と氷河変動メカニズムの解明」320,000 千円
- (3) 青木賢人（分担），基盤研究(A)，「陸域堆積物情報に基づく新生代後期氷河時代の成立と氷期・間氷期・超間氷期変動」，26,650 千円
- (4) 青木賢人（分担），特定領域研究，「火山噴火罹災地の文化・自然環境／研究項目 A-07 火山噴火罹災地の歴史的庭園復元・自然環境変遷とランドスケープの保全活用」，1,177,828 千円／115,400 千円

2) その他

- (1) 鈴木克徳（代表），環日本海域環境研究センター日本海域研究助成「北西太平洋地域海行動計画（NOWPAP）における越境大気汚染とその日本海への影響関連活動に関する研究」，197 千円
- (2) 鈴木克徳（分担），廃棄物処理等科学研究費補助金（環境省）中国における廃棄物資源管理能力向上に関する政策研究－地域循環システム実現のための地方における廃棄物資源管理の実効性と地域社会浸透（分担金配分なし）
- (3) 青木賢人，白山自然保護調査研究会，研究費補助金「手取川上流域の浮流土砂量の変化と規定要因」，100 千円
- (4) 青木賢人，学長戦略経費，重点研究経費「南米パタゴニア地域における後期更新世以降の環境変動史」，500 千円
- (5) 青木賢人（分担），国土地理協会，学術研究助成事業「平成 19（2007）年能登半島地震における災害回避行動と防災教育」，930 千円

6. 研究指導

地球環境計測部門

1) 博士論文

- (1) 浜島靖典, 液体および固体中の環境中性子深度分布及びエネルギー分布, 自然科学研究科環境科学専攻, 博士 (理学), 小村和久
- (2) 山口 芳香, 大気環境動態のトレーサーとしての ^{210}Po , ^{210}Pb および ^7Be の高解像度観測, 博士 (理学), 小村和久, 山本政儀
- (3) 安池賀英子, 樹木年輪及び大気 CO_2 の ^{14}C 濃度の時間的空間的変動に関する研究, 自然科学研究科環境科学専攻, 博士 (理学), 小村和久, 山本政儀
- (4) 安田健一郎, 保障措置のための放射線計測システムの開発, 博士 (理学), 小村和久, 山本政儀

2) 修士論文

- (1) 糸野妙子, 琵琶湖周辺における過去 2000 年間の水文環境変動, 自然科学研究科地球環境学専攻, 修士 (理学), 柏谷健二
- (2) 伊藤一充, Luminescence dating of fine-grained sediments from Lake Baikal, 自然科学研究科地球環境学専攻, 修士 (理学), 長谷部徳子
- (3) 伊藤健太郎, Counting of fission tracks in volcanic glass using image processing, 自然科学研究科地球環境学専攻, 修士 (理学), 長谷部徳子

3) 卒業研究

- (1) 守屋則孝, 地震及び地形特性と斜面崩壊, 理学部地球学科, 学士 (理学), 柏谷健二
- (2) 郁芳随徹, ジルコンフィッション・トラック法を用いた茂住祐延断層付近の岩石の熱史の分析, 理学部地球学科, 学士 (理学), 長谷部徳子
- (3) 稲垣有香, 雲仙火山岩類のジルコンを用いた U-Th 年代測定, 理学部地球学科, 学士 (理学), 長谷部徳子
- (4) 佐藤 隆, 湧水起源チャネルの avulsion に関する浸透型水路実験, 理学部地球学科, 学士 (理学), 遠藤徳孝
- (5) 松山佳弘, 海水準変動によるチャネル発達過程への影響に関する水槽実験, 理学部地球学科, 学士 (理学), 遠藤徳孝
- (6) 永田貴洋, フェリハイドライトによるヨウ素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
- (7) 福本寛人, フブスグル湖湖沼堆積物の鉍物組成から読み取る湖水環境の変動, 理学部地球学科, 学士 (理学), 福士圭介
- (8) 宗本隆志, モノハイドロカルサイトの生成と安定性, 理学部地球学科, 学士 (理学), 福士圭介
- (9) 古沢優太, Anticoincidence 法を用いた Ge 検出器のバックグラウンド低減, 理学部化学科, 学士

(理学), 山本政儀

- (10) 美濃健太, 湖底堆積物中のウラン・トリウム同位体: モンゴル・フブスグル湖, 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) 博士論文

- (1) 金岡佳充, 周期加熱法を用いた MEMS フローセンサによる流速測定法の研究, 博士 (工学), 木村繁男
- (2) 當房 豊, Microphysics of aerosols and clouds in the upper troposphere and lower stratosphere within the Tibetan anticyclone, 博士(理学), 岩坂泰信

2) 修士論文

- (1) 海野俊太郎, 安定成層山越え気流における大気汚染物質の移流・拡散シミュレーション, 自然科学研究科機械科学専攻, 修士 (工学), 木村繁男
- (2) 上野正彦, 鉛直冷却円筒周りの水の凝固に関する研究, 自然科学研究科機械科学専攻, 修士 (工学), 木村繁男
- (3) 高道勇成, 森林および果樹園環境における乱流構造に関する研究, 自然科学研究科機械科学専攻, 修士 (工学), 木村繁男

3) 卒業研究

- (1) 藤岡佑平, 二つの異なる植生内流れの乱流構造特性に関する研究, 工学部機能機械工学科, 学士 (工学), 木村繁男
- (2) 根上 司, 相互相関法を用いた上空大気の風速測定手法に関する研究, 工学部機能機械工学科, 学士 (工学), 木村繁男
- (3) 本荘仁史, 垂直円筒表面における凝固実験及び解析, 工学部機能機械工学科, 学士 (工学), 木村繁男
- (4) 伊藤恒平, 石川県津幡町南部九折～富山県小矢部市北西部安楽寺地域の地質, 工学部土木建設工学科, 学士 (工学), 塚脇真二
- (5) 浅井健史, 石川県津幡町南部鳥越～九折地域の地質, 工学部土木建設工学科, 学士 (工学), 塚脇真二
- (6) 谷 英治, 富山県小矢部市北西部安楽寺～横谷地域の地質, 工学部土木建設工学科, 学士 (工学), 塚脇真二

生物多様性研究部門

1) 修士論文

- (1) 岡田アキ：環形動物門マシコヒゲムシ (*Oligobrachia mashikoi*) の体前・体中部における EST 解析，自然科学研究科生物科学専攻，修士（理学），笹山雄一
- (2) 山田哲也：環形動物門マシコヒゲムシ (*Oligobrachia mashikoi*) の栄養体の組織化学的・微細構造学的研究，自然科学研究科生物科学専攻，修士（理学），笹山雄一

生体機能計測研究部門

1) 博士論文

- (1) 金平 幸輝，表面修飾による酸化チタンナノ粒子の分散安定性制御と医療・環境分野への応用，自然科学研究科物質科学専攻，博士（工学），清水宣明
- (2) Teerasak Somsak, Conductive Microbead Detection Based on Eddy-Current Technique with Giant Magnetoresistance Sensor, 自然科学研究科電子情報科学専攻，博士（工学），山田外史

2) 修士論文

- (1) 伊藤吉基，放線菌での脂質代謝酵素群の発現系構築に関する研究，自然科学研究科物質工学専攻，修士（工学），山田外史
- (2) 笹井良祐，機能性二酸化チタン・ナノ粒子を用いたがん治療の基礎研究，自然科学研究科物質工学専攻，修士（工学），清水宣明
- (3) 崎山和亨，二酸化チタン/超音波触媒法による過酸化水素生成機構の解析，自然科学研究科物質工学専攻，修士（工学），清水宣明
- (4) 吉野和慶，放線菌でのタンパク質生産に関する遺伝子工学的研究，自然科学研究科物質工学専攻，修士（工学），清水宣明
- (5) 四辻 和也，低圧配電系統向け 2kVA 級積鉄心型磁気式限流器の試作と動作解析，自然科学研究科電子情報科学専攻，修士（工学），山田外史
- (6) 浅井 良太，点滴装置への応用を目的とした磁気マイクロポンプの小型化と高出力化に関する研究，自然科学研究科電子情報科学専攻，修士（工学），山田外史
- (7) 西野 仁展，マイクロわず電流探傷技術によるプリント基板検査に用いる教師イメージの生成に関する研究，自然科学研究科電子情報科学専攻，修士（工学），山田外史
- (8) 小多 雄太，骨モデルとしてのキングョのウロコにおよぼす磁場効果に関する研究，自然科学研究科電子情報科学専攻，修士（工学），山田外史，柿川真紀子
- (9) 川口道弘，近赤外空間分解法による非侵襲骨密度計測に関する研究，自然科学研究科人間・機械科学専攻，修士（工学），田中茂雄

3) 卒業研究

- (1) 竹田智文, 原子間力顕微鏡を用いた DNA アプタマーの選抜, 工学部物質化学工学科, 学士(工学), 清水宣明
- (2) 河端伸哉, 二酸化チタン・超音波触媒法によるアオコの不活性化, 工学部物質化学工学科, 学士(工学), 清水宣明
- (3) 大島周平, 肝細胞認識二酸化チタン・ナノ粒子の免疫組織学的研究, 工学部物質化学工学科, 学士(工学), 清水宣明
- (4) 金田壺彦, 原子間力顕微鏡を用いた生体分子間結合力の力学的測定, 工学部物質化学工学科, 学士(工学), 清水宣明
- (5) 仲野 圭祐, 二酸化チタン・超音波触媒法による OH ラジカル生成機構の解析, 工学部物質化学工学科, 学士(工学), 清水宣明
- (6) 北澤 瑞喜, 磁気式限流器における漏れ磁束が限流特性に及ぼす影響, 工学部電気電子システム工学科, 学士(工学), 山田外史
- (7) 北田 亮平, CAI プログラム開発のための 2 極 3 スロット集中定数形電動機モデル, 工学部電気電子システム工学科, 学士(工学), 山田外史
- (8) 鈴木 俊英, 大型球面プローブの積層化と 3 次元磁界分布測定の自動化 (山田外史), 工学部電気電子システム工学科, 学士(工学), 山田外史
- (9) 村地 徹, インペラ形状による磁気マイクロポンプの性能の評価, 工学部電気電子システム工学科, 学士(工学), 山田外史
- (10) 石黒 翔, 磁気計測による体内磁性体濃度の推定精度の検証, 工学部電気電子システム工学科, 学士(工学), 山田外史
- (11) 宇野 彰吾, うず電流探傷技術によるプリント配線の要素パターンの磁気イメージの測定, 工学部電気電子システム工学科, 学士(工学), 山田外史
- (12) 大杉 一也, 骨モデルとしてのキンギョのウロコにおける交流磁界の影響評価, 工学部電気電子システム工学科, 学士(工学), 山田外史, 柿川真紀子
- (13) 藤畑 貴史, 抗がん剤の作用における交流磁界の影響評価, 工学部電気電子システム工学科, 学士(工学), 山田外史, 柿川真紀子
- (14) 曹 廷舜, 光深度分解法による骨密度計測, 工学部人間・機械工学科, 学士(工学), 田中茂雄
- (15) 瀧本貴友, 骨格筋電気刺激による骨形成促進効果に関する研究, 工学部人間・機械工学科, 学士(工学), 田中茂雄
- (16) 杉浦直樹, 再生骨石灰化促進における力学刺激効果を評価する簡易的光システムの開発, 工学部人間・機械工学科, 学士(工学), 田中茂雄

人間環境情報研究部門

1) 修士論文

- (1) 山中玲, 加越海岸における海岸線の変化とその要因について, 文学研究科地理学専修, 修士 (文学), 青木賢人

2) 卒業研究

- (1) 大井将大, 手取川流域の水質形成評価, 文学部史学科地理学コース, 学士 (文学), 青木賢人

7. その他

エコテクノロジー研究部門

1) 新聞等報道

(1) 木村繁男：

- ・報道関係（新聞）

2007年11月11日：「井戸の日」パネルディスカッション，北國新聞

(2) 岩坂泰信：

- ・報道関係（新聞）

2007年6月4日：光化学スモッグ・黄砂越境説，北国新聞

2007年7月6日：‘07北陸アカデミー，毎日新聞

- ・報道関係（週刊誌）

2007年4月19日：「中国の黄砂」はやっぱり「汚染」されてるらしい，週刊新潮

(3) 塚脇真二：

- ・報道関係（新聞）

2008年3月18日：日本カンボジア外交関係樹立55周年記念講演会「トンレサップ湖は7500年前に出現」，ラズメイ・カンブチア（カンボジア）

- ・報道関係（テレビ）

2008年3月18日：日本カンボジア外交関係樹立55周年記念講演会，ニュース，National Television of Cambodia（TVK，カンボジア）

人間環境情報研究部門

1) 新聞等報道

(1) 青木賢人：

- ・報道関係（新聞）

2008年2月18日：地震の備え万全に：北國新聞

2008年2月18日：能登半島地震教訓に：北陸中日新聞

2008年2月18日：情報共有し強い地域に：毎日新聞（金沢版）

2007年6月12日：輪島の沿岸地区 中学生・保護者に金大調査：北陸中日新聞

- ・報道関係（テレビ）

2007年12月22日：「心に響け，エコライフ！」：石川テレビ（石川ローカル）

- ・出版協力

2007年11月：『別冊アクタス 警告 北陸大震災－あなたは生き残れるか－』，北國新聞社.

(2) 鈴木克徳：

鈴木が委員として参加した外務省有識者会議（環境・気候変動分野の開発協力に係る有識者会議）の提言が、日本政府により、気候変動枠組条約第13回締約国会議（2007年12月、バリ）、G8開発大臣会合（2008年4月東京）に際し発表された。

研究報告

琵琶湖周辺における過去 2000 年間の水文環境変動

糸野妙子¹, 柏谷健二²

¹〒920-1192 金沢市角間町 金沢大学大学院自然科学研究科

²〒920-1192 金沢市角間町 環日本海域環境研究センター

T. Itono and K. Kashiwaya

Hydro-environmental fluctuations around Lake Biwa during the past 2000 years

1. はじめに

産業革命以後、温室効果ガスの排出の増加や森林伐採等人間活動に伴った地球温暖化が懸念されている。そして、実際の観測記録や、年輪（例えば Mann et al., 1999; Jacoby et al., 1996; Sweda, 1994）、氷床コアなどにも、気温の上昇が記録されている。非常に複雑に環境要因が作用しあっている気候変動の今後を予測するためには、過去の環境変動や気候変動を支配する要因についての理解が重要である。湖沼堆積物はその起源の特定が比較的容易であり、堆積速度が海洋底堆積物よりも速いという特徴から、地域的な変動や解像度の高いデータが得られるという利点があり、環境プロセスと変化に関する情報を同時に提供する可能性を示している。また、水文環境に関する情報も含む数少ない代替資料のひとつである。この観点から、本研究では日本のほぼ中央に位置し、世界有数の長期間の記録を高解像度で保存している琵琶湖地域を研究対象地域に選び、いくつかの湖沼堆積物を採取した。

本研究では、琵琶湖地域における過去 2000 年間の水文環境変動を湖沼堆積物の物理量から解明し、そのプロセスを検討もする。とりわけ、中世温暖期・小氷期・現代の環境を比較し、その相違等について検討する。観測時代については、主として観測資料との比較を行うことで、観測に基づく環境変動と湖沼堆積物の物理量の関係を考察する。

2. 研究対象地域

琵琶湖は、滋賀県の中央部に位置し日本最大の面積をもつ湖である。詳細は、面積 674 km²、集水域 3848km²、最大幅 22.8km、最小幅 1.35km、最大水深 103.6m、平均水深 41m、貯水量 275 億 m³、海拔 86m の淡水湖で、鮮新世（5.2Ma）以降の造盆地運動によって形成された、日本最古の湖である。琵琶湖へ直接流入する河川は 121 本なのに対して、流出河川は瀬田川と人口河川（琵琶湖疎水）のみなので準閉塞湖といえる。滋賀県は、日本海岸気候区と、太平洋気候区の両方の影響を受ける地域である。年間降水量（1980～2006 年統計）は、北部の柳ヶ瀬で 2685mm、南西部の天津で 1562mm を示しており、特に冬季に北部は降雪地域であるが南部は降水量が少なく、南北間での降水量の差が著しく大きい。淡海池は琵琶湖集水域内の 1934 年に竣工されたダム湖である。

琵琶湖の 5 地点、淡海池の 2 地点で堆積物コア試料を採取した。琵琶湖内の T1 地点は余呉湖で行われた先行研究（寫田ほか., 2002）の結果と比較するにも好都合である。その他の採取地点は、いずれも琵琶湖への流入量が多い流入河川付近の、流域の水文環境変動の影響が考えられる地点を選んだ。余呉湖は滋賀県北部に位置する、面積 1.74km²、集水域 35.37km²、最大水深 13.0m、平均水深 7.4m、標高 132m の淡水湖である。

3. 試料と分析項目

琵琶湖と淡海池で、16～84cm の表層コア 8 本と、4m コア（T1 地点）を採取した。分割間隔は、表

層コアは 0.5cm と 1.0cm. 4m コアは 2cm である. 分析項目は, 含水率, 粒子粒径 (全岩粒径, 鈳物粒径), 有機物, 生物起源シリカ, 塩酸可溶物および鈳物含有率, 粒子密度, ^{137}Cs 放射能濃度, ^{210}Pb 放射能濃度, ^{14}C 年代測定.

4. 結果と議論

4.1 年代軸の導入

表層コアは, ^{137}Cs 放射能濃度の変動と ^{14}C 年代から求めた堆積速度を採用して堆積速度が一定と仮定し, 年代を決定する. 4m コアは, 同地点で採取された表層コアと比較することによって, 最上部の深度を補正する. 表層コアの堆積速度を用いて最上部の年代を算出し, ^{14}C 年代を用いて, 堆積速度が一定と仮定して年代を見積もった.

4.2 降水量と鈳物粒子の比較

過去 100 年間の降水強度と, 琵琶湖湖沼堆積物の鈳物粒子の物理量 (粒径, $30\mu\text{m}$ 以上の粒子 (粗粒子) 割合) の変動はよく一致する (図 1). Xiao et al. (1997) を参考にすると, 鈳物粒子の粗粒子は河川の掃流力を反映しており, 粗粒子の有無は, 堆積物供給量の大小に依存すると考えられる.

4.3 特徴的な期間

生物起源シリカ含有率と鈳物粒子の歪度を基準として, 約 AD700~1200 年を中世温暖期, 約 AD1600~1900 年を小氷期とする. 中世温暖期は粒径が比較的大きく, 鈳物含有率と生物生産性が比較的安定しており, 小氷期は細粒であるが局所的に粗粒部があり, 鈳物粒径の歪度の変動が激しい. そして過去 1500 年間を「中世温暖期」, 「移行期間」, 「小氷期」, 「現代」に分類できそうである.

4.4 中世温暖期・移行期間・小氷期・現代の特徴

鈳物粒径は, 降水量の大小に対応するという報告 (寫田ほか., 2002) もあり, 今回の結果もそれを支持するように考えられるので, 鈳物粒子を基準として約 2000 年間の水文環境変動を考察する. それぞれの期間について, 鈳物粒径の粒度分布を平均することで, 標準パターンを作成しピーク分離を行った (図 2). また, 鈳物粒子の時系列変動 (図 3) も考慮すると, 粗粒子割合が中世温暖期から小氷期にかけて徐々に減少する傾向がある. 一方, 小氷期と現代は同程度である. よって, 中世温暖期から小氷期にかけて, 流域物質の流出量が徐々に低下しているとも考えられる. また, 中世温暖期は小氷期よりも比較的多くの流域物質が流入されやすい環境にあったと推測される. 歪度の変動は, 小氷期の水文環境は, 流入量は一般的に少ないが, しばしばパルス的に増加するような環境であり変動が著しいものだったことを示す.

物理量の観点からそれぞれの期間を比較すると, 中世温暖期は他の期間と比べて最も生物生産性が高かったことが示唆された.

4.5 日本における他研究との比較

滋賀県余呉湖, 福井県三方五湖地域内の水月湖で行われた湖沼堆積物を用いた研究 (寫田ほか., 2002; 福沢ほか., 1995) においては, いずれも中世温暖期の方が小氷期よりも湿潤な傾向が示唆された. この結果は, 本研究とも一致する見解である. また, 木曾ヒノキ (*Chamaecyparis obtusa*) と屋久杉 (*Cryptomeria japonica*) を代替資料として用いた研究 (Sweda, 1994; Kitagawa and Matsumoto, 1995) も考慮すると, 中世温暖期は温暖湿潤で, 小氷期は寒冷乾燥であるという可能性がある.

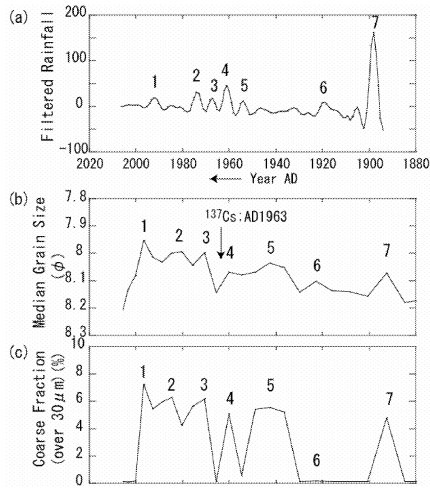


図1 降水強度と鉱物粒子の変動
 (a) 7年の Low cut filter をかけた
 彦根気象台における 100mm 超過年間降水量
 BW05T1-11 コア;(b)鉱物粒径,(c)粗粒子割合

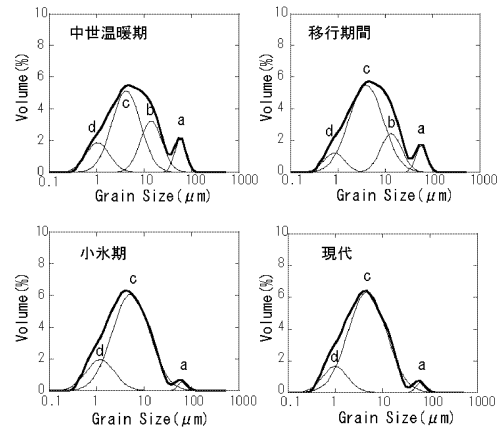


図2 標準パターンのピーク分離

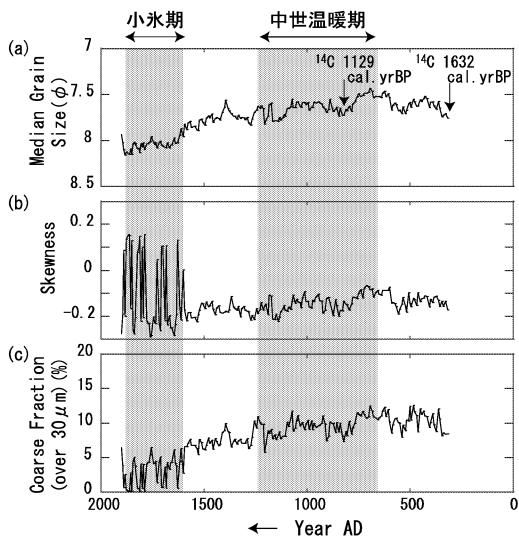


図3 鉱物粒子の時系列変動
 (a)中央粒径,(b)歪度,(c)粗粒子割合

バイカル湖細粒堆積物のルミネッセンス年代測定

伊藤一充¹, 長谷部徳子²

¹〒920-1192 金沢市角間町 金沢大学大学院自然科学研究科 ;

²〒920-1192 金沢市角間町 金沢大学環日本海域環境研究センター

K. Ito and N. Hasebe

Luminescence dating of fine-grained sediments from Lake Baikal

1 はじめに

湖沼堆積物は陸域の過去の環境変動の記録を保持しており、それに年代軸を入れることは、多くの情報を得るために重要である。湖沼堆積物の年代決定は、¹⁴C法や¹³⁷Cs法などから求めた年代と堆積物の物理量変動を合わせることで精度よく行われてきた。しかし、5万年より古いところになるとその年代幅に適応できる手法の少なさから年代を決めるのが困難になる。ルミネッセンス年代測定法は¹⁴C法や¹³⁷Cs法、¹⁰Be法とは異なる地学現象に対応した方法であり、第四紀中～後期の年代決定を得意としている。従来は石英・長石などの単一鉱物に適用されることが多かったが、本研究で用いる湖沼堆積物のコア試料は試料の量が限定され、かつ細粒であるため鉱物分離を施すことは難しい。よって本研究では複合鉱物試料のルミネッセンス年代測定を行い、制約された試料でのルミネッセンス年代測定法の可能性について吟味した。

2 本研究の骨子

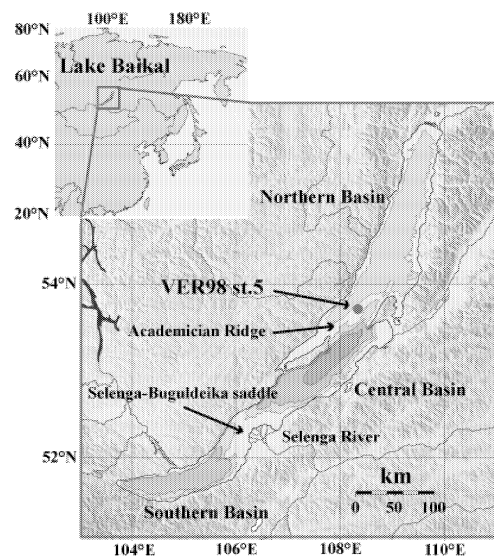
熱による励起で光を得る‘熱ルミネッセンス(TL)’、光による励起で光を得る‘光励起ルミネッセンス(OSL)’を用いる蓄積線量(D_e)の求め方を吟味した上で測定し、異なる方法による D_e の違いから、試料の特性を調べた。また、polymineralを用いたときと従来の石英のみを用いた時の違いも調べた。堆積物を圧縮ペレット化し、U, Th 同位体を測定する方法(住田, 2007MS)を用いて、ルミネッセンス年代測定に必要な放射性同位体濃度を測定した。また、バイカル湖で報告されている放射非平衡(e.g. Sakaguchi et al., 2006)による核種の経年変化、コア試料における圧密による含水率の経年変化を考慮し、年間線量を求め、年代を算出した。最後に、その年代を議論し、これからの年代測定の方針を定めた。

3 試料採取地点と調整

本研究で用いる湖底堆積物試料は、ロシア共和国シベリア南東部の丘陵地帯に位置するバイカル湖で採取した(Fig. 1)。コア試料(8m)のうち湖底から深さ 268, 308, 510, 598, 664, 708, 750 cmの地点の試料を用い実験を行った。このコアを用いた先行研究(鉱物含有量, 生物起源シリカ量等)は、中川(2000MS)に載っている。

4 実験方法

試料は細分化されて実験室にて保存されており、大きさは約 3cm³である。試料の持つルミネッセンス量(蓄積線量: D_e)は、光により放出(年代のリセット)されるため、ルミネッセンス測定用の aliquot は試料内部から採取した。また、含水率、放射性同位体濃度等の測定用 aliquot は光曝されている外部から採取した。すべて



の試料で polymineral による RTL, BTL 測定, 3 試料(2C-32, 2D-06, 4A-18)で OSL, IRSL 測定を行った。また, polymineral の試料から quartz だけを Stokes et al. (2003)に従い取り出し, 上記 3 試料で RTL 測定も行った。RTL, BTL 測定において, 240-260°C 間のルミネッセンス強度を積算して signal を求め, OSL, IRSL 測定においては初めの 10 count の積算から最後の 10 count の積算を引くことで signal とした。

放射性同位体濃度は, XRF 分析で SiO₂, K₂O 濃度を求めた後に, LA-ICP-MS により ²³⁸U, ²³⁴U, ²³²Th, ⁸⁷Rb 濃度を求めた。外部標準試料には NIST SRM 610 を用いた。この際 NIST SRM 610 では測定限界以下である ²³⁴U と, 質量数 87 の同位体が他にもある ⁸⁷Rb 濃度をどのように求めるかを吟味した。

5 結果・考察

D_e は, どの測定も約 10% の誤差で求まり, 精度よく測定できた。ただ, 各深度における D_e は測定法ごとに明らかに異なる値をとり, 光に対して一番敏感であるはずの OSL の D_e が, どの測定法よりも大きな値をとった。また, 石英における D_e は polymineral の値よりも大きな値をとった。

放射性同位体濃度は, 誤差が 1-16% (平均 8%) と小さく, α スペクトロメトリーで測定した値ともよい一致を示し, 確度・精度共によく測定できた。年間線量の計算には, 従来は U, Th 元素濃度から求める Adamiec and Aitken (1998) を使うことが多いが, 本研究対象地においては放射非平衡が報告されているため, 放射能から求める Stokes et al. (2003) を利用した。なお, LA-ICP-MS による結果を適用するため, 放射能でなく放射性同位体濃度を入れる式に改良し, 算出した。さらに, ²³⁴U (半減期 25 万年) 過剰が引き起こす濃度の経年変化を計算し, 式に組み込んだ。最後に, 中川 (2000MS) で測定したバイカル湖堆積物の含水率の変動が, 生物起源シリカ量変動と対応することから, ある一定の生物起源シリカ量をもった試料の含水率のみを深度方向にプロットし, 圧密による含水率の減衰を見積もり, 同様に式に組み込んだ。以上のことを考慮し, 年間線量を見積もった。

$$\begin{aligned} \text{Accumulated dose (equivalent dose, } D_e) &= \int_0^T \text{Annual dose (Gy/ka)} dt \\ &= \int_0^T (D_\alpha(t) + D_\beta(t) + D_\gamma(t) \text{ (Gy/ka)}) dt \end{aligned}$$

上記年代式を用いて算出した年代値は, 含水率変動を MIS に対比させることによって求めた予想年代よりもほとんどが若かった (Fig. 2)。今回求めた年代が, 予想年代と一致しなかった理由としては, 試料が測定前に光に曝されて年代が若返ったことや, 検疫で加熱処理されて年代が若返ったことが挙げられるが, 真実を見極めるためにはさらなる実験が必要である。

参考文献

- 1) Sakaguchi A., Yamamoto M., Sasaki K. and Kashiwaya K., Uranium and thorium isotope distribution in an offshore bottom sediment core of the Selenga Delta, Lake Baikal, Siberia. *Journal of Paleolimnology* 35, 807-818 (2006).
- 2) Adamiec G. and Aitken M., Dose-rate conversion factors: update. *Ancient TL* 16, No. 2, 37-50. (1998).
- 3) Stokes S., Ingram S., Aitken M. J., Sirocko F., Anderson R. and Leuschner D., Alternative chronologies for Late Quaternary (Last Interglacial-Holocene) deep sea sediments via optical dating of silt-sized quartz. *Quaternary Science Reviews* 22, 925-941. (2003).

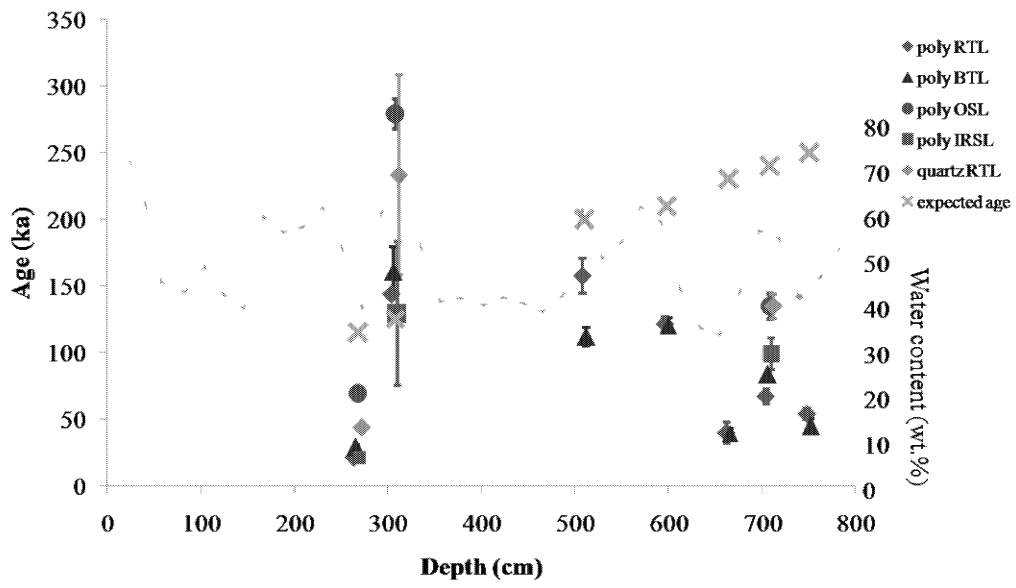


Fig. 2 Estimated age vs Expected age. Gray line represents change in water content.

画像処理を用いた火山ガラス中のフィッショントラック計測

伊藤健太郎¹, 長谷部徳子²

¹〒920-1192 金沢市角間町 金沢大学大学院自然科学研究科;

²〒920-1192 金沢市角間町 金沢大学環日本海域環境研究センター

K. Ito and N. Hasebe

Counting of fission tracks in volcanic glass using image processing

はじめに

日本も含め世界中には様々な広域テフラが存在しており、この広域テフラを同時期面として用いることで空間的に離れた地層同士の層序関係を読み解くことが可能となる(町田・新井, 1992). このテフラの年代決定には火山ガラスを利用したフィッショントラック(以下 FT)年代測定法が利用されてきた(Westgate, 1989 ;Walter, 1989). しかし、火山ガラスは常温下でトラックが小さくなるという性質がある. そのため、観察面に交差するトラック数の減少を引き起こし、結果として平面観察で行われていた従来の FT 年代は真の年代よりも若くなるがあった. その補正方法として代表的なものが Isothermal plateau (ITP)-FT 法である(Gentner et al., 1969; Westgate, 1989 など). しかし、この方法は補正に長時間(30~90 日間)必要なことや熱中性子照射による放射能物質を取り扱うため、決して使い勝手が良いと言うわけではない. そこで伊藤・長谷部(2006)は段階エッチングにより、常温での縮小化の影響を受けない単位体積中のトラック密度を求めることを提案した. しかし火山ガラス中のウラン²³⁸濃度は約 9 ppm ほどでトラック密度が低いため広い面積を測定する必要がある. 先行研究である北田ほか(1994)では自発トラックの計測におよそ 3,000 視野を測定している. さらに段階エッチング実験を行えば、観察面数の増大は著しい. そこで本研究は画像処理技術を利用し、トラック計測の簡便化を目的とした.

試料準備; 画像取得およびその処理

長野県和田峠産の黒曜石を樹脂に埋め込み、研磨した. 研磨は 15 μ m, 3 μ m, 1 μ m のダイヤモンドペーパーを利用し、出来る限り表面に傷が付かないようにした. エッチングは 24%HF で 30 $^{\circ}$ C, 60 秒間行なった. 観察面の写真の撮り方、その後の画像処理方法、計数法などを吟味した後、さらに 60 秒のエッチングを計 4 回、120 秒のエッチングを計 2 回追加で行った.

画像は Focus studio 2100 を用いて取得した. その際、対物レンズは 40 倍と 100 倍の 2 種類、光源の明るさは 40 倍が 2 段階(明・暗)、100 倍が 3 段階(明・中・暗)、ピントは表面に合わせた場合とその前後にデフォーカスした場合の 3 種類、光源は透過光と反射光(40 倍のみ)を考慮したその組み合わせにより計 72 通りの条件で撮影した.

画像処理は Photoshop CS™ を用いた. まず、写真を 256 階調のグレースケール画像に変換し、自動レベル補正を行なった. その次に色域指定を行なって、トラック以外の部分を画像中から検出した. ここまでの処理を procedure 1 とした. それに加えて色域指定で選択した範囲を 3 ピクセルずつ拡大・縮小することで、トラックより小さなノイズを除去する項目を追加し procedure 2 (拡大・縮小を 2 回)、procedure 3 (拡大・縮小を 5 回)として、それぞれ画像を 2 階調化して保存した.

次にその画像を用いて、ImageJ でトラック数の計測を行なった. 二値化の閾値は画像ごとに自動で計算させた. 指定するピクセルサイズは伊藤・長谷部(2006)で測定した誘導トラックの直径の 0.35 倍、

0.50 倍, 0.75 倍の 3 つ場合を考え, そこから推定したトラック面積 ($1.4\text{--}5.2\ \mu\text{m}^2$, $3.4\text{--}10.2\ \mu\text{m}^2$, $10.3\text{--}16.1\ \mu\text{m}^2$) をピクセルサイズとして指定した. さらに真円度も 3 種類 (0.50–1.00, 0.75–1.00, 0.85–1.00) を考えて測定を行なった. また, このとき観察したトラックの真円度も測定した.

さらに上記の実験で求めた画像処理および計測の最適条件を用いて, 段階エッチング実験をした試料のトラック数計測を行なった. また, この時のトラック直径の増加量から, バルクエッチング速度も求めた.

結果と議論

(1) 画像取得条件

(A) ピント; 表面にピントを合わせた時が最も良かった. ピントが表面からずれるとトラック数の見積もりに誤差を生じやすくなった.

(B) 明るさ; 明るさは人間が観察する時とほぼ同じくらい, もしくはわずかに暗めが最も良かった. 明るすぎるとハレーションが起こり, トラック数を少なく見積もってしまった.

(C) 対物レンズの倍率; 対物レンズの倍率は 100 倍を使った時が良い結果となった. 40 倍の時にはトラック数を多く見積もってしまい, 正確に計測することが出来なかった. これは真円度の値がうまく機能しなかったことにより, ノイズをも計測してしまったために起こったと考えられる.

(D) 光源; 透過光を使ったときにトラック数を正確に見積もることが出来た. 反射光で計測させた時には実際のトラック数と全く異なるトラック数を計測した. これは反射光を使ったことで表面の汚れをトラックとして誤認したことが原因であると考えられる.

(2) 画像処理条件

Photoshop CS™ での画像処理はどの条件を用いてもあまり最終的なトラック数に大きな変化はなかった. 一方, ImageJ の条件はトラック検知に大きく影響を与えた. 特に指定した面積の値にトラック数は大きく依存した. 真円度については 0.85–1.00 を指定した時に他の 2 種類の真円度に比べて検知したトラック数が減少した. また, 別途測定したトラックの形状から真円度を求めると 0.86 ± 0.14 (2σ) であり, 誤差範囲を含めると真円度が 0.75–1.00 の範囲にトラックが最も多いことがわかった. よって, 最適なトラック検知条件は面積が $1.4\text{--}5.2\ \mu\text{m}^2$, 真円度が 0.75–1.00 であると考えられる.

(3) 段階エッチング実験

段階エッチングした試料のトラック数計測を上述の条件を用いて行なった. 比較のために真円度 0.50–1.00 でも計測した. どちらの真円度でも実際のトラック数に比べて多く見積もってしまったが, 真円度 0.75–1.00 の時には真円度 0.50–1.00 に比べて少なかった. これは上述の通りトラックの真円度が 0.75–1.00 の範囲に多くあるためと考えられる. また, 合計 480 秒のエッチングを行なったが, トラックの増加はほとんど確認できなかった. これは視野数が少なかったことも原因であるだろうが, より長い時間のエッチングも必要であると考えられる. さらに, 合計 120 秒エッチングした試料において, 計測したトラックの重複が起こってしまった. これは 60 秒ずつのエッチングでは一度観察したトラックが ImageJ で指定した面積範囲 ($1.4\text{--}5.2\ \mu\text{m}^2$) に存在する可能性があることを示しており, 段階エッチング実験をするには 60 秒では短いと考えられる. したがって, エッチング時間は 60 秒ではなく, 120 秒もしくはそれ以上でエッチングすることが望ましいだろう. さらに, 求めたバルクエッチング速度は長径で $0.017 \pm 0.006\ \mu\text{m}/\text{sec.}$, 短径で $0.013 \pm 0.005\ \mu\text{m}/\text{sec.}$ であった. この速度は伊藤・長谷部 (2006)

で誘導トラックを用いて測定したバルクエッチング速度のおおよそ 0.35 倍であった。これは中性子照射したことでガラス中に傷を与え、その結果、誘導トラックがエッチングされやすくなりバルクエッチング速度が大きくなった可能性があり、今後さらなる議論が必要である。

参考文献

- Gentner, W., Stozer, D., and Wagner, G. A. (1969), New fission track ages of tektites and related glasses, *Geochim. Cosmochim. Acta* 33, 1075-1081.
- John A. Westgate (1989), Isothermal plateau fission-track ages of hydrated glass shards from silicic tephra beds, *Earth and Planetary Science Letters*, 95, 226-234.
- 伊藤健太郎, 長谷部徳子, 2006, フィッショントラックニュースレター, 19, 71-73
- 町田洋, 新井房夫, 1992, 新編火山アトラス
- 北田奈緒子, 弘原海清, Giulio Bigazzi, 1994, ガラス標準試料 JAS-G1 の ITP-FT 年代, フィッション・トラック ニュースレター, 7, 5-6.
- Robert. C. Walter (1989), Application and limitation of Fission-track geochronology to Quaternary tephras. *Quaternary International*, Volume 1, 35-46.

降水に含まれる短寿命宇宙線生成核種の測定法

中野佑介, 井上睦夫, 小村和久

〒923-1224 石川県能美市和気町 金沢大学環日本域環境研究センターLLRL

Y. Nakano, M. Inoue, and K. Komura

Measurement of short-lived cosmogenic nuclides in rain water

[はじめに]

核破砕反応起源の宇宙線生成核種には、窒素や酸素から生成する ^3H ($t_{1/2} = 12.3$ 年), ^7Be (53.3 日) 等とアルゴンから生成する ^{24}Na (15.0 時間), ^{28}Mg (20.9 時間), ^{39}Cl (56.0 分), ^{38}Cl (37.2 分), ^{38}S (2.83 時間) 等がある。アルゴン由来の核種は、そのほとんどが 1 日未満と短い半減期をもつため、その時間スケールの大気現象の解明を目的とした研究において非常に有用なトレーサーとなり得る。しかしながら、大気中のアルゴン存在度は約 1% であるため、その核破砕反応による核種の生成率は低く、短寿命宇宙線生成核種の測定は非常に困難である。当研究室では、バッチ法による目的核種の回収および極低バックグラウンド γ 線測定により、降水中のアルゴン由来の短寿命宇宙線生成核種について多核種同時検出に成功した (桑原 修士論文, 2006)。さらにはこれら核種の定量に期待される。本研究では、降水中の短寿命宇宙線生成核種を利用した地球化学的な応用研究に向けて、試料採取方法および処理法の確立を目的とした。

[採水方法の再検討]

従来は、当施設屋上 (面積: 27 m^2) を捕集面として雨どいを経由して降水を回収した。その一方で、コンクリート面との接触による元素の溶出, 吸着, 実験前の降下物の影響が懸念された。本研究では、新たにスチールパイプの骨組みに張ったブルーシート (面積: 15 m^2) を捕集面とした採水器を作製し (Fig. 1), 従来法と比較した。その結果、従来法では、 Na^+ , Mg^{2+} , F^- , Cl^- , および SO_4^{2-} 全てにおいて屋上捕集面からの明らかな汚染がみられ、採水器を利用した降水試料採取が有効と考えられる。

[樹脂の選定]

バッチ法の迅速化のため、先の研究で用いた陽および陰イオン交換樹脂 (Powdex-PCH, -PAO) より粒子径が大きく、デカンテーションが容易な陽イオンおよび陰イオン交換樹脂 (Amberlite-IR120B, -IRA410J) を降水試料に各 1 g/L 加えて 10 分間攪拌した。溶存イオンの回収率を Powdex 樹脂 (樹脂量, 各 0.2 g/L; 攪拌時間, 5 分) と比較した。その結果、Amberlite は樹脂からの汚染の寄与も大きく目的核種の回収率が著しく低かった (Na^+ , Mg^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} ; Amberlite, <30%; Powdex, >75%)。本研究における核種回収を目的としたバッチ法において、Powdex 樹脂が適当と考えられる。

[攪拌時間の検討]

擬似降水試料 (海水を 1000 倍希釈) 1 L に Powdex-PCH, -PAO をそれぞれ 0.4 g ずつ加え、攪拌時間 1-20 分の範囲で目的核種の回収率を攪拌前後の溶存イオンの濃度比より算出した。その結果、10 分間の攪拌で回収率 90% 以上に達し、それ以降は緩やかに上昇する傾向が明らかになった (Fig. 2)。収率, 処理時間を考慮した結果、攪拌時間は 10 分間が妥当と考えられる。さらに攪拌前後の降水試料の溶存イオン濃度比より回収率を算出した結果、一雨ごとに溶存イオン濃度が大きく変動し、溶存イオンが高濃度で回収率が低下する傾向がみられた。試料ごとに回収率の確認が必要である。

[改良した方法で核種の測定]

本研究で確立した方法で処理した樹脂をプラスチック容器に封入、尾小屋地下測定施設の Ge 半導体

検出器(相対効率 93.5%)で γ 線測定をおこなった. その結果, ^{24}Na , ^{28}Mg が定量的に測定可 (^{24}Na , 0.5-4.7 atom/L; ^{28}Mg , 1.1-3.8 atom/L), ^{39}Cl , ^{38}Cl , ^{38}S は信頼度の高い値は得られなかった. ^{39}Cl , ^{38}Cl および ^{38}S は ^{24}Na や ^{28}Mg と比較して生成率が高いが, 半減期が短いので, より迅速な採取・化学分離が不可欠である.

[今後の予定]

より信頼度の高い処理方法への改良を試みる. さらには, 降水の短寿命宇宙線誘導核種濃度より, 大気上層部の物質循環モデル(生成高度, 雨滴による物質輸送など)の構築を試みる.



Fig. 1 Rain-water sampler (15 m²) installed on a roof of our laboratory (LLRL, Kanazawa Univ.)

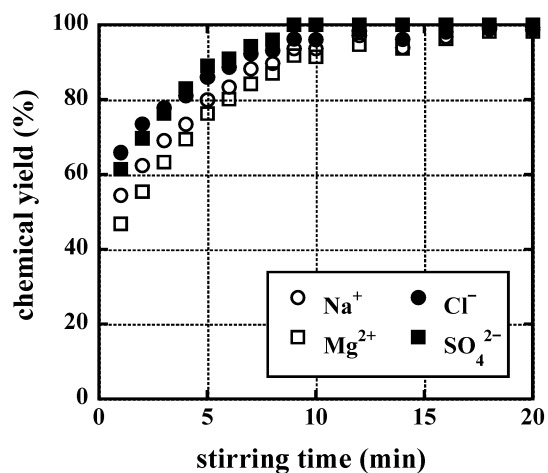


Fig. 2 Chemical yield for Na⁺, Mg²⁺, Cl⁻ and SO₄²⁻ through the batch treatment

文献: 桑原優宇 (2006) 宇宙線誘導核種の挙動とトレーサー利用への試み. 金沢大学自然科学研究科修士論文

低バックグラウンド γ 線測定法を利用した海水試料の多核種同時測定法の確立

中野佑介, 井上睦夫, 小村和久

〒923-1224 石川県能美市和気町 金沢大学環日本域環境研究センターLLRL

Y. Nakano, M. Inoue, and K. Komura

A simple coprecipitation method combined with low-background γ -spectrometry
: Determination of ^7Be , ^{137}Cs , ^{210}Pb , and radium and thorium isotopes
in small-volume coastal water samples

[はじめに]

^7Be , ^{210}Pb , ^{137}Cs , ラジウム同位体およびトリウム同位体といった海水に存在する放射性核種は、古くから海洋化学に重要な役割を果たしてきた。ラジウム同位体, ^{137}Cs が溶存成分として海水の動きを探るトレーサーであるのに対し, ^7Be , ^{210}Pb および ^{234}Th は粒子に強く反応する核種としてこれら核種の海水からの除去過程, さらには粒子の挙動のトレーサーとして多くの報告例がある。これら半減期および地球化学的挙動の異なる複数の核種を組み合わせることにより海水の物質循環に関する総括的な議論が可能になる。

本研究では, 簡単な共沈法による海水試料の多核種同時測定法の確立を目的とし, 実際の海水試料から, BaSO_4 , $\text{Fe}(\text{OH})_3$ およびリンモリブデン酸アンモニウム (AMP) による共沈回収により, ラジウム同位体, ^{137}Cs の他, ^7Be , ^{210}Pb , トリウム同位体の同時回収, 測定を行なった。また, その回収率, 再現性により, 実測値から本手法を評価した。

[実験]

本手法の再現性を確認するため, 以下の手順で実験をおこなった。石川県金沢市沿岸で海水 ~ 100 L を採取 (2007 年 4 月 19 日), カートリッジフィルター (pore size: $0.5\ \mu\text{m}$) を用いてろ過し, 18 L の 5 試料に分けた。その後, 濃 HNO_3 で pH 1 に調製した。セシウムキャリア, リンモリブデン酸アンモニウム試薬 (以下, AMP) を加え, 一時間攪拌後, ^{137}Cs 測定のための AMP/Cs を回収した。Ra 汚染の少ない Ba キャリア (^{226}Ra ; $0.7\ \text{mBq/g-Ba}$) を使用し, BaSO_4 沈殿により Ra を共沈回収した。さらに, ^7Be , ^{210}Pb および ^{234}Th の回収のため, Fe キャリアを加え, $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 沈殿を同時に回収した。Fe キャリアおよび AMP など他の試薬においても, 目的核種の汚染は全く問題のないレベルであることを確認した。また, 回収率の検討のためにこれら上澄み液に対して同様の操作をおこない, 5 試料重ねて測定試料とした。全ての AMP/Cs および $\text{BaSO}_4+\text{Fe}(\text{OH})_3$ 試料の測定は, 石川県小松市の尾小屋地下測定室 (水深換算 270 m) に設置した低バックグラウンド仕様の平板型 Ge 検出器を使用した。 ^{234}Th , ^7Be など比較的短寿命核種も対象とするため, 採取 5 日後より, 5 日間 γ 線測定をおこなった (Fig. 1)。

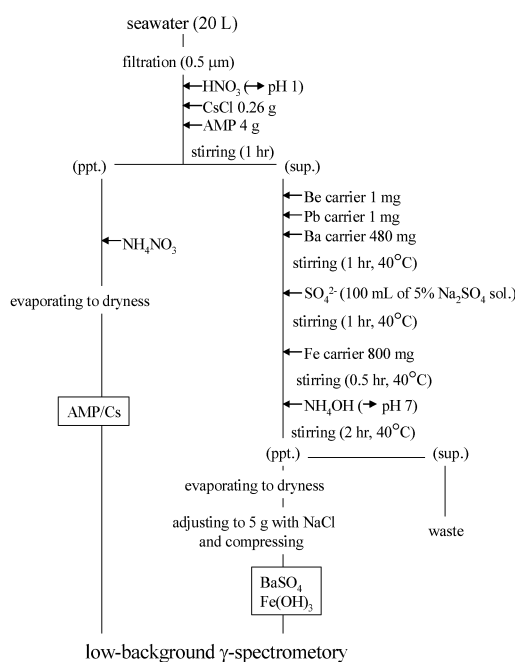


Fig.1 Experimental scheme for coprecipitation processing of seawater samples

γ 線測定後、沈殿混合物試料 ($\text{BaSO}_4 + \text{Fe}(\text{OH})_3$) を硝酸溶液に浸し、 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ を溶解、溶け残った BaSO_4 の質量より BaSO_4 の回収率を見積もった。さらに、上澄み液を再びアンモニア水によって中和し、 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ を回収後、電気炉で 500°C で5時間加熱し、 Fe_2O_3 とした後、質量を測定し、 Fe の回収率を見積もった。本研究では、共沈処理過程におけるラジウム同位体の回収率を BaSO_4 、 ^7Be および ^{234}Th の回収率を $\text{Fe}(\text{OH})_3$ の回収率で補正した。 ^{210}Pb については BaSO_4 、 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ へそれぞれ25%、75%が取り込まれたとみなし (BaSO_4 のみを γ 線測定した結果から見積もった平均値)、回収率を補正した。

[結果]

実際の測定値による再現性について、 ^{210}Pb 以外については確認することが出来た (Fig. 2)。また、上澄み液による二度目の操作試料の放射能濃度は ^7Be 以外については検出限界以下であった。各核種における回収率の確認の必要があるが、互いに妨害にならないキャリアを利用した簡便な共沈法の組み合わせにより、海水試料における ^7Be 、 ^{137}Cs 、 ^{226}Ra 、 ^{228}Ra および ^{234}Th (≤ 1 年で ^{238}U と放射平衡になる) の同時測定が可能となった。

今後、本手法を用いた、多核種同時測定による、海水の循環、混合および粒子の挙動解明が期待される。

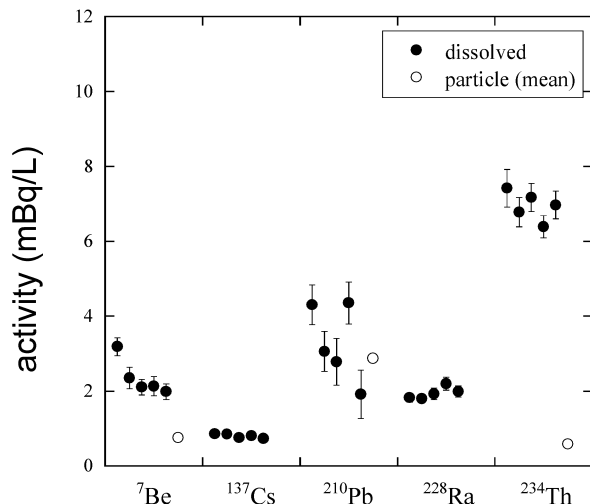


Fig. 2 Replicate determinations of ^7Be , ^{137}Cs , ^{210}Pb , ^{228}Ra , and ^{234}Th in 18 L of seawaters (dissolved fraction). Open circles show $>0.5 \mu\text{m}$ particle fractions (means of five replicate waters)

新潟県から得られた Na-Cl 型温鉱泉水中の Ra 同位体

富田純平¹, 山本政儀¹, 佐竹洋²

¹〒923-1224 石川県能美市 金沢大学環日本海域環境研究センター, LLRL ;

²〒930-8555 富山県富山市 富山大学理学部生物圏環境科学科

J. Tomita, M. Yamamoto, and H. Satake

Ra isotopes in Na-Cl type saline spring waters from Niigata Prefecture, Japan

1. はじめに：世界の油田・ガス田地域（例えばアメリカ・ロシア・イスラエルなど）において，副産物である油田塩水中に Ra 同位体（U 系列の ^{226}Ra （半減期 1600 y）および Th 系列の ^{228}Ra （半減期 5.75 y））およびそれらの娘核種が，非常に高濃度で含まれることが知られており，その原因は塩濃度依存性の吸脱着反応に帰すことが知られている．また，油田塩水問題として，これら排水の周辺環境（特に生態系）への影響も近年懸念されている．日本においては，例えば Nakai（1940）により秋田・新潟県などの油田・ガス田地域の温鉱泉水中に比較的高濃度の ^{226}Ra が数例見出されているが，Ra の起源およびその溶出機構について詳細な議論はなされていない．

近年の掘削技術の進歩により平野部や海岸地域などの大深度掘削井において，海水または化石海水を起源とする高塩濃度 Na-Cl 型温鉱泉水が得られるようになった．また，日本海側のグリーントフ地域には第三紀海底火山活動により繁栄したプランクトンなどの死骸（有機物）に絡む海水中 U の濃集層（ ^{226}Ra の供給源）の存在可能性が推測される．以上のことから，我々は日本海沿岸域の大深度掘削井から得られる高塩濃度 Na-Cl 型温鉱泉は ^{226}Ra を高濃度に含むのではないかと考え，日本海沿岸地域に点在する Na-Cl 型温鉱泉水中の Ra 同位体の地球化学的研究を始めた．

本研究では，（1）Na-Cl 型温鉱泉水中の Ra 同位体の濃度分布，（2）Ra 同位体の起源，（3）Ra 同位体が高濃度となる温鉱泉の生成過程を明らかにすることを目的とした．本報では，日本の油田・ガス田地帯として最も有名である新潟県から得られた Na-Cl 型温鉱泉の結果について報告する．

2. 試料採取・実験方法：Na-Cl 型温鉱泉水の試料採取は，2007 年 3 月に，主に新潟県内海岸域を中心に計 23 地点で行った．比較のため，3 地点で河川水採取も行った（図 1）．Na-Cl 型温鉱泉水中の Ra・U 同位体は，およそ 20 L から BaSO_4 共沈および $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 共沈法により回収し，それぞれ・線および・線スペクトロメトリーにより定量した．主要溶存成分はイオンクロマトグラフ，アルカリ度は 0.1 M 塩酸を用いた滴定法により測定した．Sr および Ba は，それぞれ ICP-AES および ICP-MS により定量した． δD および $\delta^{18}\text{O}$ は，それぞれ水素平衡法および二酸化炭素平衡法により同位体比用質量分析計で測定した．

3. 結果と考察：本研究で採取した Na-Cl 型温鉱泉水は， δD ， $\delta^{18}\text{O}$ ，Cl および SO_4/Cl の関係から岩石との

反応や粘土鉱物の層間水による希釈などによって化学的・同位体的に変質した海水（化石海水）と天水の混合物であると考えられた（加藤と梶原(1986)，Xu et al. (2006)）．

図 2 に Na-Cl 型温鉱泉水中の ^{226}Ra 濃度および $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$ 放射能比の測定結果を示す． ^{226}Ra 濃度は 7.89

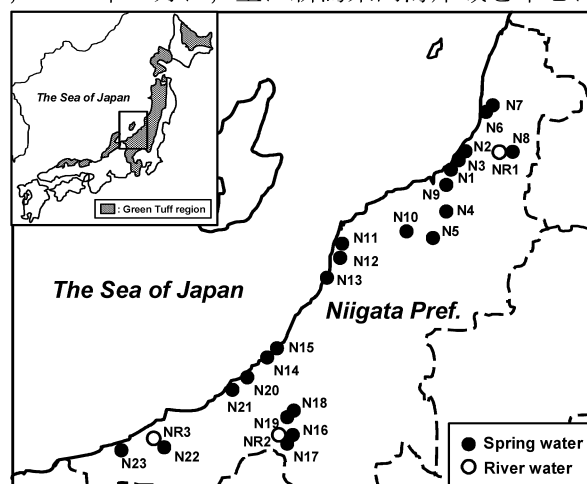


図 1 試料採取地点

—1897 mBq/kg であり、我々の推測通り ^{226}Ra を高濃度に含む温鉱泉が見出された。また、 ^{226}Ra 濃度は Ca, Sr, Ba および塩濃度 (TDS) と正の相関があり (図 3), ^{226}Ra は塩濃度依存性の吸脱着反応やイオン交換反応により水相中に保存されていることが示唆された。

$^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$ 放射能比は 0.28 - 5.21 であった。一般的に、石油に絡む U 濃集層が存在する場合、 $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$ 放射能比は低くなると考えられる (Bloch and Key (1981)). N13 の温鉱泉は ^{226}Ra 濃度が高く (1897 mBq/kg) かつ $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$ 放射能比が低い (0.28) ため、Ra 同位体が U 濃集層を起源とする可能性が示唆されるが、大部分の Na-Cl 型温鉱泉水中の Ra 同位体の起源は帯水層岩石に由来すると考えられる。

帯水層岩石から水相への Ra 同位体の輸送メカニズムとして、(1) 岩石の溶解、(2) α -recoil が考えられる。本研究で採取した Na-Cl 型温鉱泉水は化石海水と天水の混合物であると考えられたため、単純な系で ^{226}Ra および $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$ 放射能比の進化を見積もった。その結果、岩石の溶解では高濃度の ^{226}Ra は説明可能であるが、 $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$ 放射能比を説明することが出来ず、また、 α -recoil では $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$ 放射能比は説明可能であるが高濃度の ^{226}Ra は説明できないため、その他の Ra の起源が必要であることが示唆された。そこで、 ^{226}Ra および ^{228}Ra はそれぞれ ^{230}Th および ^{232}Th の α 壊変によって生まれる娘核種であること、Th 同位体は天然水中で不溶性であること考慮すると、岩石の溶解によって水相へ輸送された Th 同位体は岩石表面に吸着し、水-岩石界面に Th 同位体を濃集した表面コーティングが存在すると考えられる。このような Th 同位体を濃集した表面コーティングの存在を仮定すると、本研究で得られた高塩濃度 Na-Cl 型温鉱泉水中の ^{226}Ra 濃度および $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$ 放射能比が説明可能であることが明らかとなった。

参考文献

- Bloch, S., Key, R.M. (1981). *The American Association of Petroleum Geologists*, 65, 154-159.
 加藤進, 梶原義照 (1986). *石油技術協会誌*, 51, 113-122.
 Nakai, T. (1940). *Bull. Chem. Soc. Japan*, 15, 333-426.
 Xu, H.-L., Shen, J.-W., Zhou, X.-W. (2006). *Island Arc*, 15, 199-209

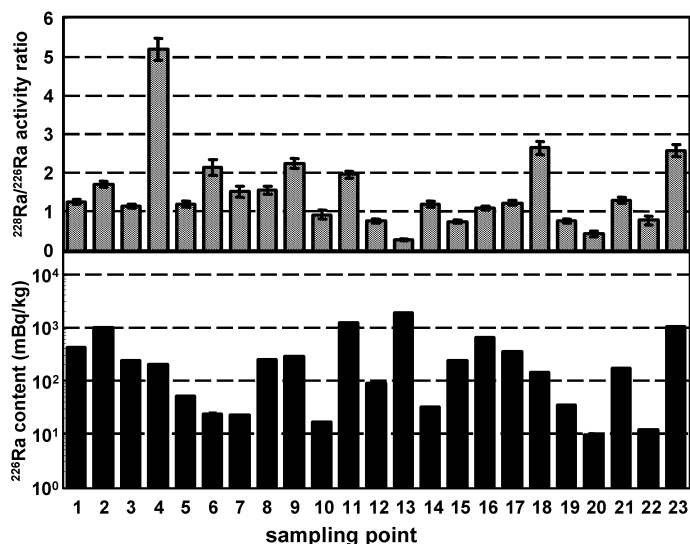


図 2 温鉱泉水中の ^{226}Ra 濃度と $^{228}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}$ 放射能比

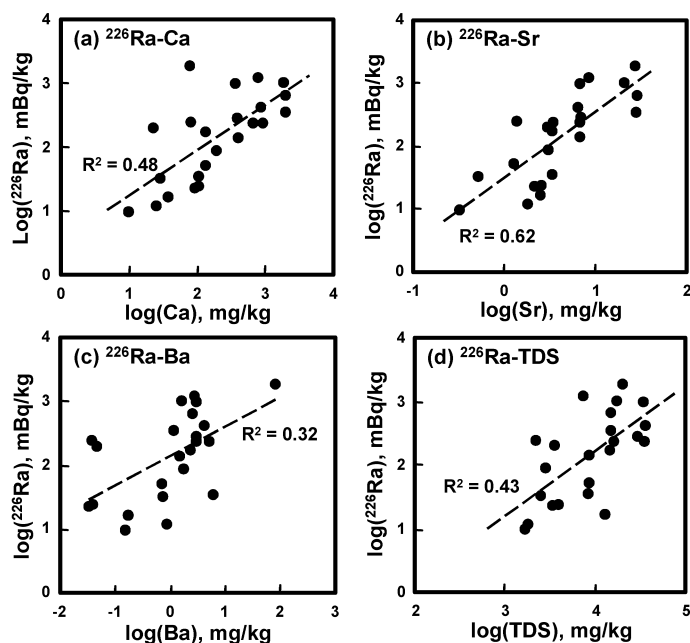


図 3 ^{226}Ra 濃度と Ca, Sr, Ba, TDS の関係

湖底堆積物中のウラン・トリウム同位体：モンゴル・フブスグル湖

美濃健太¹，山本政儀¹，柏谷健二²

¹〒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

²〒923-1192 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

K.Mino, M.Yamamoto and K.Kashiwaya

Uranium and thorium isotopes in the lacustrine sediments : Lake Hovsgol, Mongolia

[はじめに] 現在陸域における気候変動の将来予測を目的として，古代湖の湖底堆積物から古気候の解析が試みられている．湖底堆積物は集水域や湖内における気候変動に対応した物理・化学・生物的な変化の記録を保存している．当研究室ではこれまで，ロシア・バイカル湖やモンゴル・フブスグル湖をフィールドとしたウラン (U)・トリウム (Th) 同位体研究から，湖底堆積物中の U 濃度が氷期間氷期の気候変動に対応して分布し，年代測定のためのツールのみならず古環境復元プロキシとしても利用でき得ることを示唆してきた．しかし，ウランが気候変動とどのような対応で堆積するのか，そのメカニズムは依然不明である．

フブスグル湖はバイカル湖と比べ標高が 1000m 以上高いこと，容積が 1/60 と小さいことから，気候変動により敏感であることが期待されている．本研究では，湖東側の小さな湾 (Bortsog Bay) から採取した堆積速度が 0.1cm/y 程度と予想される 12.3m のコア (BB03) を用いて，完新世の U (Th) の堆積挙動を検討した．

[方法] 2004 年にフブスグル湖東部・Bortsog Bay (Fig.1) から採取された BB03 コア (12.3m) を用いた．BB03 コアは直近で同時に採取された BB04 コア (7.2m) の分析から過去 1 万年 (ほぼ完新世全域) の情報を持つと考えられる．1cm 毎に切断した 1233 個の試料のうち 10-15 cm 間隔で取り出した全 110 個の試料について，全分解・化学分離後，アルファ線測定によりウラン・トリウム同位体を測定し，全分解後に分取した試料溶液について ICP-AES により主要元素を測定した．また，溶存相から沈降したウラン (自生性 U)，河川などで運ばれてくる土壌・岩石起源のウラン (陸源性 U) についてその識別法を検討するため，アイソクロン法を用いて自生性 $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ 放射能比を求めた．

[結果・考察] 全分解によるバルクの ^{238}U , ^{232}Th 濃度は 19-103, 7-46Bq/kg の範囲で変動した． ^{238}U に比べ ^{232}Th 濃度は分散が小さく，その大半は 20-40Bq/kg であった (Fig. 2)．

堆積物中の $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ 比は平衡値 1 から大きくずれ，1.5-2.2 であった．同地点における現在の湖水の $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ 比は 2.06 であるので，堆積物中に陸源性以外の U 成分が存在することが明らかである．堆積物が持つ湖水と集水域 (陸域) の情報を読み取るためには自生性・陸源性成分に識別することが必要である．そこで陸源性 U には放射平衡が成り立ち， ^{232}Th は溶存相から沈降しないものと仮定して，下記の式

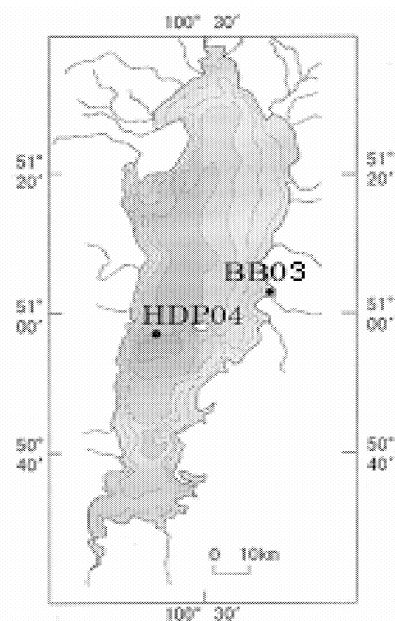


Fig.1 Map of Lake Hovsgol showing coring site BB03

を用いて両者の識別を試みた：

$$U(\text{obs}) = U(\text{auth}) + U(\text{terr})$$

$$U(\text{auth}) = U(\text{obs}) - R * {}^{230}\text{Th}(\text{obs})$$

ここで $U(\text{obs})$, $U(\text{auth})$, $U(\text{terr})$ はそれぞれ堆積物中のバルク U, 自生性 U, 陸源性 U の濃度を示す. $R(=1.03)$ は ${}^{230}\text{Th}$ の成長が無視できる表層の ${}^{230}\text{Th}/{}^{232}\text{Th}$ 放射能比である. 識別された自生性 U 濃度はアイソクロン法によって求めた 8 地点の自生性 U 濃度とほぼ一致したことから (Fig. 3), ${}^{230}\text{Th}/{}^{232}\text{Th}$ 比を基準とした識別法は妥当であると考えられる. 識別の結果, バルク U の変動は自生性 U の変動に起因することが見出された.

主要元素測定の結果, 堆積物中に含まれる Fe, Al, Ca, Ti, Ba, Mn, P, Sr, Cu, Ni, V, Zn 濃度の深度分布が明らかになった. 主要元素についても自生性・陸源性成分を識別すべく, 化学的風化を受けにくい酸化物を作る Al 濃度を基準に土壌・岩石起源の成分による寄与を差し引き自生性成分とした. 自生性 Fe, Cu, Ni, Zn, V は堆積物中の有機物含有量と類似した深度分布を示し, 集水域における生物生産の増減を反映していると考えられる. また, 自生性 U と自生性 Fe, Cu, Ni, Zn, V の深度分布も良い相関を示す. この結果から, このコアの自生性 U は主に有機物や, 大量に存在する鉄の酸化・水酸化物によって吸着・沈降したものと推定される. 今後, 温暖寒冷・湿潤乾燥などの気候変動によるウラン流入量の変化, 湖内 pH・イオン強度の変化による吸着質とのウラン脱着などの観点から気候変動とウラン堆積量の対応を検討していく.

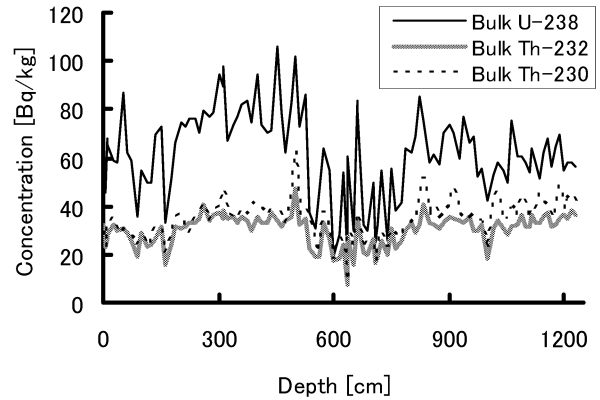


Fig.2 Vertical distribution of ${}^{238}\text{U}$, ${}^{230}\text{Th}$ and ${}^{232}\text{Th}$ in sediment core (BB03)

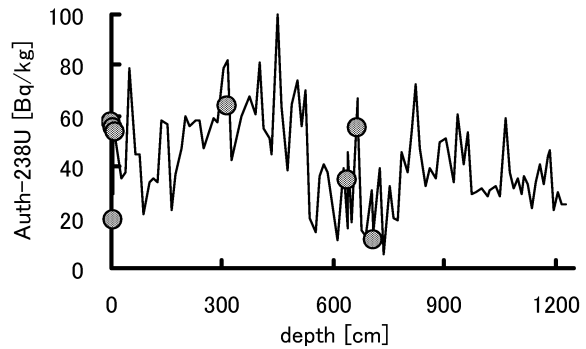


Fig.3 Vertical distribution of authigenic ${}^{238}\text{U}$ (solid line: calculation, point: isochron method)

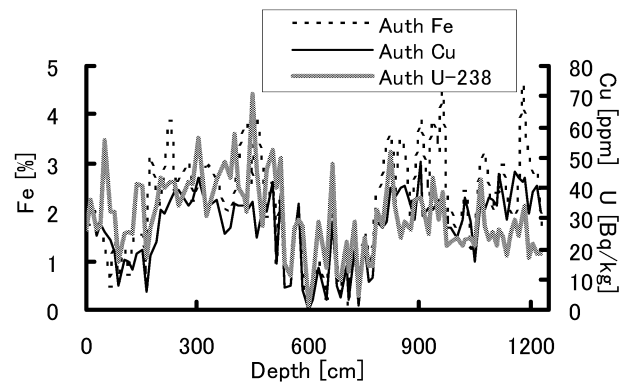


Fig.4 Vertical distribution of authigenic ${}^{238}\text{U}$, authigenic Fe and authigenic Cu

DETERMINATION OF $^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$ ISOTOPIC RATIOS IN HUMAN TISSUES COLLECTED FROM AREAS AROUND THE SEMIPALATINSK NUCLEAR TEST SITE BY SECTOR-FIELD HIGH RESOLUTION ICP-MS

M. Yamamoto¹, S. Oikawa¹, A. Sakaguchi¹, J. Tomita¹, M. Hoshi², and K. N. Apsalikov³
¹LLRL, K-INET, Kanazawa Univ., Nomi, Ishikawa, 923-1224, Japan,
²Hiroshima Univ., ³The Kazakhstan Republic

Information on the $^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$ isotope ratios in human tissues for people living around the Semipalatinsk Nuclear Test Site (SNTS) was deduced from nine sets of soft tissues and bones, and 23 other bone samples obtained by autopsy. Plutonium was radiochemically separated and purified, and Pu isotopes (^{239}Pu and ^{240}Pu) were determined by sector-field high resolution ICP-MS. For most of the tissue samples from the former nine subjects, low $^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$ isotope ratios were determined: bone, 0.125 ± 0.018 (0.113-0.145, n=4); lungs, 0.063 ± 0.010 (0.051-0.078, n=5) and liver, 0.148 ± 0.026 (0.104-0.189, n=9). Only ^{239}Pu was detected in the kidney samples; the amount of ^{240}Pu was too small to be measured, probably due to the small size of samples analyzed. The mean $^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$ isotope ratio for bone samples from the latter 23 subjects was 0.152 ± 0.034 ,



ranging from 0.088 to 0.207. A significant difference (a two tailed Student's t-test; 95% significant level, $\alpha=0.05$) between mean $^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$ isotope ratios for the tissue samples and for global fallout value (0.178 ± 0.014) indicated that weapons-grade Pu from the atomic bombs has been incorporated into the human tissues, especially lungs, in the residents living around the SNTS. The present $^{239,240}\text{Pu}$ concentrations in bone, lung and liver samples were, however, not much different from ranges found for human tissues from other countries that were due solely to global fallout during the 1970s-1980s.

Table 1. Results of $^{239,240}\text{Pu}$ concentrations and their $^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$ isotope ratios in human tissues from nine subjects

Sample No. (Lab. ID)	Tissue	Concentration				Isotope ratio $^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$
		^{239}Pu (mBq g ⁻¹ -ash)	^{240}Pu (mBq g ⁻¹ -ash)	$^{239,240}\text{Pu}$ (mBq g ⁻¹ -ash)	$^{239,240}\text{Pu}$ (mBq kg ⁻¹ -wet)*	
1(#20)	Bone(vertebra)			0.080 ± 0.003	8.2 ± 0.3	0.113 ± 0.012
	Lungs	1.56 ± 0.04	0.27 ± 0.03	1.83 ± 0.19	10.9 ± 1.2	0.051 ± 0.004
	Liver	2.44 ± 0.05	1.06 ± 0.05	3.50 ± 0.17	17.5 ± 0.9	0.123 ± 0.002
	Kidneys	0.25 ± 0.01	n.d.			
2(#70)	Bone(vertebra)			0.129 ± 0.017	13.1 ± 1.7	0.107 ± 0.039
	Lungs	0.37 ± 0.01	n.d.			
	Liver	2.10 ± 0.03	0.98 ± 0.05	3.08 ± 0.17	20.2 ± 1.1	0.133 ± 0.002
3(#71)	Lungs	0.044 ± 0.003	n.d.			
	Liver	1.80 ± 0.04	1.24 ± 0.04	3.05 ± 0.12	25.8 ± 1.0	0.189 ± 0.002
	Kidneys	0.047 ± 0.006	n.d.			
4(#139)	Lungs	0.62 ± 0.02	0.13 ± 0.03	0.75 ± 0.15	7.8 ± 1.5	0.067 ± 0.005
	Liver	2.41 ± 0.07	1.42 ± 0.04	3.83 ± 0.16	36.2 ± 1.5	0.161 ± 0.002
	Kidneys	0.069 ± 0.004	n.d.			
5(#155)	Lungs	0.91 ± 0.02	0.17 ± 0.03	1.08 ± 0.22	11.5 ± 2.3	0.061 ± 0.002
	Liver	1.08 ± 0.02	0.37 ± 0.04	1.45 ± 0.16	13.9 ± 1.6	0.104 ± 0.005
6(#158)	Lungs	0.66 ± 0.01	0.12 ± 0.02	0.78 ± 0.15	8.6 ± 1.7	0.059 ± 0.003
	Liver	4.83 ± 0.06	2.74 ± 0.02	7.57 ± 0.12	46.8 ± 0.7	0.155 ± 0.003
	Kidneys	0.050 ± 0.007	n.d.			
7(#337)	Bone(vertebra)			0.049 ± 0.007	5.1 ± 0.7	0.145 ± 0.008
	Lungs	0.21 ± 0.005	n.d.			
	Liver	0.39 ± 0.01	0.20 ± 0.03	0.60 ± 0.09	2.6 ± 0.4	0.156 ± 0.014
8(#348)	Lungs	0.12 ± 0.01	n.d.			
	Liver	0.46 ± 0.01	0.25 ± 0.04	0.71 ± 0.11	7.3 ± 1.1	0.170 ± 0.010
9(#379)	Bone(vertebra)			0.051 ± 0.005	5.3 ± 0.5	0.135 ± 0.008
	Lungs	0.22 ± 0.01	0.043 ± 0.020	0.26 ± 0.12	1.2 ± 0.6	0.078 ± 0.005
	Liver	0.49 ± 0.01	0.25 ± 0.02	0.75 ± 0.06	5.0 ± 0.4	0.144 ± 0.010
	Kidneys	0.084 ± 0.010	n.d.			

*The values in terms of mBq kg⁻¹-wet were tentatively estimated by using ash-wet weight ratios listed in Table 1. The levels of $^{239,240}\text{Pu}$ in bone samples were measured by alpha-ray spectrometry and error shows one sigma of counting statistics. Tissue samples other than bone samples were measured by ICP-MS and error shows one standard deviations from three replicate. n.d.: not detected.

SPATIAL DISTRIBUTION OF SOIL CONTAMINATION BY ^{137}Cs AND $^{239,240}\text{Pu}$ IN THE VILLAGE OF DOLON NEAR THE SEMIPALATINSK NUCLEAR TEST SITE: NEW INFORMATION ON TRACES OF THE RADIOACTIVE PLUME FROM THE 29 AUGUST 1949 NUCLEAR TEST

M. Yamamoto¹, J. Tomita¹, A. Sakaguchi¹, T. Imanaka², S. Fukutani²,
 S. Endo³, K. Tanaka³, M. Hoshi³, B. I. Gusev⁴, and K. N. Apsalikov⁴
¹LLRL, K-INET, Kanazawa Univ., Nomi, Ishikawa, 923-1224, Japan
²Kyoto Univ., ³Hiroshima Univ., ⁴The Kazakhstan Republic

The village of Dolon located about 60 km northeast from the border of the Semipalatinsk Nuclear Test Site in Kazakhstan is one of the most affected inhabited settlements as a result of nuclear tests by the former USSR. Radioactive contamination in Dolon was mainly caused by the first USSR nuclear test on 29 August 1949. As part of the efforts to reconstruct the radiation dose in Dolon, ^{137}Cs and $^{239,240}\text{Pu}$ in soil samples collected from 26 locations in the vicinity of and within the village were measured to determine the width and position of the center-axis of the radioactive plume that passed over the village from the 29 August 1949 nuclear test. Measured soil inventories of ^{137}Cs and $^{239,240}\text{Pu}$ were plotted as a function of the distance from the supposed center-axis of the plume. A clear shape similar to a Gaussian function was observed in their spatial distributions with each maximum around a center-axis.

It was suggested that the plume width that contaminated Dolon was at most 10 km and the real center-axis of the radioactive plume passed 0.7-0.9 km north of the supposed centerline.

A peak-like shape with the maximum near the center-axis was also observed in the spatial distribution of the $^{239,240}\text{Pu}/^{137}\text{Cs}$ activity ratio, which may reflect the fractionation effect between $^{239,240}\text{Pu}$ and ^{137}Cs during the deposition process. These results support the results reported recently by Stepanenko et al.(2006). The data obtained here will provide useful information on the efforts to estimate radiation dose in Dolon as reliably as possible.

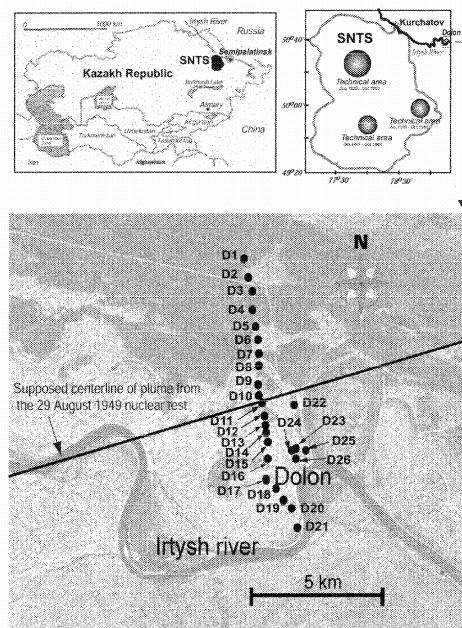


Fig.1 Sampling points of soil in Dolon Village

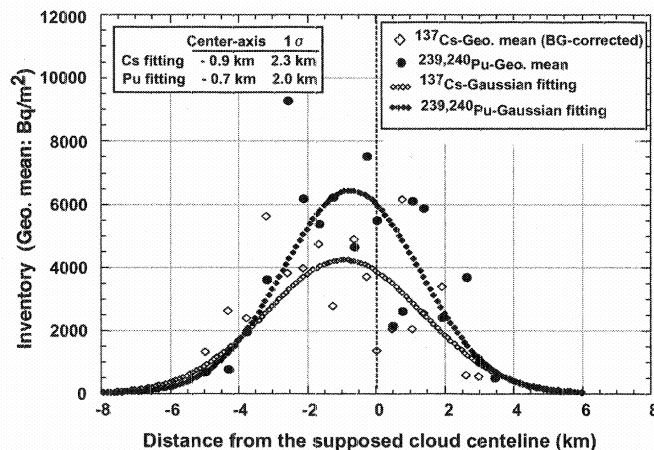


Fig.2 Spatial distributions of geometric means for BG-corrected ^{137}Cs and $^{239,240}\text{Pu}$ inventories in soil samples from 19 locations along the line perpendicularly crossing the supposed centerline.

Anticoincidence 法を用いた Ge 検出器のバックグラウンド低減

古澤優太, 浜島靖典, 小村和久

〒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

Y. Furusawa, Y. Hamajima, and K. Komura

Background reduction for analysis of low level environmental radionuclides using an anticoincidence method

【はじめに】 Ge 検出器による γ 線測定において、微弱な放射能を精度良く測定するには、スペクトルに表れるバックグラウンド(BG)を減らすことが必要である。BG の原因には、主に環境中の放射性核種によるもの、検出器自身に含まれる放射性核種によるもの、二次宇宙線(μ 粒子)によるものがある。この内宇宙線を低減させる方法は、地下に検出器を設置する方法、プラスチックシンチレーター(PS)を設置し PS と Ge 検出器の信号が同時に発生したものを除く方法(Anticoincidence 法)がある。これまで用いられてきた Anticoincidence 法では、厚い PS(通常、50 mm 厚)を遮蔽外部に設置しているために環境中の γ 線も検出する。このため偶然 Coincidence を起こし、被測定試料中の γ 線を数え落とす確率が高く、更なる改良が必要である。

本研究では、 μ 粒子の波高は検出されるしきい値以上となり、 γ 線の波高はしきい値以下となるように厚さ 3 mm の PS を使用した。また遮蔽内側に PS を設置することで、 γ 線の影響をさらに低減させるようにした。これにより、地上の検出器でも μ 粒子に由来する BG を 1 桁低減できる新しい γ 線測定システムの開発を試みた。

【実験】 180 mm \times 200 mm \times 3 mm の PS (KURARAY 製, SCSN-81) の周囲に深さ 2mm, 幅 1mm の溝を掘り、波長変換光ファイバー(BICRON 製, BCF-91A)を挿入した。同形のものを 5 枚作製し、遮光フィルムで全面を覆った。出力となる 5 本の光ファイバーを一本の光電子増倍管(浜松フォトニクス製, H3165-10 ; 以下 PMT)に接続した。PS は Ge 検出器(Ortec 社製, 463cc, 相対効率 90%)の上面と側面に設置した。その側面は厚さ 10 cm Pb, 20cm Fe, 上面は 2 cm Pb, 20 cm Fe で遮蔽をした(Fig. 1)。PS は宇宙線を模擬した ^{90}Sr を用いて、相対検出効率を測定した。

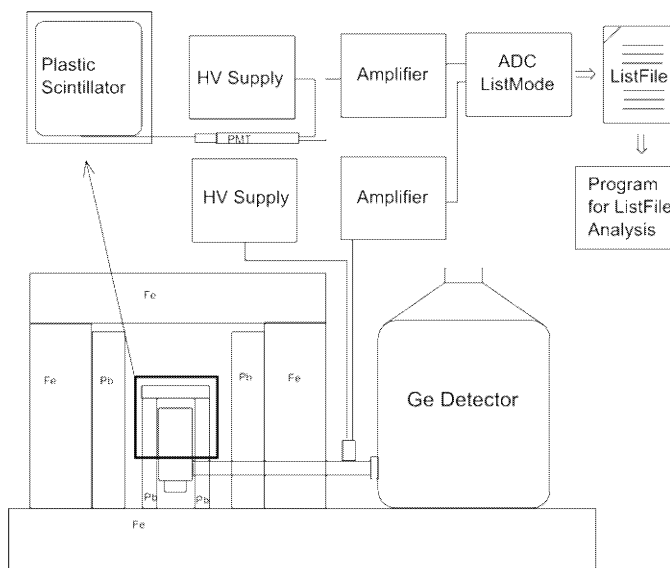


Fig.1 Schematic diagram of a Ge spectrometer.

Ge 検出器及び PS の信号は増幅器を通し ADC に入力した。ADC は入力信号の波高と検出された時刻を ListFile として記録する。この ListFile を解析するために、ソフトウェアを今回新たに作成した。このソフトウェアで、Ge 検出器と PS との信号の Coincidence を取った。Ge 検出器のスペクトルから PS との Coincidence スペクトルを差し引くことで宇宙線由来の BG を除いたスペクトルを得た。

【結果】

適切な Coincidence 時間幅の決定

Ge 検出器と PMT の信号が相対的に何 μ 秒の時間差で検出されるかをプロットした。(Fig. 2) この結果, -14μ 秒と -9μ 秒に二本のピークを観測した. 偶然 Coincidence して除かれるパルスを極力少なくするため, Coincidence の時間幅は Ge のパルスが検出される時間を基準として -20μ 秒 \sim 0μ 秒と決定した.

試料測定における Anticoincidence 法の適用

Ra 試料を測定. 70 keV-4 MeV までの BG 計数率は 138.0 cpm であった. PMT の計数率は 1411 cpm であった. このうち PS と Coincidence して除かれたものは 57.2 cpm であり, BG を 41.5% 低減させることができた.

ピーク別のスペクトルを Fig. 3 に示す. 各ピークの cps は変わらないが, BG を減少させることが出来ている. ^{228}Ac (338 keV, Fig. 3-a) や ^{214}Bi (2204 keV, Fig. 3-e) は BG が減少したためにピークが見えるようになった. ^{40}K , ^{208}Tl のピークも S/N 比が向上していることがわかる (Fig. 3-d, f). 宇宙線由来の γ 線を含む 511 keV の消滅ピークは 47% 低減することができた (Fig. 3-b).

エネルギーごとの BG 減少率を Table 1 に示す. 3 MeV 以上のエネルギー領域は宇宙線のみとなるが, 減少率は最大 53.2% であった.

【考察】

全体で 41.5% の BG を下げることに成功し, 3 mm の PS でも Anticoincidence 法を用いて宇宙線由来の BG を下げることが出来ると証明できた. 今後は PMT の遮光を徹底して計数率を下げることで, TAC のピークが二本に分かれている理由の解明, 一つの Ge 検出器の信号に対して PMT の信号が $2-3 \mu$ 秒の間隔をあけて連続入射している現象の解明, 遮蔽とプラスチックシンチレータの配置を最適化し, ほぼ宇宙線起源である 3 MeV 以上の領域での BG 減少率を 100% に近づけることを検討していく.

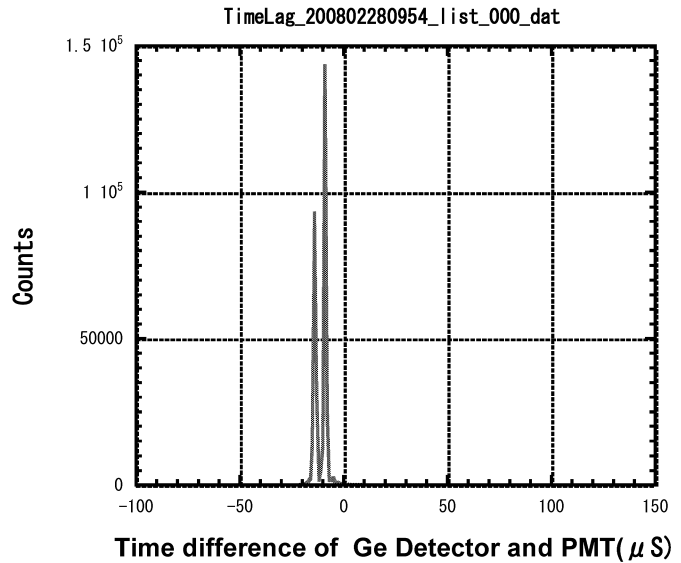


Fig.2 TAC spectrum

Table 1 The background decrease rate of each energy.

Energy (MeV)	0.07 - 1	1 - 2	2 - 3	3 - 4	> 4
Decrease rate (%)	28.7	43.8	44.2	53.2	50.3

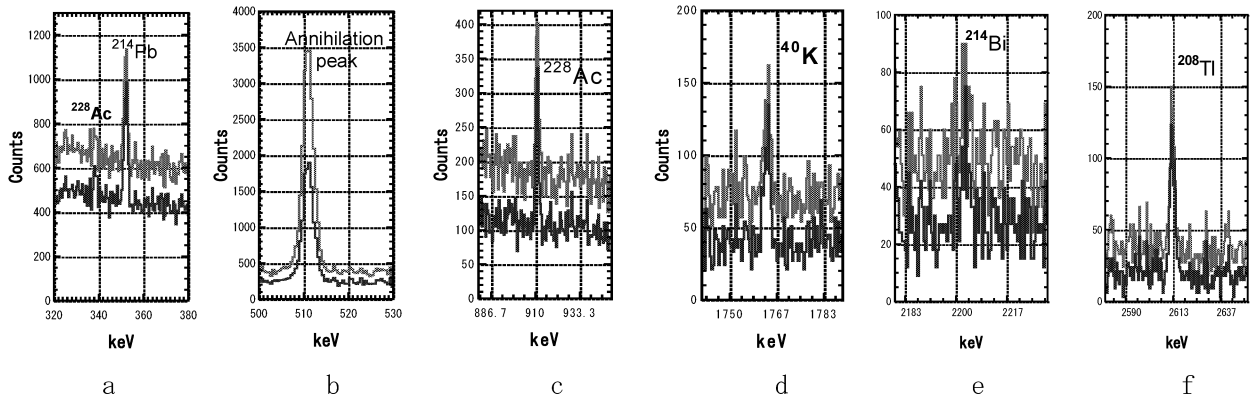


Fig.3 Spectrum of Ra sample.

液体および固体中の環境中性子エネルギー分布

浜島靖典, 小村和久

〒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

Y. Hamajima and K. Komura

Energy distributions of environmental neutron in liquids and solids

1. はじめに

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

2. 実験

16から33gの金箔を、淡水、海水中に水平に吊るした。また重ねたコンクリート板、鉄板、鉛板の間に挿入した。約20日照射後、尾小屋地下測定室で、生成したAu-198の412keV γ 線を約4日間同時に測定した。金標的中の放射能は全て熱中性子によると仮定し、各深度の中性子束を求めた。中性子自己しゃへい、輸送中の照射、 γ 線の自己吸収、計数効率等の補正を行った⁵⁾。

計算コードはMCNPX2.4.0を用いた。3種類の中性子エネルギースペクトル源を仮定してそれぞれ各物質中の深度分布を計算し、金の励起関数と積分し生成放射能を求めた。

3. 結果と考察

実験結果の中から、淡水、コンクリート及び鉛中の環境中性子束深度分布を図1に示す。深度0 g cm⁻²の絶対値の差は、照射期間中の空気中環境中性子束強度差に由来する。淡水中の分布はほぼ指数関数的に減少、コンクリート中では30 g cm⁻²から40 g cm⁻²まで増加後減少、鉛中では表面付近で減少し、その後227 g cm⁻²までの

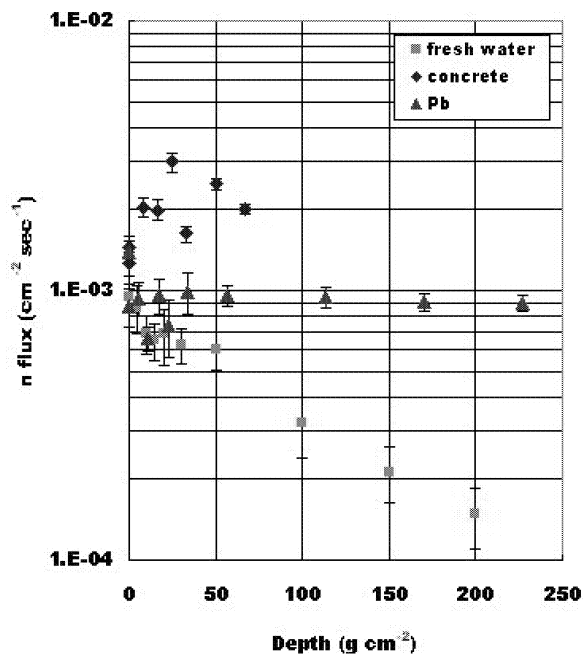


Fig.1 Depth profiles of environmental neutron flux in fresh water, concrete, and lead.

範囲ではほぼ一定で、極大は見られなかった。図のように、物質によって中性子束深度分布は大きく異なる。図2にコンクリート中のMCNPX計算結果の例を示す。環境中性子と同等のエネルギー分布を持つ大気中分布の中性子源を仮定すると、計算結果は実験値をよく再現している。極大は速中性子が減速し生じた熱中性子によるものである。

文献

- 1) Komura, K. and Hamajima, Y., Applied Radiation and Isotopes, 2004, **61**, 185-189.
- 2) Komura, K, J. Radiation Research, 2001, **42**, S17-S29.
- 3) Dunne, J. A. and Elmore D., Earth and Planetary Science Letters, 2003, **206**, 43-49.
- 4) Hamajima, Y. and Komura, K., Applied Radiation and Isotopes, 2004, **61**, 179-183.
- 5) Hamajima, Y. and Komura, K., Radioactivity in the environment, 2006, **8**, 511-519.

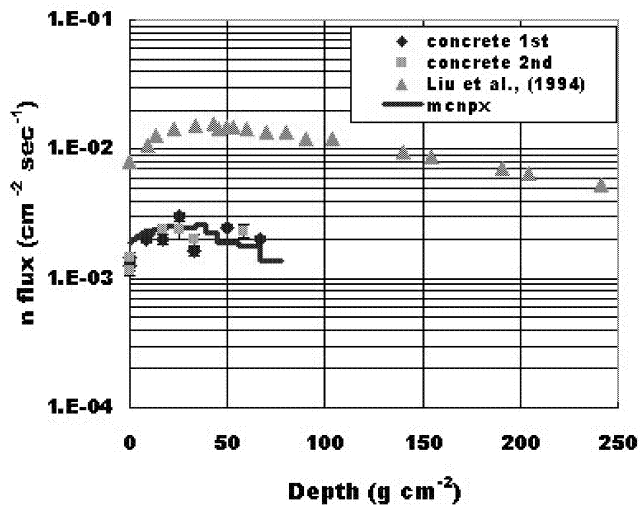


Fig.2 Depth profiles of Au and neutrons in concrete simulated by MCNPX.

夏季のチベット高原上空に形成される氷雲の特徴

當房豊¹, 岩坂泰信¹, 張代洲², 石廣玉³

¹〒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;

²〒862-8502 熊本市月出 熊本県立大学環境共生学部;

³〒100029 中華人民共和国北京市 中国科学院大気物理研究所

Y. Tobo, Y. Iwasaka, D. Zhang, and G. Shi

Characteristics of cirrus ice clouds over the Tibetan Plateau in summer

1. はじめに

北半球の夏季にあたる6～8月にかけて、チベット高原上空に上部対流圏～下部成層圏には「南アジア高気圧(あるいはチベット高気圧)」と呼ばれる総観規模のモンスーン高気圧がしばしば形成される。南アジア高気圧の形成時、その下層では極めて強い上昇流が卓越する。この時に発生する上昇流は、水蒸気を多く含む湿った空気を、上部対流圏さらには下部成層圏にもたらしめているのではないかと考えられている。その一方で、チベット高原上空の上部対流圏では、氷の結晶によって構成される雲が、極めて高い頻度で発生することが報告されている [Li et al., 2005; Fu et al., 2006]。このような氷雲が形成されると、湿った空気塊中の水蒸気を凍結させて除去する作用(脱水作用)が働くことから、氷雲の形成は対流圏-成層圏間での水循環に対して少なからず影響を与えうることが示唆される。しかしながら、これまでのところチベット高原上空の氷雲に関しては、人工衛星観測に基づいた知見しか得られておらず、雲の高度分布や物理的な特性などについての詳細はまだほとんど分かっていない。本研究では、1999年8～9月にチベット自治区のラサ市(29.7° N, 91.1° E, 3650 m a. s. l.)にて実施された気球観測の結果をもとに、チベット高原上空に形成される氷雲の特徴について議論する。

2. 観測方法

雲・エアロゾル粒子の観測は、気球搭載型の光散乱式粒子計測器を用いておこなった。この装置では、波長780あるいは810 nmのレーザー光を粒子に照射し、その前方散乱光を検出することにより、5つの粒子径別(直径0.3, 0.5, 0.8, 1.2, 3.6 μm以上)に数濃度を計測している。通常、上部対流圏に存在するエアロゾル粒子の大部分は、直径1.0 μm以下の大きさをもつ。その一方で、雲粒子は数十ミクロン以上の大きさをもつことから、本研究では高度約10 km以上の高度で観測される3.6 μm以上の粒子は、雲粒子(通常、気温235 K以下の場合、その大部分は氷晶により構成される)であると判断した。計測対象となる粒子を含んだサンプル空気の吸引は、毎分3 lの流量でおこなっている。計測時に生じる計数誤差は、10, 1, 0.1, 0.01 個/cm³の粒子数濃度に対して、±1, ±3, ±10, ±32%である。また、雲・エアロゾル粒子以外にも、気温・気圧をラジオゾンデにより計測している。これらのデータは、自由気球の上昇中に

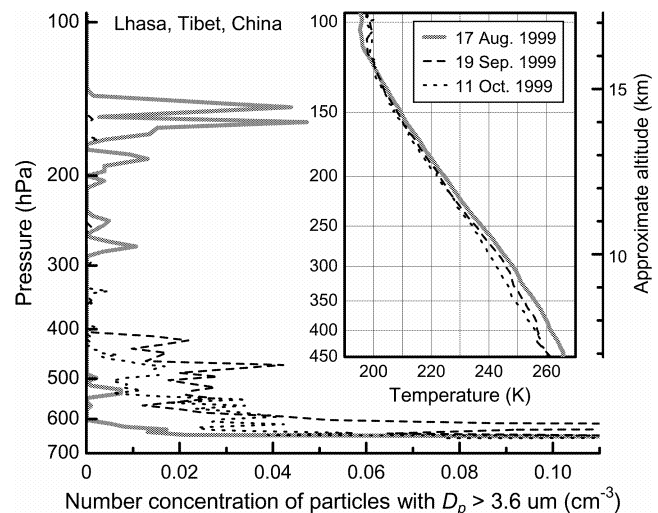


Fig. 1. 1999年8月17日, 9月19日, 10月11日にラサ上空にて計測された直径3.6 μm以上の粒子の数濃度の鉛直分布 [Tobo et al., 2007].

計測されたもので、地上（約 650 hPa あるいは 3650 m）から気球が破裂されるまでの高度（約 10 hPa あるいは 32 km）の間にて計測されたものである。

3. 結果・考察

Fig. 1 は、気球観測により得られた直径 $3.6 \mu\text{m}$ 以上の粒子数濃度および気温の鉛直分布を示したものである。8月17日の結果をみると、高度 300~130 hPa の高度域にいくつかの粒子数濃度のピークがあらわれている。特に 150 hPa 付近において強いピークがみられる。これらは、氷雲粒子を検出した結果もたらされたものであると考えられる。（150 hPa 気圧面はこれまでの人工衛星観測により氷雲が最もよく観測されている高度とも一致している。）その一方で、9月19日、10月11日の気球観測では、上部対流圏の高度において、このようなピークは検出されなかった。

氷雲は対流活動が活発なところでよく観測される。例えば、熱帯付近で発達した積乱雲の頂上に形成される氷雲（かなとこ雲）などがそうである。8月17日の観測時、チベット高原上空の上部対流圏～下部成層圏には高気圧が発生していたことから、観測地点のラサ上空において活発な対流活動がおきていたことがわかる。したがって、計測された氷雲は、この対流活動にともなって発生したものと考えられる。（チベット高原上空の氷雲は、Fig. 1 に示した観測例からもわかるように、必ずしも積乱雲をともなわない。）

氷雲の粒子数濃度に着目した場合、チベット高原上空の上部対流圏において最も顕著なピークが検出されたのは 150 hPa 付近で約 $0.05 \text{ 個}/\text{cm}^3$ であった。熱帯の対流圏界面付近に形成される氷雲が、通常 $1\sim 100 \text{ 個}/\text{cm}^3$ であることを考えると、チベット高原上空で観測された氷雲の濃度は、極めて少ない事がわかる。我々の研究グループでは、このような氷雲を構成する粒子数濃度に大きな差を生じさせる要因として、氷粒子の核形成プロセスの違いによるものと考えている。（この形成プロセスの違いに関する詳細な議論は、*Tobo et al.* [2007] を参照していただきたい。）

引用文献

- Fu, R., Y. Hu, J. S. Wright, J. H. Jiang, R. E. Dickinson, M. Chen, M. Filipiak, W. G. Read, J. W. Waters, and D. L. Wu (2006), Short circuit of water vapor and polluted air to the global stratosphere by convective transport over the Tibetan Plateau, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, *103*, 5664-5669.
- Li, Q., et al. (2005), Convective outflow of South Asian Pollution: A global CTM simulation compared with EOS MLS observations, *Geophys. Res. Lett.*, *32*, L14826, doi:10.1029/2005GL022762.
- Tobo, Y., D. Zhang, Y. Iwasaka, and G. Shi (2007), On the mixture of aerosols and ice clouds over the Tibetan Plateau: Results of a balloon flight in the summer of 1999, *Geophys. Res. Lett.*, *34*, L23801, doi:10.1029/2007GL031132.

石川県津幡町南部鳥越～富山県小矢部市北西部横谷地域の層序

谷 英治¹, 伊藤恒平², 浅井健史³, 塚脇真二⁴

¹〒926-8586 七尾市本府中町ソ 27-9 石川県中能登土木総合事務所

²〒461-0001 名古屋市東区泉 1 丁目 23-22 トヨタホーム愛知株式会社

³〒468-0054 名古屋市天白区横町 713 名古屋市上下水道局天白営業所

⁴〒920-1192 金沢市角間町 環日本海域環境研究センター

E. Tani, K. Ito, K. Asai, and S. Tsukawaki

Stratigraphy of Torigoe in the Southern Part of Tsubata-town, Ishikawa Prefecture to Yokotani in the Northwestern Part of Oyabe City, Toyama Prefecture, Central Japan

1. はじめに

本研究の調査対象となった石川県津幡町南部鳥越から富山県小矢部市北西部横谷にかけての地域(図1)は, 国道8号線やJR北陸本線がとおる北陸地方の交通の要所であり北陸新幹線の工事も着々と進んでいる. しかし, 本地域の地質については市原ほか(1950)や角ほか(1989)などの調査報告があげられるもののいずれも5万分の1程度の精度であり, この地域の社会的かつ地質学的な重要性を考えるとその再調査は急務といえた.

石川県金沢市およびその周辺部における高精度地質図の整備をめざし, 筆者らはこれまで金沢市の主要部を中心に南は同小松市北部, 東は同医王山から富山県南砺市(旧福光町), 同小矢部市西部, そして北は金沢市北縁部から津幡町南縁部にかけての高精度地質図を公表してきた(塚脇・陰地, 2008). そこで, この成果を北へさらに拡大発展させることを目的にこの地域の地質を精査し10,000分の1岩相地質図ならびに推定地質断面図, および100分の1地質柱状図を作成した. その概要を以下に述べる.

本稿は, 谷英治, 伊藤恒平, および浅井健史の平成19年度金沢大学工学部土木建設工学科卒業論文「富山県小矢部市北西部安楽寺～横谷地域の地質」, 同「石川県津幡町南部九折～富山県小矢部市北西部安楽寺地域の地質」, および同「石川県津幡町南部鳥越～九折地域の地質」の層序にかかる現時点での総括であり, 地質図や推定地質断面図などは一部地域の再調査後に稿を改めて報告する予定である. 本研究を進めるにあたり, (株)アーケジオ陰地章仁氏には野外にご同行いただき議論いただいた. ここに記して感謝の意を表す.

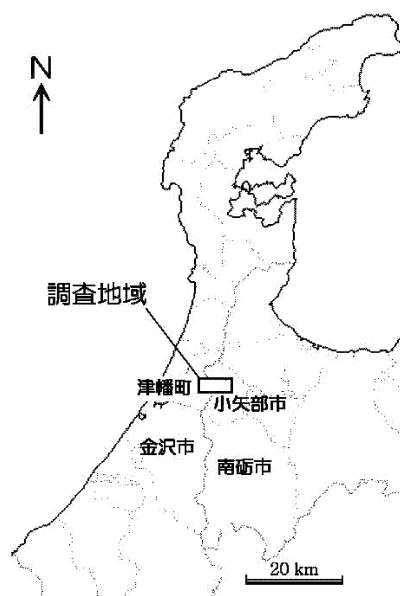


図1. 石川県津幡町鳥越～富山県小矢部市横谷地域の位置

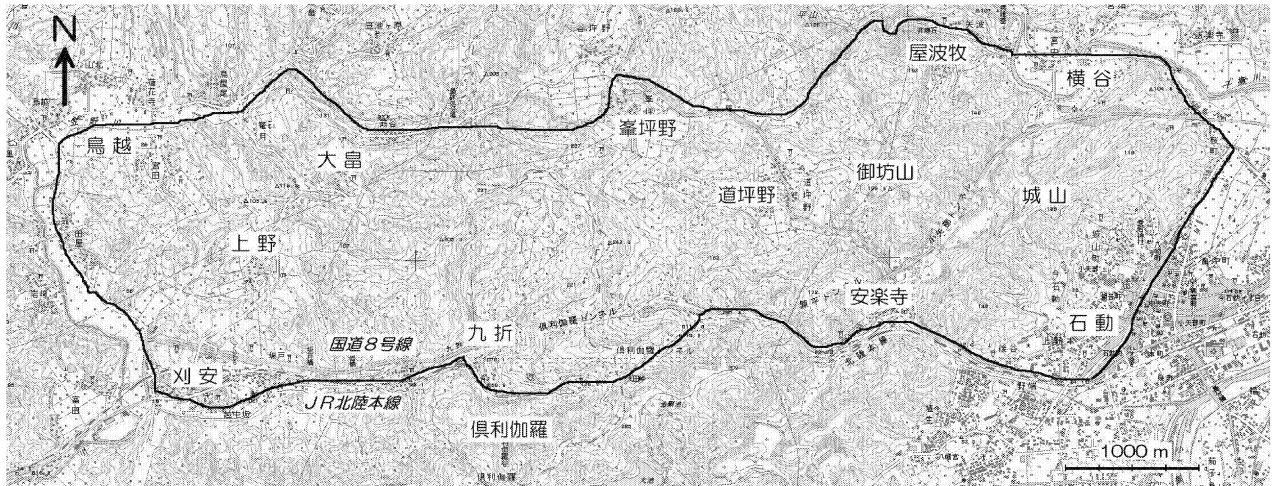


図2. 調査範囲および調査地の地形（国土地理院発行 25,000 分の 1 地形図に加筆）。

2. 地形・層序概説

調査地域は、東を小矢部市石動市街地、西を津幡町刈安から鳥越にかけての沖積平野、南を J R 北陸本線および国道 8 号線、北を津幡町鳥越から同大島をとって小矢部市峯坪野、そして横谷にいたる線で境される東西約 10km、南北約 3 km の地域である（図 2）。調査地域東部には標高 188m の城山や同 199 m の御坊山を中心とする急峻な山稜が北東－南西方向に並ぶ。同中央部は標高 200～250m 程度の台地となり短いながらも急な沢が発達する。同西部は西へ向かって標高を緩やかに減じながら沖積平野へ連続する比較的なだらかな丘陵地形で特徴づけられる。

今回の調査で明らかになった津幡町南部鳥越から小矢部市北西部横谷にかけての層序を表 1 に示す。本地域の層序は下位より中部中新統小野層、同吉倉層、上部中新統下中層、上部中新統～鮮新統高窪層、同砂山層、下部更新統大桑層、下～上部更新統卯辰山層、そして沖積層に区分される。各層の岩相や層位関係などは次章で述べる。

3. 層序各論

- (1) 小野層 (Ono Formation) : 角ほか (1989)。模式地は高岡市 (旧福岡町) 小野 (角ほか)。調査地域での層厚は 120m 以上。下限は不明。上位の吉倉層とは不整合関係にある。調査地域東部の道坪野から矢波川にかけて狭小に分布する。きわめて硬い砂岩泥岩互層からなり、泥岩には平行葉理や斜交葉理の発達著しい。一方の砂岩にも層理の発達が観察される。
- (2) 吉倉層 (Yoshikura Formation) : 市原ほか (1950)。模式地は津幡町吉倉 (市原ほか)。調査地域での層厚は 280m 以上。上位の下中層とは整合関係にある。調査地域中央部の天田峠から道坪野をへて東部の屋波牧にかけて分布するほか、同西部の大島、刈安、そして鳥越にかけて広範囲に分布する。微細な白色軽石を含む青灰色泥岩を主体とし凝灰岩が挟在する。下位は砂質泥岩となる。

表 1. 石川県津幡町鳥越～富山県小矢部市横谷地域における総合模式地質柱状図.

完 新 世	沖積層	未固結の泥、砂、礫から構成される。小矢部川や子撫川などの主要な河川沿いに狭小に分布する。層厚約10m.	
後 期 更 新 世	卯辰山層	基底部に礫岩・粗粒砂岩互層があり、細粒砂岩、含礫細～粗粒砂岩、砂質泥岩などがおおまかに互層する。調査地域東縁部に分布。層厚250m以上。	
前 期 更 新 世	大 桑 層	上 部	脆弱で淘汰不良の黄褐色細粒砂岩から構成される。塊状無層理。下位には泥質砂岩がある。調査地域東部の城山付近に分布。層厚約20m.
		中 部	暗灰色あるいは青灰色の細粒砂岩から構成され、凝灰岩や貝化石層が挟在する。調査地域東部の城山付近に分布。層厚約100m.
		下 部	青灰色あるいは暗灰色の泥岩や砂質泥岩を主体とし、凝灰岩が挟在する。調査地域東部の城山付近に分布。層厚20～50m.
鮮 新 世	砂山層	脆弱で淘汰きわめて不良の中～粗粒砂岩から構成される。細～小礫が散在しこれらは層をなすことがある。東部の国道8号線沿いに分布。最大層厚約300m.	
後 期 中 新 世	高窪層	青灰色あるいは暗灰色の砂質泥岩/泥質砂岩を主体とし凝灰岩が挟在する。二枚貝化石がまれに発見される。調査地域東部に分布。層厚約300m.	
	下中層	青灰色の細～粗粒砂岩からなり泥岩の薄層が挟在する。細粒砂岩は植物化石や二枚貝を産出する。調査地域東部に帯状に、また西部にも分布。層厚約200m.	
中 期 中 新 世	吉倉層	微細な白色軽石を含む青灰色泥岩を主体とし凝灰岩が挟在する。下位層準は砂質泥岩となる。調査地域西部全域および中央部、東部に分布。層厚約280m.	
	小野層	きわめて硬い砂岩泥岩互層からなり、泥岩には平行葉理や斜交葉理の発達が著しい。調査地域北東部の道坪野付近に分布。層厚120m以上。	

- (3) 下中層 (Shimonaka Formation) : 角ほか (1989). 模式地は津幡町下中 (市原ほか, 1950). 調査地域での層厚は約 200m. 上位の高窪層とは整合関係にある。調査地域東部の横谷から御坊山付近をとおり屋波牧へかけて帯状に分布するほか、同中央部の峯坪野から九折にかけても分布がみられる。青灰色の細～粗粒砂岩からなり泥岩の薄層が挟在する。細粒砂岩は植物化石や二枚貝を産出する。
- (4) 高窪層 (Takakubo Formation) : 市原ほか (1950). 再定義, 吉岡ほか (1999). 模式地は南砺市 (旧福光町) 高窪. 調査地域での層厚は約 300m. 砂山層は本層に挟在する。上位の大桑層とは不整合関係にある。調査地域東部の安楽寺から横谷にかけて帯状に分布する。青灰色あるいは暗灰色の砂質泥岩/泥質砂岩を主体とし凝灰岩が挟在する。二枚貝化石がまれに発見される。
- (5) 砂山層 (Sunayama Formation) : 井上ほか (1964). 模式地は小矢部市砂山. 調査地域での最大層厚約 300m. 高窪層に挟在する。調査地域東部を南西－北東に走る国道 8 号線沿いに帯状に分布する。淘汰がきわめて悪い黄褐色の細～粒砂岩を主体とする。細～中礫がふつうに散在し層準によってはこれらが密集して層をなすことがある。
- (6) 大桑層 (Omma Formation) : 望月 (1930). 再定義, 今井 (1959). 再定義, 清水ほか (1998). 模式地は金沢市大桑 (望月). 調査地域での層厚は最大約 180m. 上位の卯辰山層とは整合関係にある。調査地域東縁部の城山を中心とする南西－北東の帯状に分布する。青灰色あるいは暗灰色の泥岩や砂質泥岩を主体とし凝灰岩が挟在する下部, 青灰色細粒砂岩からなり貝化石層や凝灰岩が挟在する中部, および塊状無層理の黄褐色細粒砂岩の上部に三区区分される。

- (7) 卯辰山層 (Utatsuyama Formation) : 望月 (1930). 再定義, 今井 (1959). 模式地は金沢市卯辰山 (望月). 調査地域での層厚は 250m 以上. 上限不明. 調査地域東縁部の城山南東斜面に帯状に分布する. 基底部に礫岩・粗粒砂岩互層があり, 細粒砂岩, 含礫細～粗粒砂岩, 砂質泥岩などがおおまかに互層し, 水平方向に著しい岩相変化を呈する.
- (8) 沖積層 (Alluvial Deposits) : 層厚最大 10m. 調査地域の主要河川沿いに分布し, 未固結の泥, 砂, 礫から構成される.

4. まとめと今後の課題

本研究によって高精度地質図がこれまで未整備であった石川県津幡町南部から富山県小矢部市北西部にかけての縮尺 10,000 分の 1 地質図をとりまとめることができた. これは本地域における今後の開発・保全や生涯教育などの諸事業の基礎資料となるものといえる. また, これまでの研究で情報不足とされてきた (塚脇・陰地, 2008) 中部中新統吉倉層や同下中層の岩相ならびに分布の詳細を記載したという点で地質学的な意義も大きい. 今後, 調査範囲を北へさらに展開することでこれらの地層群の全体像の把握を行うとともに, これまでの研究のさらなる拡大発展を狙いたい.

引用文献

- 今井 功, 1959 : 5 万分の 1 地質図幅「金沢」および同説明書. 地質調査所, 27p+英文要旨 3p.
- 井上政昭・水野篤行・野沢 保, 1964 : 5 万分の 1 地質図幅「津幡」および同説明書. 地質調査所, 32p+英文要旨 5p.
- 市原 実・石尾 元・森下 昌・中川衷三・津田禾粒, 1950 : 富山県及石川県の地質学的研究 (その 2), 金沢・石動・福光地域. 地学, 2, p. 17-27.
- 望月勝海, 1930 : 金沢付近の地史 (摘要). 地質学雑誌, 37, p. 278-280.
- 清水 徹・西川政弘・塚脇真二, 1998 : 石川県金沢市卯辰山～上涌波地域の地質—とくに下部更新統大桑層の岩相層序について—. 金沢大学日本海域研究所報告, 29, p. 91-114.
- 角 靖夫・野沢 保・井上正昭, 1989 : 5 万分の 1 地質図幅「石動」および同説明書. 地質調査所, 58p+英文要旨 3p.
- 塚脇真二・陰地章仁 : 2008, 石川県金沢市ならびにその周辺地域の上部新生界層序. 日本海域研究, 39, p. 17-30.
- 吉岡 勉・金山悟志・西井敏恭・塚脇真二, 1999 : 石川県金沢市北東部下涌波～田上地域の地質—とくに下部更新統大桑層の岩相層序について—, 金沢大学日本海域研究所報告, 30, p. 35-67.

安定成層山越え気流による大気汚染物質の移流・拡散シミュレーション

海野俊太郎¹, 木村繁男²

¹〒920-1192 金沢市角間町 金沢大学大学院自然科学研究科;

²〒920-1192 金沢市角間町 金沢大学環日本海域環境研究センター

S. Unno and S. Kimura

Numerical simulation of atmospheric pollutant dispersion in stratified flows over a two-dimensional mountain

1. 緒論

大気汚染物質の移流・拡散メカニズムの解明は、大気環境に注目が集まる現在、非常に重要なテーマである。このメカニズムの解明に、数値解析は極めて有効であるが、大気の振る舞いは地形形状およびその規模、大気の安定度などにより複雑に変化するため、比較的単純な気象現象に焦点を絞り解析されることが多い。例えば、山越え気流はその一つであり、2次元性のよい山脈の場合、風下山岳波、おろし風などの山岳風下側の現象が多数研究されている。一方、“風上ブロッキング”などの風上側の気象現象に注目した研究は少ないのが実情である。風上ブロッキングとは「山脈の風上で地表面付近の大気が山を越えることができず、流れが風上側でよどむ現象」であり⁽¹⁾、大気安定度によってブロッキング効果に変化し、汚染物質の拡散に大きな影響があると予想される。従って、本研究では、風上ブロッキングが大気汚染物質の移流・拡散過程に与える影響を明らかにするため、2次元数値解析を実施した。

2. 数値計算法

本研究では、2次元性の強い山越え気流を検討するため、2次元流れ場を解析する。本シミュレーションの支配方程式は、連続の式 (1), Navier-Stokes 方程式 (2), (3), (4), 温位の輸送方程式 (5), そして、スカラー濃度の輸送方程式 (6) である。

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial uu}{\partial x} + \frac{\partial wu}{\partial z} = -c_p \theta_0 \frac{\partial \pi}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x} \left\{ \nu_t \left(\frac{\partial u}{\partial x} \right) \right\} + \frac{\partial}{\partial z} \left\{ \nu_t \left(\frac{\partial u}{\partial z} \right) \right\} + f_v \quad (2)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + \frac{\partial uv}{\partial x} + \frac{\partial wv}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} \left\{ \nu_t \left(\frac{\partial v}{\partial x} \right) \right\} + \frac{\partial}{\partial z} \left\{ \nu_t \left(\frac{\partial v}{\partial z} \right) \right\} - f_u \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial w}{\partial t} + \frac{\partial uw}{\partial x} + \frac{\partial ww}{\partial z} &= -c_p \theta_0 \frac{\partial \pi}{\partial z} \\ &+ \frac{\partial}{\partial x} \left\{ \nu_t \left(\frac{\partial w}{\partial x} \right) \right\} + \frac{\partial}{\partial z} \left\{ \nu_t \left(\frac{\partial w}{\partial z} \right) \right\} + \frac{\theta'}{\theta_0} g \end{aligned} \quad (4)$$

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} + \frac{\partial u\theta}{\partial x} + \frac{\partial w\theta}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} \left\{ \frac{\nu_t}{\sigma_T} \left(\frac{\partial \theta}{\partial x} \right) \right\} + \frac{\partial}{\partial z} \left\{ \frac{\nu_t}{\sigma_T} \left(\frac{\partial \theta}{\partial z} \right) \right\} \quad (5)$$

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \frac{\partial uC}{\partial x} + \frac{\partial wC}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} \left\{ \nu_t \left(\frac{\partial C}{\partial x} \right) \right\} + \frac{\partial}{\partial z} \left\{ \nu_t \left(\frac{\partial C}{\partial z} \right) \right\} + C_{in} \quad (6)$$

ここで、 t は時間、 u, v, w はそれぞれ x, y, z 方向の速度成分、 π はエクスター関数である。 θ は温位であ

り, 基準温位 $\bar{\theta}$, 変動温位 θ' として $\theta = \bar{\theta} + \theta'$ に分けられる. θ_0 は後述する参照温位, c_p は定圧比熱, g は重力加速度, f はコリオリパラメータ, ν_t は渦粘性係数, σ_T は乱流プラントル数, そして, c はスカラー濃度, C_m はスカラー濃度の生産項である. ただし, コリオリ力を考慮するため, 式(3)を付加している. また, 本研究で対象とする大気流れは概ね乱流状態にあるため, 乱流モデルの導入が不可欠である. 従って, 本研究では Rodi⁽²⁾により提案された成層効果を考慮した $k-\epsilon$ モデルを採用した.

本計算では, 基準温位の鉛直分布は直線を仮定する. 従って, 温位は微小流体塊が成層流において断熱的に振動する場合の周波数である Brunt-Vaisala 周波数 N から与えた.

$$N^2 = \frac{g}{\theta_0} \frac{d\bar{\theta}}{dz} \quad (7)$$

ここで, θ_0 は参照温位で $z = 0.5h_0$ における $\bar{\theta}$ の値を用いる. また, h_0 は山の高さを表す.

大気安定度を評価するパラメータとして, 次式で定義される Froude 数 Fr を用いた.

$$Fr = \frac{U}{Nh_0} \quad (8)$$

上式から N が大きくなるほど, つまり, Fr 数が小さくなるほど大気は安定側になる. 一方, Fr 数が大きくなると流れは中立に近づき, $Fr = \infty$ では温位は全領域で一定となる.

計算領域と境界条件を図 1 に示す. 計算領域は主流方向に 100 [km], 鉛直方向に 18 [km] と設定し, 地表面上の中央 ($b = 50$ km) に次式で与えられるベル形状の山を配置した.

$$h(x) = \frac{h_0}{1 + \left(\frac{x-b}{a}\right)^2} \quad (9)$$

ここで, $h_0 = 500$ [m] は山の高さであり, a は山の半値幅である. 計算格子点数は主流方向, 鉛直方向に 250×150 点である. 境界条件は, 流入境界は, 一様流速 $U = 5$ [m/s] を与え, 流出境界は諸量に関して放射条件, 天井面を対称境界, 地表面は対数則を用いた.

流れ場の計算は有限差分法を使用し, 圧力と速度のカップリングは SMAC 法, 支配方程式の離散化は時間項がオイラー陽解法, 対流項は QUICK 法, 拡散項は 2 次精度中心差分を用いた.

また, 大気汚染物質の輸送はスカラー濃度の移流・拡散により模擬した.

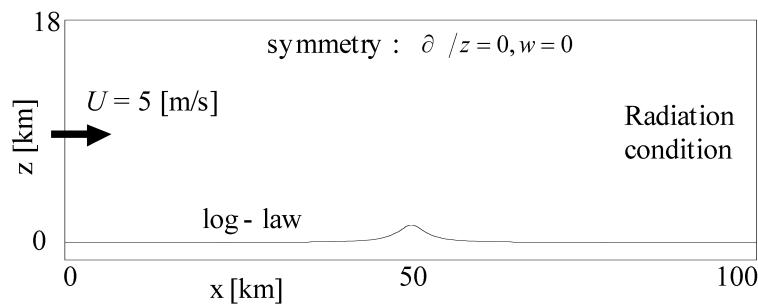


Fig.1 Computational domain and boundary conditions

3. 計算結果及び考察

本計算では, 大気安定度と地形形状が流れ場に与える影響を検討するため, Fr 数と半値幅 a をパラメータに解析を行った. また, 大気汚染物質の排出源高度が汚染物質の移流・拡散過程に与える影響も検討した. 以下に計算結果をまとめる. 尚, 以下の結果は全て時刻 $t = 10000$ [s] の計算結果である.

3.1 安定度が流れ場に与える影響 大気安定度が流れ場に与える影響を検討するため, $Fr = \infty, 1.0, 0.5$ の 3 ケースの解析を行った. 図 2 に $Fr = \infty, 0.5$ の水平方向速度の鉛直分布を示す. $Fr = \infty$

では成層効果の影響を受けないため、流れはよどみなく山を越えることができる。一方、安定度が非常に高い $Fr = 0.5$ では山の風上側で気流が大きく減速し、山の風上側領域で流れがよどんでいる。従って、大気安定度の増加に伴い、風上ブロッキングの影響が強くなることが分かる。また、山より上空の領域では安定度の増加に伴い、風速が増加している。これは、風上ブロッキングの影響により、風上側の上空で流量が増加したことによると考えられる。

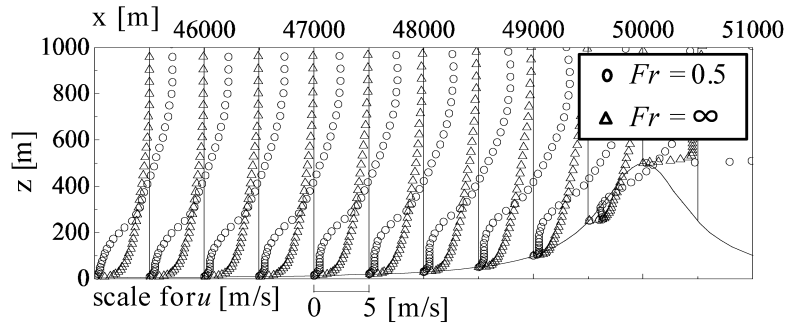


Fig.2 Vertical profiles of horizontal velocity for $Fr = 0.5, \infty$

3. 2 半値幅が流れ場に与える影響 半値幅が流れ場に与える影響を検討するため $Fr = 0.5$ において、 $a = 250, 500$ [m]の解析を行った。図3に水平方向速度の鉛直分布を示す。図3より、各半値幅において風速分布はほぼ一致し、半値幅の変化が流れ場に与える影響は見られないことが分かる。

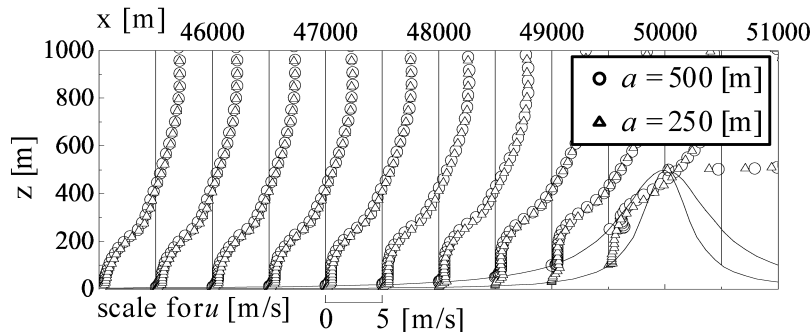


Fig.3 Vertical profiles of horizontal velocity for $a = 250, 500$ [m]

3. 3 排出源高度がスカラー濃度の拡散に与える影響

一般に、工場煙突の高さなど、排出源の高度によって大気汚染物質の拡散は大きく変化すると考えられる。従って、本節では、大気安定度だけでなく排出源高度が大気汚染物質に与える影響を併せて検討する。従って、排出源位置は山の風上側の $x = 45$ [km]、高度 $z = 50, 150, 250$ [m] の3点に設定した。図4に排出源高度 $z = 50$ [m] における計算結果を示す。 $Fr = \infty$ では、成層効果の影響を受けないため、スカラー濃度はよどみなく山を越えることができる。一方、成層効果の影響を受ける $Fr = 0.5$ では、風上ブロッキングの影響により、スカラー濃度はほとんど山を越えることができずに山の風上側に滞留していることが分かる。

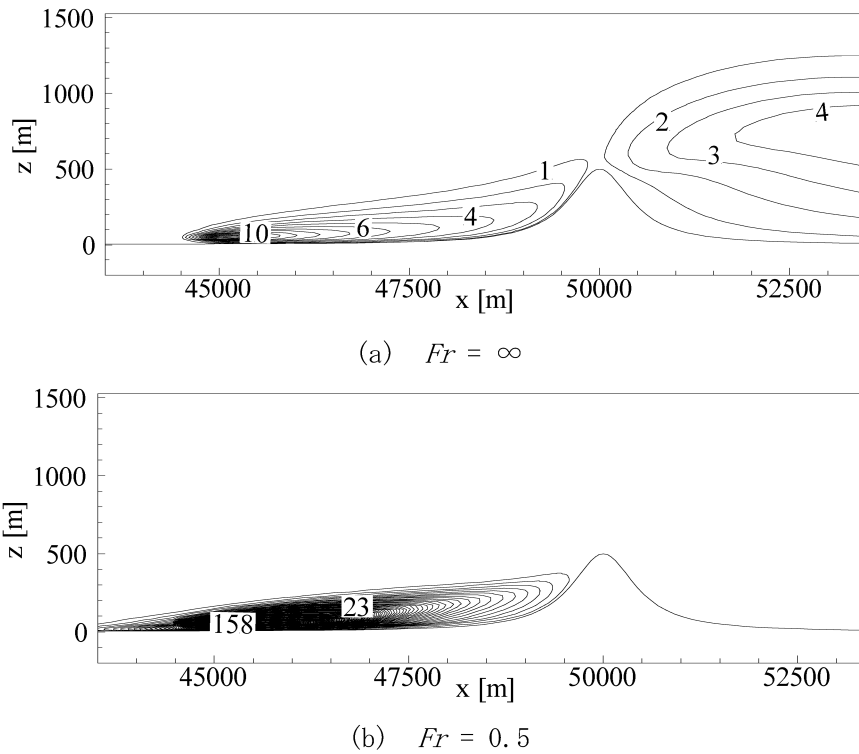


Fig.4 Scalar concentration profiles for 50 m high source point

次に、排出高度と風上側に滞留するスカラー濃度の相関を検討する．このため、図5に、各排出源高度における風上側全領域のスカラー濃度の積分値 C_{up} を Fr 数毎にプロットした．ただし、図中の値は全排出量 C_{all} で規格化してある．図5から、排出高度が高くなると風上側でのスカラー濃度は低くなる傾向を示し、 $z = 250$ [m]では、安定度に関わらずほぼ一定値となっていることが分かる．これは、排出源の高度が、風上ブロッキングの領域よりも高い位置にあるからである．

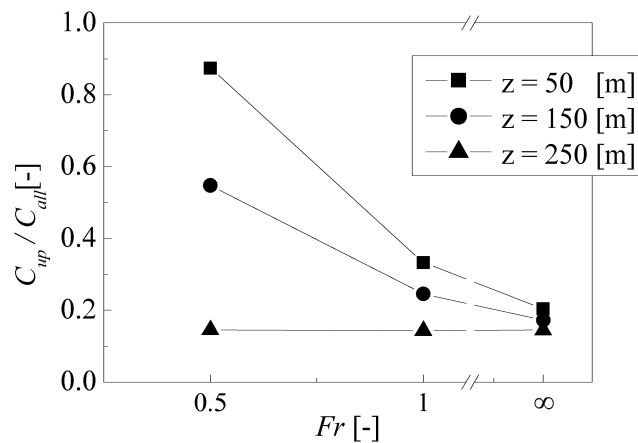


Fig.5 Normalized integrated scalar concentration in the windward side of the mountain

3. 4 地表面における濃度 大気安定度と地表面付近の汚染物質の相関を詳しく検討するため、図6に地表面でのスカラー濃度分布を示す．排出源高度 $z = 50$ [m] の場合、安定度の高い $Fr = 0.5$ では風上ブロッキングの影響によりスカラー濃度が風上側で上昇している．

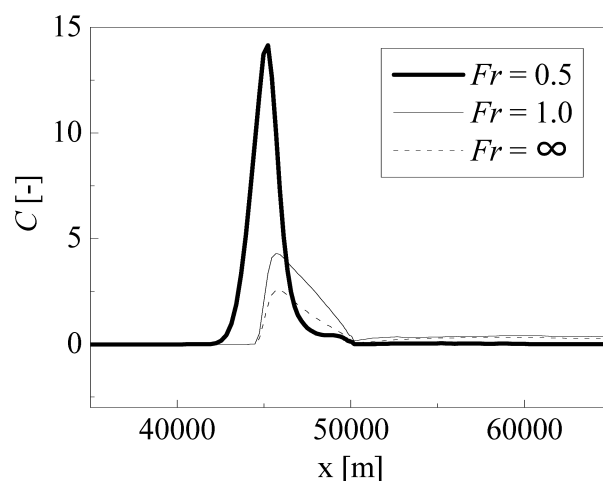


Fig.6 Scalar concentration on the ground for $z = 50$ [m]

4. 結論

山越え気流を対象に，風上ブロッキングが大気汚染物質の移流・拡散過程に与える影響を2次元数値解析により解析し，以下の結論を得た．

- (1) 大気の安定度が高くなるほど，風上ブロッキングが強く発達することを明らかにした．
- (2) 安定成層山越え気流において，山の幅が流れ場に与える影響は非常に小さいことを明らかにした．
- (3) 排出源高度が低く，風上ブロッキングが強く発達するほど，風上側に高濃度のスカラー濃度が滞留することを明らかにした．

参考文献

- (1) Peter G. Baines, Upstream blocking and airflow over mountains, *Ann. Rev. Fluid. Mech.*, 19 (1987), pp.75-97.
- (2) Rodi, W., Calculation of stably stratified shear-layer flows with a buoyancy-extended $k-\varepsilon$ turbulence model, *Turbulence and Diffusion in Stable Environments*, Oxford Univ, (1985), pp. 111-140.

バイブレーションによる加速度負荷に対する骨芽細胞及び破骨細胞の応答

鈴木信雄¹, 北村敬一郎², 根本 鉄², 服部淳彦³

¹〒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;

²〒920-0942 金沢市小立野 金沢大学大学院医学系研究科;

³〒272-0827 千葉県市川市国府台 東京医科歯科大学教養部

N. Suzuki, K. Kitamura, T. Nemoto, and A. Hattori

Response of osteoblasts and osteoclasts to acceleration loading by vibration

魚類のウロコは、膜性骨に似た硬組織であり¹⁾, I型コラーゲンからなる線維層とヒドロキシアパタイトから構成される骨質層の上に、骨芽細胞と破骨細胞が共存し、骨代謝を行っている。そこで我々はウロコの特徴に注目し、キンギョのウロコを用いて培養システムを開発した。キンギョの場合、1個体からほぼ均一な細胞活性をもつウロコを約100枚もサンプリングでき、ホルモン^{2,3)}, 内分泌攪乱化学物質^{4,5)}, 重金属⁶⁾等の様々な物質に対する影響を容易に解析できる。したがってウロコを用いると、株細胞や初代培養細胞では再現できない骨芽細胞と破骨細胞の相互作用が、生体内に近い状態で再現できる。そこで本研究では、バイブレーションによる加速度の影響を解析した。

材料としてキンギョ (*Carassius auratus*) を用い、以下2種類の実験を行った。

実験1: バイブレーションによる加速度負荷の骨芽細胞及び破骨細胞に及ぼす影響

材料としてキンギョ (メス, 体重50-80 g) を用いた。これらのキンギョをMS-222で麻酔し、キンギョからウロコを取った。そのウロコを1.5 ml用のエッペンドルフチューブ (BM機器) に入れた。次にそのチューブにHEPES (20 mM) (pH 7.0) 及び抗生物質 (1%) を含む培地 (MEM, ICN Biomedicals Inc.) を500 µl加え、ウロコが回転により動かなくするために、綿球 (直径1 cm) を入れてウロコを固定した。このチューブをFig. 1の装置にセットし、0.5, 1, 2, 4, 6Gで5及び10分間処理し、その後6及び24時間培養後、ウロコの骨芽及び破骨細胞の活性を測定した。骨芽細胞及び破骨細胞の活性の測定方法は Suzuki and Hattori (2002) により行った。

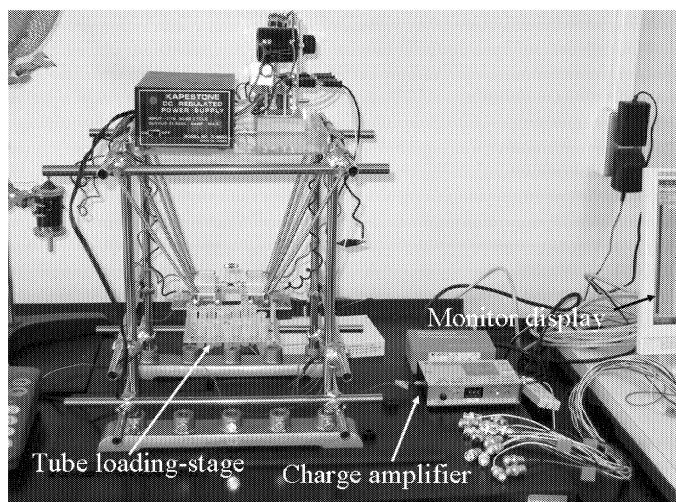


Fig. 1 Photograph of a custom-made G-load apparatus, providing a sine wave of acceleration ranging from 0.5-G to 12-G.

なおこの加速度発生装置は、サンプルステージに直接加速度計を設置し、それを増幅し、モニターにおいてリアルタイムで表示し、実際にチューブに加わっている加速度を計測しながら実験を行った。

実験2: ウロコの骨芽細胞及び破骨細胞で発現している遺伝子に対する加速度負荷の影響

キンギョのウロコを取り、実験1と同様に Fig. 1 の装置にチューブをセットし、0.5, 1, 2, 4, 6G で 5 及び 10 分間処理し、その後 6 及び 24 時間培養した。そのウロコからアイソゲン（ニッポンジーン）により mRNA を抽出し、タカラのキットを用いて cDNA を合成した。骨芽細胞のマーカである estrogen receptor (ER) 及び破骨細胞のマーカである tartrate-resistant acid phosphatase (TRAP) の発現を RT-PCR により解析した。

ウロコの骨芽細胞は 1G という低強度の重力刺激にも応答し、強度が上昇すると共に骨芽細胞の活性も上昇し、6G で最も高くなった。なお、骨芽細胞の応答は主に 6 時間培養で有意に変化し、24 時間培養では 6G のみ有意に上昇した。一方破骨細胞も 0.5 及び 1G という低強度の重力刺激でも反応し、6 時間培養では変化せず、24 時間でその活性が低下した。2G で最も破骨細胞の活性抑制作用が強く、6 及び 24 時間でも反応した。4 及び 6G では有意差が認められたが、徐々に破骨細胞の活性抑制作用が低下し、6 時間培養でのみ有意差が認められた。

これらの細胞活性の変化は、骨芽及び破骨細胞のマーカである ER mRNA と TRAP mRNA の変化ともほとんど一致した。即ち、ER mRNA の発現は 6 時間培養において 2, 4 及び 6G の負荷で有意に上昇し、TRAP mRNA の発現は、低強度 (0.5 及び 1G) では 24 時間培養後に低下し、2, 4 及び 6G では 6 時間培養で低下することが判明した。

本研究により得られた骨芽細胞と破骨細胞の反応は、骨芽細胞と破骨細胞の相互作用により行われている可能性が高く、今後遺伝子発現を中心に調べていく予定である。

引用文献

- 1) 田畑 純, 鈴木信雄, 服部淳彦: 魚鱗—硬組織研究と再生研究のフロンティア. 細胞, 39: 55-57 (2007)
- 2) Suzuki, N., Suzuki, T. and Kurokawa, T.: Suppression of osteoclastic activities by calcitonin in the scales of goldfish (freshwater teleost) and nibbler fish (seawater teleost), *Peptides*, 21: 115-124 (2000)
- 3) Suzuki, N. and Hattori, A.: Melatonin suppresses osteoclastic and osteoblastic activities in the scales of goldfish. *J. Pineal Res.*, 33: 253-258 (2002)
- 4) Suzuki, N. and Hattori, A.: Bisphenol A suppresses osteoclastic and osteoblastic activities in the cultured scales of goldfish, *Life Sci.*, 73: 2237-2247 (2003)
- 5) Suzuki, N., Tabata, M.J., Kambegawa, A., Srivastav, A.K., Shimada, A., Takeda, H., Kobayashi, M., Wada, S., Katsumata, T. and Hattori, A.: Tributyltin inhibits osteoblastic activity and disrupts calcium metabolism through an increase in plasma calcium and calcitonin levels in teleosts, *Life Sci.*, 78: 2533-2541 (2006)
- 6) Suzuki, N., Yamamoto, M., Watanabe, K., Kambegawa, A. and Hattori, A.: Both mercury and cadmium directly influence calcium homeostasis resulting from the suppression of scale bone cells: the scale is a good model for the evaluation of heavy metals in bone metabolism, *J. Bone Miner. Metab.*, 22: 439-446 (2004)

謝辞

本研究の一部は、科学研究費補助金（基盤研究（C）No. 18500375, 代表：鈴木信雄）の援助により行われた。

新規ブロモメラトニン誘導体の破骨細胞及び骨芽細胞に対する影響

鈴木信雄¹, 染井正徳², 北村敬一郎³, 服部淳彦⁴

¹〒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;

²〒920-1192 金沢市角間町 金沢大学大学院自然科学研究科;

³〒920-0942 金沢市小立野 金沢大学大学院医学系研究科;

⁴〒272-0827 千葉県市川市国府台 東京医科歯科大学 教養部

N. Suzuki, M. Somei, K. Kitamura, and A. Hattori

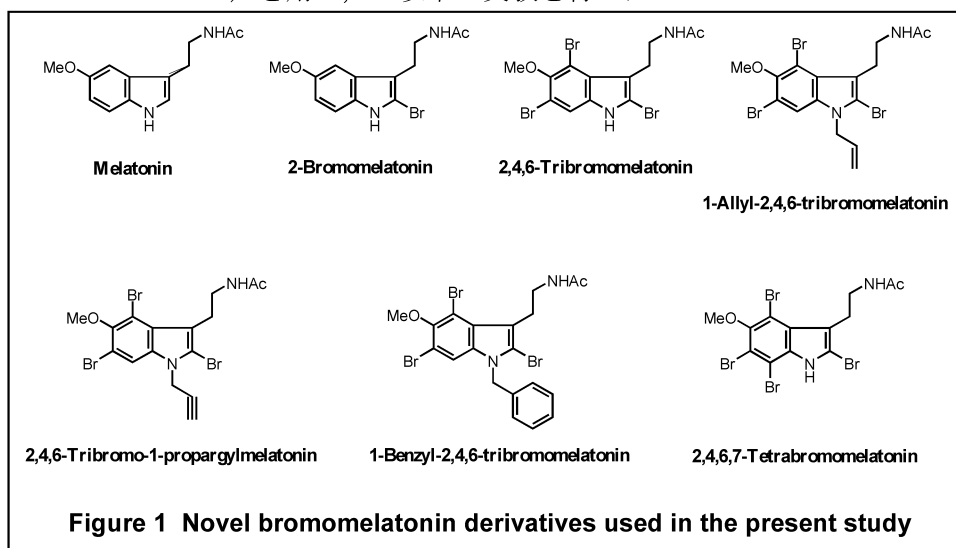
Effects of novel bromomelatonin derivatives on osteoclasts and osteoblasts

前報告のように, ウロコは石灰化した骨基質の上に骨芽細胞と破骨細胞が共存しており, 骨のモデルとして使用可能である. そこで本研究では, 骨粗鬆症等の骨疾患の治療薬の開発を行うため, 新規ブロモメラトニン誘導体を合成し, 骨芽細胞及び破骨細胞に対する作用を解析した.

材料としてキンギョ (*Carassius auratus*) を用い, 以下の実験を行った.

実験 1: 新規ブロモメラトニン誘導体の破骨細胞及び骨芽細胞に及ぼす影響

材料としてキンギョ (メス, 体重 50-80 g) を用いた. これらのキンギョを MS222 で麻酔し, キンギョからウロコを取った. そのウロコを HEPES (20 mM) (pH 7.0) 及び抗生物質 (1%)



を含む培地 (MEM, ICN Biomedicals Inc.) に加え, メラトニン, 2-ブロモメラトニン, 2,4,6-トリブロモメラトニン, 1-アリル-2,4,6-トリブロモメラトニン, 1-プロパルギル-2,4,6-トリブロモメラトニン, 1-ベンジル-2,4,6-トリブロモメラトニン及び2,4,6,7-テトラブロモメラトニン (Figure 1) の破骨細胞及び骨芽細胞に対する作用を評価した. 培養時間は 6 時間で, 濃度は 10^{-8} , 10^{-6} , 10^{-4} M でその作用を解析した. 骨芽細胞及び破骨細胞の活性の測定方法は Suzuki and Hattori (2002) により行った.

次に最も効果があった化合物において, 6 時間及び 18 時間培養で, 10^{-11} , 10^{-10} , 10^{-9} , 10^{-8} , 10^{-7} M において, 骨に対する作用をメラトニンと比較し, 詳細に調べた.

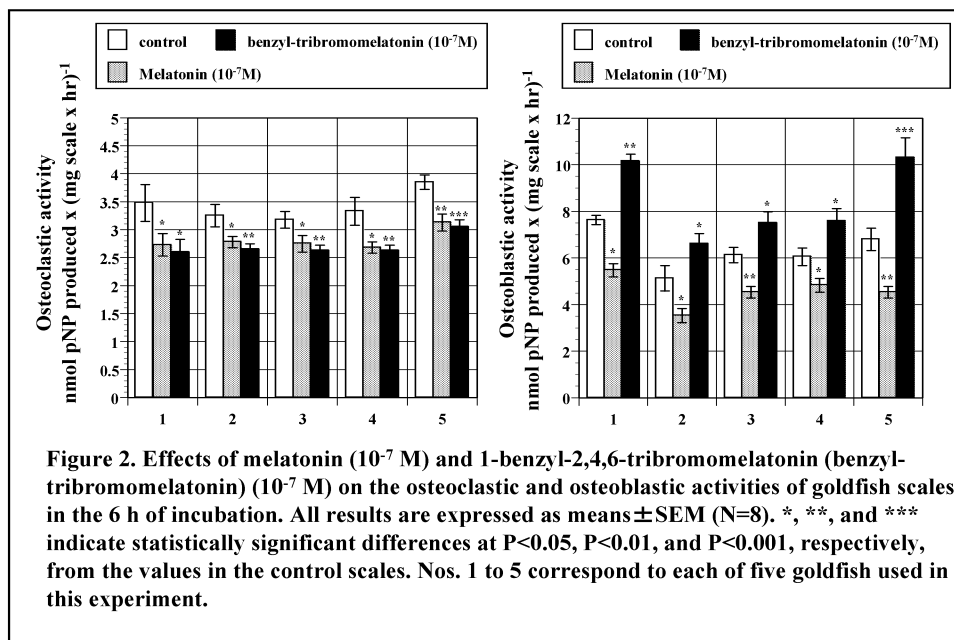
実験 2: 1-ベンジル-2,4,6-トリブロモメラトニンのエストロゲン受容体 mRNA 発現に及ぼす影響

キンギョ (メス 5 匹) のウロコを取り, 実験 1 と同様に 1-ベンジル-2,4,6-トリブロモメラトニンを加えて 6 時間培養した. そのウロコからアイソゲン (ニッポンジーン) により mRNA を抽出し, タカラのキットを用いて cDNA を合成した. その後, 骨芽細胞のマーカである estrogen receptor (ER) mRNA の発現に対する影響を Suzuki et al. (2004) の方法に従い, 解析した. さらにこの化合物の骨芽細胞

及び破骨細胞に対する作用を確認するため、 10^{-7} M のメラトニンと 1-ベンジル-2,4,6-トリブロモメラトニンを培地に添加し、実験 1 の結果の再現性を確認した。

その結果、Br 原子を 3 個導入した誘導体では、破骨細胞の活性抑制作用は強く、メラトニンと同程度であった。しかし Br 原子を 1 及び 4 個入れた誘導体は、メラトニンの方が破骨細胞の活性抑制作用は強かった。一方、メラトニンは骨芽細胞の活性を低下させたが、Br 原子を導入した全ての誘導体は、骨芽細胞の活性を上昇させることが判明した。特に、1-ベンジル-2,4,6-トリブロモメラトニンの作用は強く、この化合物を用いて、詳細に調べた。

1-ベンジル-2,4,6-トリブロモメラトニンの破骨細胞の活性抑制作用は、メラトニンのそれよりも強く、6 時間培養で 10^{-10} M でも効果がみられた。また 1-ベンジル-2,4,6-トリブロモメラトニンはメラトニンとは異なり、骨芽細胞の活性を上げ、その作用は 18 時間でも持続しており、 10^{-8} M でも効果がみられた。



骨芽細胞のマーカーである ER mRNA の発現は、1-ベンジル-2,4,6-トリブロモメラトニン処理で有意に上昇することも判明した。さらに実験 1 と同様にして、メラトニンは破骨細胞及び骨芽細胞の両方の活性を低下させた (Figure 2)。しかし、1-ベンジル-2,4,6-トリブロモメラトニンは破骨細胞の活性を低下させ、骨芽細胞の活性を上昇させた (Figure 2)。

したがって、この新規ブロモメラトニン誘導体は骨疾患の治療薬として有望である。現在、骨疾患のモデルとして用いられている卵巣除去ラットや低カルシウム食を与えたラットを用いた動物実験により、この化合物の作用を確認中である。

引用文献

- 1) Suzuki, N. and Hattori, A.: Melatonin suppresses osteoclastic and osteoblastic activities in the scales of goldfish. *J. Pineal Res.*, 33: 253-258 (2002)
- 2) Suzuki, N., Yamamoto, M., Watanabe, K., Kambegawa, A. and Hattori, A.: Both mercury and cadmium directly influence calcium homeostasis resulting from the suppression of scale bone cells: the scale is a good model for the evaluation of heavy metals in bone metabolism, *J. Bone Miner. Metab.*, 22: 439-446 (2004)

謝辞

本研究の一部は、科学研究費補助金 (基盤研究 (C) No. 18500375, 代表: 鈴木信雄) 及び (財) 日本宇宙フォーラム (第 8 回選定 宇宙環境利用に関する公募地上研究) の援助により行われた。

環形動物門マシコヒゲムシ (*Oligobrachia mashikoi*) の体前・体中部における EST 解析

岡田アキ

〒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

A. OKADA

Expressed Sequence Tag analysis in the head body and middle body of the beard worm, *Oligobrachia mashikoi*
(Annelida)

石川県能登半島九十九湾に生息するマシコヒゲムシは、発生の過程で退化した消化管に相当する部位に、化学合成細菌を共生させているバクテリオサイトと呼ばれる細胞と、共生細菌が合成した炭水化物を貯える栄養貯蔵細胞とから成る栄養体という器官を持ち、栄養体に共生するイオウ酸化細菌が合成する炭水化物を栄養源として生きている。これまでヒゲムシでは、組織学的・形態学的研究が中心に行われてきたが、近年、マシコヒゲムシの持つ細胞外巨大ヘモグロビンの立体構造が明らかにされるなど、生化学的研究も進んできた。さらに、分子生物学的手法を用いて分類も行われている。本研究では、遺伝子の網羅的な機能解析において有効な手段である、Expressed Sequence Tags 解析 (EST 解析) により、発現しているタンパク質の特徴や塩基配列から推測される遺伝子の情報を明らかにすることを試みた。

解析試料は、ヒゲムシの最も特徴的な器官でもある“ヒゲ”や心臓など、生存に重要な役割を担っていると予想される器官が多く存在する体前・体中部より得て、total RNA から mRNA を精製後、それを鋳型とした cDNA クローンを作製し、BLASTx による相同性検索を行った。本研究では、少なくとも 30% 以上相同な部分配列を持ち、且つ E-value = e^{-05} 以下のものを、相同性有りという基準とした。

その結果、579 クローン中 40.5% のクローンで機能性タンパク質が、12.6% のクローンでリボソームタンパク質が、9.9% のクローンでチトクローム関連タンパク質をコードするアミノ酸配列が見出された。また、38.2% のクローンが機能や構造がまだ明らかになっていないタンパク質として分類された。最も多く認められた配列はリボソームタンパク質に相同的な配列で、環形動物は勿論のこと、原始的な脊索動物であるナメクジウオの 40S リボソームタンパク S18 とも高い相同性を示し、ムカデ [節足動物門・ムカデ綱] の持つ翻訳開始因子 γ サブユニットとも高い相同性を示した。したがって、DNA から mRNA の転写・翻訳に至る、生物の生存にとって非常に根本的なプロセスに関するタンパク質は、系統学的な位置を超えて広く、高い相同性を持って保存されているということが示された。次いで多く見つかった配列はチトクローム関連タンパク質に相同的な配列で、その約 70% がヒゲムシの一種である *Galathealinum brachiosum* のチトクローム酸化酵素サブユニット I・II・III と、平均して 71.2% という高い相同性を示した。また、エネルギー生産に関わるタンパク質では、ミミズ [環形動物門・貧毛綱] の持つ ATP 合成酵素 F0 サブユニット 6 とも高い相同性を示したが、*G. brachiosum* のチトクローム関連タンパク質と比較するとその相同性は 10% 程度落ち、還元的な生活環境という状況が関係しているか否かは不明であるが、近縁の種間でより高度にその配列は保存されていた。また、マシコヒゲムシの生存において重要な役割を担う酸素結合・運搬関連のタンパク質と相同性のある配列は、全クロンの約 1.8% を占め、海棲無脊椎動物の中でも特に Siboglinidae に属するガラパゴスハオリムシ及び *G. brachiosum* の間で高度に保存された、重要なタンパク質であるということが改めて確認された。更に、細胞骨格・運動を支持するタンパク質と相同性のある配列も全体の約 1.7% を占め、全ての生理現象に細胞空間的に関与する重要なタンパク質であるというだけでなく、本種の場合には特に、このタンパク

質に，将来共生細菌の生活場所の提供の意味を見出すことが出来れば興味深い．

現時点では，ヒゲムシが属する環形動物門に関する分子生物学的データが少ないことが解析の限界となっているが，定期的にデータベースで検索を行うことによって，マシコヒゲムシの発現遺伝子に関する情報を少しでも蓄積していくことが今後の課題である．

(本研究は，金沢大学大学院自然科学研究科 生物科学専攻 岡田アキ君の修士論文の一環として行われた)

環形動物門マシコヒゲムシ (*Oligobrachia mashikoi*) の栄養体の組織化学的・微細構造学的研究

山田哲也

〒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

T. Yamada

Histochemical and ultra-structural study in the trophosome of the beard worm, *Oligobrachia mashikoi* (Annelida)

マシコヒゲムシ (*Oligobrachia mashikoi*) は石川県能登半島九十九湾に生息する、環形動物門 Siboglinidae 科の動物である。本種は口も消化管も持たず、体の後部にある栄養体という組織に共生する化学合成細菌が合成する炭水化物をエネルギー源として生きている。これまでの電子顕微鏡を用いた研究によると細菌が共生しているバクテリオサイトと名付けられた細胞においてリソソームにより共生細菌を消化している像も報告されているので、細菌を直接の栄養源にしている可能性もある。また、バクテリオサイトに直接、接している栄養貯蔵細胞には多数のグリコーゲン顆粒の存在も認められている。しかしながら、それらの細胞の間で糖をどのように輸送するかについてはほとんど知見がない。また、バクテリオサイト内で共生細菌がどのように分布するかについてもまったく知られていない。したがって、本研究では、これら2つの問題の解明を目指した。

栄養体において、バクテリオサイトと栄養貯蔵細胞は少なくとも通常の染色法を用いた光学顕微鏡レベルでは常に隣り合っているように見える。したがって、バクテリオサイトにおいて共生細菌が作り出した有機物を糖に変え、栄養貯蔵細胞へと輸送するための機構があるのではないかと考えた。本研究ではグルコース輸送タンパク質の glucose transporter-2 (GLUT-2) に注目し、GLUT-2 抗体を用いた蛍光免疫染色法により組織化学的に、ウエスタンブロッティング法により生化学的に、GLUT-2 の検出を試みた。蛍光免疫染色の結果、栄養体を含む体後部ではバクテリオサイトに、栄養体を含まない体前部では表皮にそれぞれ強い反応があった。また、ウエスタンブロッティングの結果、マシコヒゲムシから抽出されたタンパク質の中にラット十二指腸由来の GLUT-2 とほぼ同じ分子量 (約 60KDa) を持つタンパク質が存在することが分かった。これらの結果は、本種において糖の輸送を考える上で極めて興味深い。

マシコヒゲムシの共生細菌は自身のエネルギー産生のためにイオウを必要とする。そのために、本種は有毒な硫化水素を無毒化して血管中を運ぶことの出来る特殊なヘモグロビンを発達させている。また、種々の生理学的代謝も血管系を仲介して行われることは論を待たない。したがって、栄養体における毛細血管の分布は極めて重要な役割を担っていると考えられる。本研究では、まず、腹血管への墨汁を注入して毛細血管の分布の立体的可視化を試みた。その結果、栄養体における毛細血管は腹血管と背血管とを結ぶ血管とその血管同士をつなぐ血管が組み合わさり、網目状を呈していることが分かった。さらに、組織切片にした標本を観察すると栄養貯蔵細胞とバクテリオサイトは直接隣り合うのではなく、その間に毛細血管が介在することが分かった。このような毛細血管の分布は、両方の細胞において毛細血管を介した物質のやり取りを行ううえで極めて有効と考えられる。また、島根大学松野煒先生との共同研究において、電子顕微鏡観察により、バクテリオサイトにおいてリソソームに消化されている細菌が毛細血管に近いのか否か調べると、リソソームに消化されている細菌のうち、その78%の細菌が毛細血管の近くに存在していた。また、リソソームに消化されている細菌を含むバクテリオサイトのほとんどが毛細血管と接していることが分かった。これらの結果は共生細菌の分布と毛細血管とが深く関わっていることを示唆している。

(本研究は、金沢大学大学院自然科学研究科 生物科学専攻 山田哲也君の修士論文の一環として行われた)

海底からのトリブチルスズ耐性細菌の単離

鈴木信雄¹, 小林史尚², 又多政博¹, 伊藤 靖³, 大嶋雄治³, 服部淳彦⁴

¹〒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;

²〒920-1192 金沢市角間町 金沢大学大学院自然科学研究科

³〒920-1192 福岡市東区箱崎 九州大学大学院農学研究院

⁴〒272-0827 千葉県市川市国府台 東京医科歯科大学 教養部

N. Suzuki, F. Kobayashi, M. Matada, S. Ito, Y. Oshima, and A. Hattori

Isolation of tributyltin-resistant bacteria from the sediment in Tsukumo Bay of Noto Peninsula

トリブチルスズ (TBT) は、船・漁網に対する貝類や海藻類の付着を防ぐために日本でも大量に使用されてきた物質であり、主に防汚剤として船底塗料に入れて使われてきた。TBT には内分泌攪乱作用があり、貝類や魚のオス化を誘導し、免疫系にも毒性を示す。さらに Suzuki et al. (2006) は、低濃度 (10^{-8} M) の TBT がメジナとベラの骨芽細胞 (骨を作る細胞) の活性を抑制することを初めて証明した。したがって、低濃度の TBT でも日本海に生息する生物に影響を及ぼす可能性が高い。そこで本研究では、TBT を分解する海洋細菌を海底から単離し、微生物を利用した環境修復を目指す。

能登町小木の九十九湾の沿岸、水深 12 m の砂泥を採泥器 (大起理化工業 (株), DIK-190-A1 型) で採取した。最近、著者らはフェノール分解能を有する海洋細菌を単離した (Kobayashi et al., 2007)。本研究では、この方法を応用して、菌のスクリーニングには、TBT のみを栄養源とした培地を用いて実験した。即ち、ろ過滅菌した海水に 10 mg/L になるように TBT (塩化トリブチルスズ, 和光純薬工業 (株)) を添加し、その海水 50 ml に採取した砂泥 (1 g) を加えた。なお、TBT を海水に添加するときは、まず少量のアセトンで溶解し、その後ジメチルスルホキシドに溶かし、海水に添加した。

TBT 入りの海水で砂泥に含まれる細菌を 4 °C で 1 週間静地培養した後、TBT (10 mg/L) を含む寒天培地に塗抹し、さらに 1 週間培養 (15 °C) した。その後寒天培地から海洋細菌のコロニーを釣り上げ、TBT の浄化試験を行った。即ち、培地 (ペプトン 0.1%, 酵母エキス 0.05% 及び TBT (10 mg/L) を含む海水培地) にコロニーを懸濁して培養した。4 °C で 2 週間静地培養した後、菌体濃度は波長 610 nm の菌体光学密度として分光光度計 (島津製作所, UV-1200 型) を用いて測定した。菌体密度を測定後、遠心により菌体を除き、その上清中の TBT の濃度を (株) テクノスルガ・ラボに分析を依頼した。TBT は培養中にチューブに付着する可能性がある。そこで TBT の分解率は、菌を植菌していない培地 (コントロール培地) から回収された TBT の濃度に対する割合で算出した。

単離した菌体は、培地と等量のグリセロールを加え、一部は -80 °C で保管して、残りを (株) テクノスルガ・ラボに依頼し、16S Ribosomal RNA 遺伝子 (16S rDNA) の配列解析により菌体の同定を行った。PCR 産物の増幅及びサイクルシーケンスの一連の操作は MicroSeq 500 16S rDNA Bacterial Sequencing Kit (Applied Biosystems) を使用して実験を進めた。相同性検索には MicroSeq Microbial Identification System Software V.1.4.1 を用い、データベースとしてはアポロン DB 細菌基準株データベース (株式会社テクノスルガ・ラボ) を使用して解析した。

TBT (10 mg/L) 入り海水で培養後、寒天培地で培養した結果、多数の TBT 耐性細菌のコロニーが検出できた。その中で大きなコロニーを 20 個釣り上げ、TBT (10 mg/L), ペプトン及び酵母エキスを含む海水培地に懸濁した。2 週間培養後、菌体の増殖が良い株を 4 種類選び、SK-1, SK-2, SK-3 及び SK-4 株と命名した。菌の増殖は、SK-1, SK-2, SK-4, SK-3 株の順だったが、TBT の分解率は SK-2 (55.5%) 及

び SK-3 株 (55%) が高く, SK-1 株は低い値 (15%) を示した. そこで, TBT の分解率の最も高かった SK-2 株の同定を行った.

菌体から DNA を抽出し, PCR 法により 16S rDNA 断片を増幅し, シーケンスした (Figure 1). さらに近隣接合法により, 系統解析を行った結果, *Pseudoalteromonas* 属に属することは判明したが, 菌の同定はできなかった. SK-2 株は, 新種の海洋細菌である可能性が高い.

SK-2 :

```
TGGAGAGTTTGATCCTGGCTCAGATTGAACGCTGGCGGCAGGCCTAACACATGC
GTCGAGCGGTAACAGAAAGTAGCTTGCTACTTTGCTGACGAGCGGCGGACGGGI
GTAATGCTTGGGAACATGCCTTGAGGTGGGGGACAACAGTTGGAAACGACTGCT
TACCGCATAATGTCTACGGACCAAAGGGGGCTTGGCTCTCGCCTTTAGATTGGC
AAGTGGGATTAGCTAGTTGGTGAGGTAATGGCTCACCAAGGCAACGATCCCTAG
GGTTTGAGAGGATGATCAGCCACACTGGAAGTGGAGACACGGTCCAGACTCCTAC
GAGGCAGCAGTGGGGAATATTGCACAATGGGCGAAAGCCTGATGCAGCCATGCC
GTGTGTGAAGAAGGCCTTCGGGTTGTAAAGCACTTTCAGTCAGGAGGAAAGGGI
GAGTTAATACCTCACATCTGTGACGTTACTGACAGAAGAAGCACCCGGCTAACTC
TGCCAGCAGCCGCGGTAAT
```

Figure 1 Partial sequence of 16S rDNA in SK-2 strain

本研究では, 低温で静地培養したにもかかわらず, 半分以上の TBT が減少していた. 今後詳細な培養条件の検討や TBT の分解過程を調べ, SK-2 株を用いた海洋細菌による浄化法を確立していく予定である.

引用文献

- 1) Suzuki, N., Tabata, M.J., Kambegawa, A., Srivastav, A.K., Shimada, A., Takeda, H., Kobayashi, M., Wada, S., Katsumata, T. and Hattori, A.: Tributyltin inhibits osteoblastic activity and disrupts calcium metabolism through an increase in plasma calcium and calcitonin levels in teleosts, *Life Sci.*, 78: 2533-2541 (2006)
- 2) Kobayashi, F., Daidai, M., Suzuki, N. and Nakamura, Y.: Degradation of phenol in seawater using a novel microorganism isolated from the intestine of *Aplysia kurodai*. *Int. Biodeterioration Biodegradation*, 59: 252-254 (2007)

マイクロウズ電流探傷技術によるプリント基板検査に用いる 教師イメージの生成に関する研究

西野仁展¹, 山田外史²

¹電子情報工学専攻

²環日本海域環境研究センター生体機能計測研究部門

M. Nishino and S. Yamada

Producing Teaching-Image for Micro ECT of Printed Circuit Boards

1. はじめに

近年の電子産業界では、製品の軽薄短小化・複雑化により、プリント基板配線の高密度化は重要な位置付けにある。それに伴い、高度な検査技術が必要不可欠になっている。うず電流探傷法 (ECT: Eddy-Current Testing) は非破壊・非接触かつ導電性の検査でプリント基板 (PCB: Printed Circuit Board) 配線の欠陥の導電検査として有効な検査法であり、今後ますます大きな貢献をすると期待されている^[1]。

しかし、これまでの ECT を利用した検査では、一様な検査対象 (材質, 形状の均一) で欠陥部においてのみ発生し得る信号変化を検知すれば良かったのに対し、プリント基板検査では配線の形状等に応じて欠陥部位以外の箇所でも複雑な変化を伴う。そのために、配線導体の欠陥の抽出のためには検査対象と同一な配線パターンの正常な基板から得た画像データ (これを教師イメージと呼ぶ) を利用した画像処理技術が必要である。

従来では正常な基板を ECT プロブで走査して得られた ECT イメージを教師イメージとして用いていたが、欠陥等のない正常なプリント基板を走査して得られる画像信号にも、測定時に生ずる雑音の他、基板表面の凸凹や配線の厚み不均一等に起因する様々な不要成分が含まれ、教師イメージ生成に悪影響を与える。よって、本論文では正常なプリント基板のうず電流検査イメージの生成のため、プリント基板の設計パターンから電磁界解析で「教師イメージ」を生成する手法を検討した。

2. うず電流探傷技術によるプリント基板検査

2.1 うず電流探傷プロブの構成

ECT プロブは図 1 に示すように、励磁コイルと検出部であるスピンバルブ巨大磁気抵抗効果素子 (SV-GMR: Spin Valve Giant Magnetoresistance) センサによって構成される。励磁コイルはミアンダコイルと呼ばれ、プリント基板配線のような 1 方向に伸びた導体に効率的にうず電流を誘導できる形状を持つ。検出部である SV-GMR センサはコイルのピッチ間に配置する。SV-GMR センサは指向性特性を持つ磁気センサであり、素子サイズが極めて小さい、2 端子の抵抗素子として取り扱いが容易であるという特徴がある^[2]。SV-GMR センサの感度と指向性特性について図 2 に示す^[3]。SV-GMR センサの抵抗値は $R = 420 \Omega (B = 0)$ 、駆動電流は 4 mA である。SV-GMR センサの高感度方向 (z 方向) の磁界感度は $150 \cdot V / \cdot \cdot$ であり、低磁界でも大きな磁界抵抗変化が得られる。したがって、この高感度方向を ECT 探傷において検出すべき欠陥部で発生する磁界方向とし、不感方向 (y 方向) を励磁磁界または正常部分の磁界方向となるように設定することで、SV-GMR センサが高分解能を持つ検出部となる。

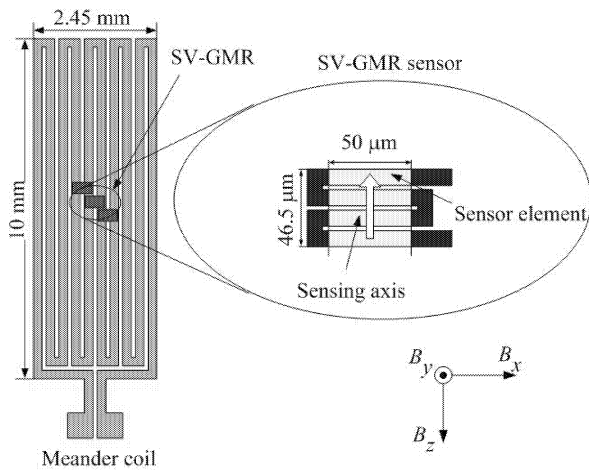


図 1 ECT プローブ

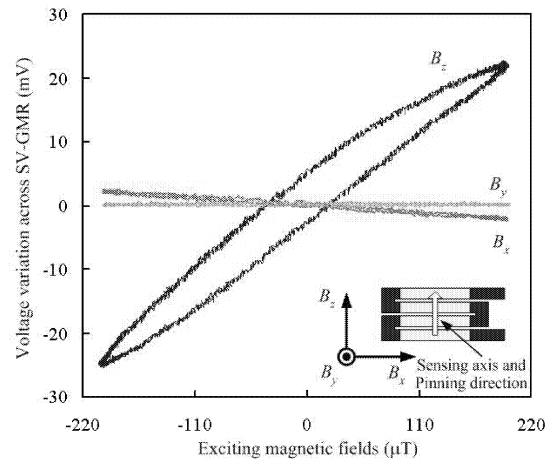


図 2 SV-GMR の感度と指向特性

2.2 検出原理

図 3 に配線の欠陥の検出原理について示す。ECT プローブの励磁電流により、プリント配線には y 軸方向に励磁磁束が印加され、配線にうず電流が誘起される。このうず電流は表皮効果により、励磁周波数が高いほど導体表面上に集中する。欠陥が無いプリント基板配線上に並行にミアンダコイルが近づいたとき、うず電流は z 方向に流れ、それによる磁束は $x-y$ 平面となり SV-GMR センサには検出されず、オフセット分 $V_{GMR} (B = 0)$ のみを出力する。配線上に断線部やハンダ点が存在する場合、誘起されたうず電流は配線の変化に伴い、流れが妨げられ x 軸方向に流れる。この x 軸方向に流れるうず電流によって、傷のない場合には存在しない z 方向の磁束成分が発生する。したがって、SV-GMR センサの高感度方向を z 方向に設定しておくことによって、傷がある場合に限り、SV-GMR センサに抵抗変化が生じる。

3. プリント基板検査に用いる教師イメージの生成

3.1 要素パターンの作成法

プリント基板全体を数値解析することにより、ECT イメージを得ることはメモリ、計算時間の問題で困難であるとともに、多様なプリント基板に対応しようとした場合それぞれに対応しなければならず、計算の効率が悪い。

本研究では、高密度基板においては基板のパターンが単純化することに注目して、その例としてリードフレーム（半導体デバイスの外部リードを形成する金属フレーム）基板を取り上げ、基板を要素パターン毎に分けて各 ECT イメージを作成、そのデータベースにより基板全体の教師イメージを作成することを検討した。その手順を図に示す。ECT によるプリント基板のイメージは、ECT プローブを基板上に走査することによって得られる。よって磁界解析でも実際のスキャンと同様に、ECT プローブと基板パターンの位置関係を一定間隔 Δh だけ変化させて計算を行う。

励磁用のミアンダコイルは折り返しパターンになっているので、解析の簡単化のため、端効果を無視して 4 本のコイルのみ設置し、磁気センサに対して無限に長いと考えられる形状をしているため、境界条件に磁界絶縁を設定した図 5 解析モデルに示す解析モデルで解析を行った。そして、磁気センサの位置するミアンダコイルのスリット間の磁界データを抽出することで、感度方向が z 方向の磁気センサでラスタースキャンした時の検出信号を一度に求めることができる。

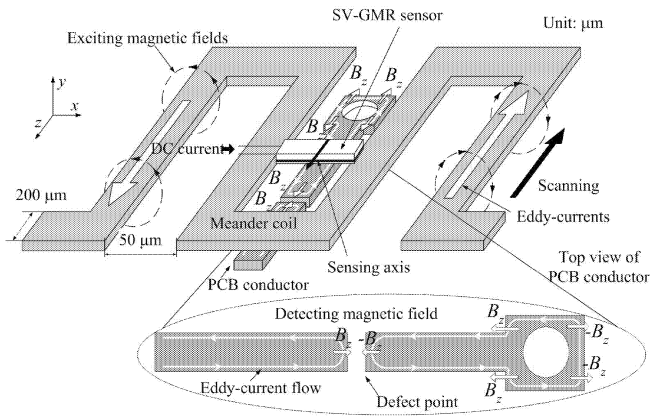


図3 配線の欠陥検出原理

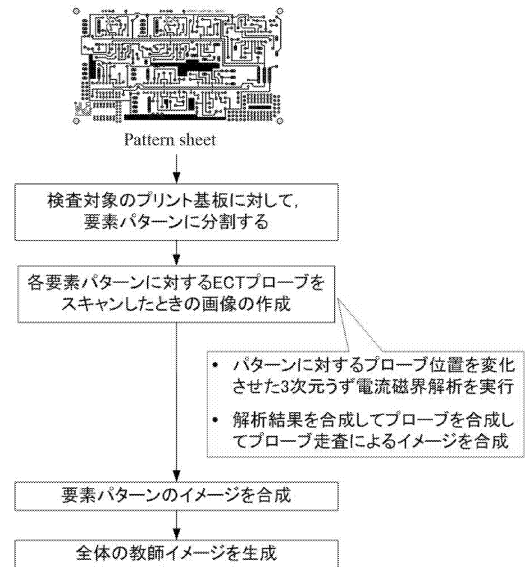


図4 教師イメージ生成手順

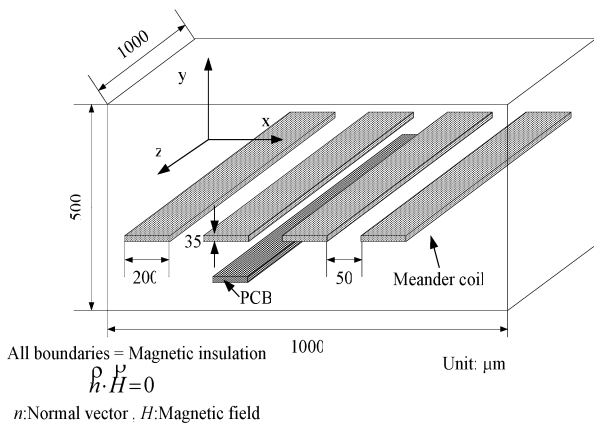


図5 解析モデル

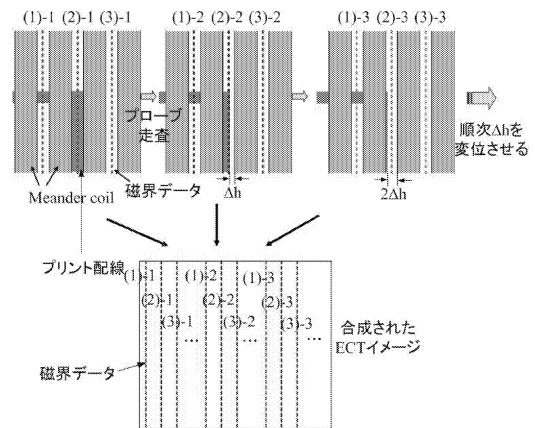


図6 解析結果からの ECT データの作成

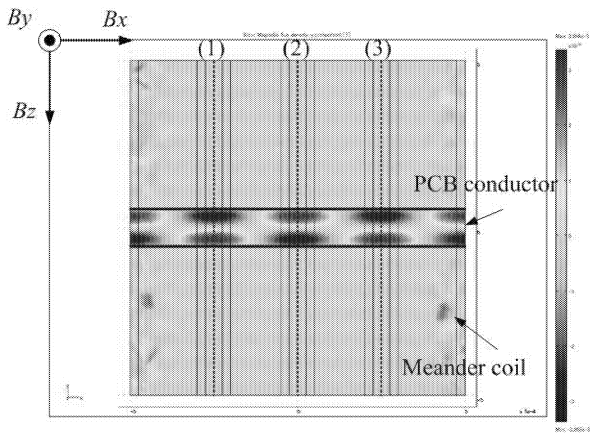


図 7 プリント基板配線上の磁束密度 B_z の分布

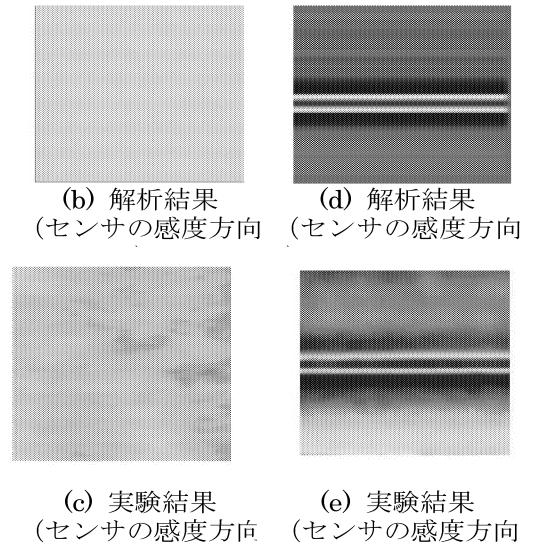
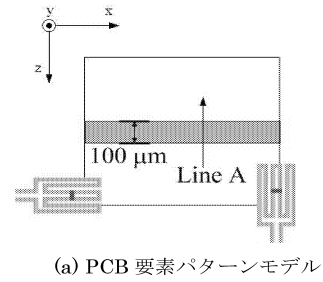


図 8 要素パターン (差分値表示)

次に、これらの解析を一定間隔 Δh 繰り返して変化させて得られた解析結果を合成して ECT プローブを走査させたイメージを作成する。この手順を図 6 に示す。

- ① 磁界解析の結果から磁気センサが位置するミアンダ形コイルスリット間中央の磁界データを抽出
- ② プローブを Δh 変位させてデータを順次求め合成

ミアンダコイルは周期的であるので、ミアンダ形コイル 1 ピッチ間を変位させることで、プローブの 2 次元ラスタースキャンのデータを取得できる。

3.2 教師イメージの生成

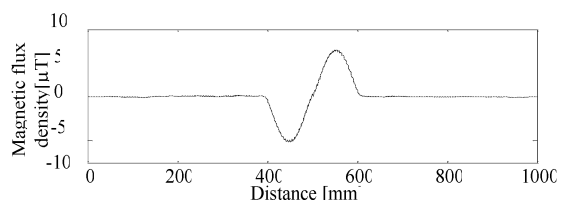
うず電流探傷検査によるプリント基板を準定常問題として解析する。解析空間全体は 4 面体要素で約 36,000 要素に分割、2 次補間関数を適用し、解析ソフト (COMSOL 社, FEMLAB ver. 3.3a) にて解析を行った。今回対象とするプリント基板配線の厚みは $d = 10 \mu\text{m}$ であり、励磁周波数 $f = 5 \text{ MHz}$ を用いた。

(銅の表皮厚み $\delta = 29 \mu\text{m}$, $f = 5 \text{ MHz}$)。図 7 にストレート・パターンについて電磁界解析を行った結果より得られた配線上における磁束密度分布の変化を示す。プリント基板配線上でうず電流の流れが変化したことによって、 z 方向の磁束密度分布が変化していることがわかる。また、隣り合うミアンダコイルには位相を 180 度反転させた励磁電流を印加してあるので、隣り合うピッチ間の磁束密度分布は位相が反転している。そのため、GMR センサの感度方向を交互に逆向きに設置した ECT プローブを利用したのと同様に、ECT イメージを合成する際は奇数番のミアンダコイルピッチ間の磁束密度の位相を反転させる。

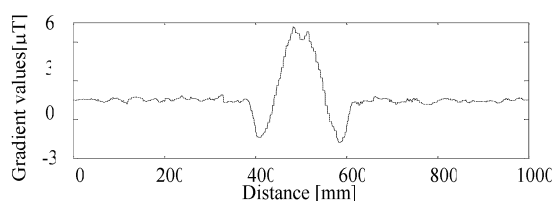
このように行う解析を、ECT プローブがプリント基板配線を走査するのと同様にミアンダコイルの位置をシフトさせて繰り返す。例としてストレート・パターンについて、データのサンプリング幅 $\Delta h =$

25 μm 毎にミアンダコイルの位置をシフトさせて解析を行い、データを合成した要素パターンの ECT イメージと実際に ECT プローブを走査して得られた出力画像を図 8 に示す。また、図 8 (a) の走査ライン A 上についての両結果の磁束密度分布特性と電圧振幅特性を図 9 に示す。これより、両結果ともほぼ同様な ECT イメージを得ることができているのがわかる。

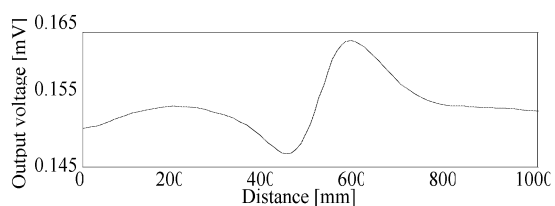
解析によって得られた要素パターンの合成により、教師イメージを作成する。例として、図に示すような簡単なプリント基板モデルに対して、感度方向 z の GMR センサを設置した ECT プローブで走査した場合の教師イメージを合成した。



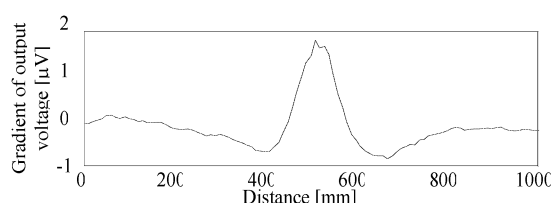
(a) 解析データ



(b) 解析データ (差分値)



(c) ECT プローブの出力信号



(d) ECT プローブの出力信号

図 9 走査ライン A の検出結果 (GMR センサ感度方向 z)

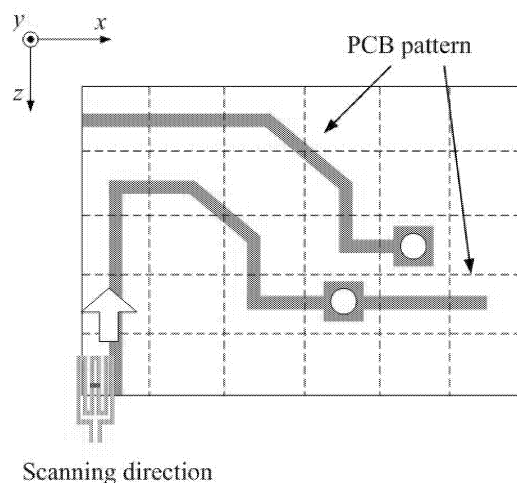


図 10 プリント配線パターン

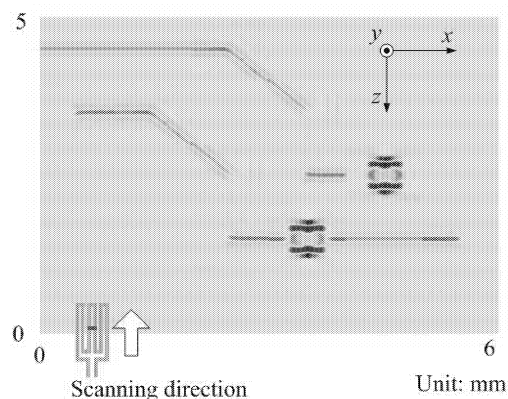


図 11 教師イメージ

4. まとめ

本論文では本研究室が開発しているうず電流探傷技術によるプリント基板システムにおける欠陥同定部に必要である教師イメージを設計パターンから電磁界解析で生成する手法を検討した。プリント基板配線を要素パターンに分割し、ミアンダコイル 4 本を設置した解析モデルを用い、実際の走査と同様にミアンダコイルとプリント基板配線の位置を $\Delta h = 25 \mu\text{m}$ ずつ変位させ、ミアンダコイル 1 周期分の解析を行ったデータを合成し、要素パターンを作成した。測定結果とほぼ同様の ECT イメージが得られており、これを合成することで教師イメージが生成できる。今回、要素パターンから教師イメージを生成する際は手動で合成を行ったが、実用化に向けプリント基板の設計パターンを要素パターンに分割し、教師イメージ用要素パターンを合成するプログラムの開発が必要である。

参考文献

- [1] K.Chomsuwan, S.Yamada, M.Iwahara, H.Wakiwaka, and S.Shoji : PCB Conductor Dimension and Alignment Inspection Using an ECT Probe with an SV-GMR Sensor, Trans.Magn.Soc.Japan,5,93-96,2005
- [2] 脇若 : GMR センサの特性とその応用, 日本応用磁気学会誌, Vol. 28, No. 7, 2004
- [3] 福田, K. Chomsuwan, 山田, 岩原, 脇若, 庄司 : ECT 応用を目指した SV-GMR センサの高周波数微小磁界振幅特性, 日本応用磁気学会誌, 28, 405-408, 2004

口頭発表

- [1] 西野, K. Chomsuwan, 山田, 岩原 : 高周波渦電流探傷における高速データ処理法の研究, 電気学会北陸支部大会, 2006 年 9 月, 金沢工業大学
- [2] 西野, 織田, K. Chomsuwan, 山田, 岩原 : マルチ渦電流探傷プローブによるプリント基板検査, 電気学会全国大会, 2007 年 3 月, 富山大学
- [3] 西野, H. Bayani, 山田, 岩原 : 渦電流探傷技術によるプリント基板検査のための教師イメージの作成, 電気学会北陸支部大会, 2007 年 9 月, 福井工業大学

点滴装置への応用を目的とした磁気マイクロポンプの小型化と高出力化に関する研究

浅井良太¹, 山田外史²

¹金沢大学大学院電子情報工学専攻,

²環日本海域環境研究センター生体機能計測研究部門

R. Asai and S. Yamada

Developing miniaturized high power magnetic micro pumps in the saline drip device

1. はじめに

近年, μ TAS(micro Total Analysis System)や自動投薬システム, 体内埋め込み式ポンプなど, 微量の液体を送液するマイクロポンプの研究が行われている. 静電方式, 圧電方式, 電磁方式, 形状記憶合金方式などを用いて容積式のマイクロポンプを構成している研究は多く見られるが, これらの多くはポンプ室や弁などが必要で, システムが複雑になり小型のポンプの作製が難しくなる, 流れが脈動するなどの課題がある. これらを解決する方法として磁気アクチュエータを外部磁界によって駆動させ, ポンプとして活用する方法が提案されている.

本研究で作製したスクリュー形磁気マイクロポンプは, 磁気力を用いて螺旋形のインペラに動力を伝える. 回転させられたインペラ(羽根車)が, 液体に力を加えることで流れを生み出す. 磁気マイクロポンプの特徴としては, 構造がシンプルである. 脈動なしの送液ができる. 動力に磁気的な力を用いているため, ワイヤレスで動作可能である. インペラに動力用・支持用のシャフトが必要ない分, 摩擦を軽減できる. ポンプ室や弁を必要としない, などが挙げられる. 以上のことから磁気マイクロポンプは故障しにくくメンテナンスが容易であると言え, そうした特長から, 身につけて使う自動点滴装置への応用ができると考えられる.

点滴装置としてマイクロポンプを用いる場合, 装置が身につけられるサイズであること, 静脈圧(約980Pa)よりも高い圧力で液送できること, 装置が傾いた場合も安定した流量を保てること, などが求められる. 今回は装置構成の見直しや改善に取り組み, 装置の小型化と高出力化をおこなった.

2. 磁気マイクロポンプの構成と動作原理

2.1 装置構成

磁気マイクロポンプは, 図1のように構成される. インペラが回転磁界と同期し回転することで, 管内の液体に力が加わり流れが発生する. インペラは回転することで軸方向に推進力を得て移動しようとするが, 永久磁石と回転磁界との間に軸方向の吸引力が働くことによって, インペラは定位置で保持されている.

2.2 インペラに作用するトルクと保持する力

磁気マイクロポンプは, 回転磁界と永久磁石の間に作用する磁気力によってトルクを生じ, インペラが回転する. その様子を図2に示す. 回転磁界を点電荷の回転とみると, 永久磁石は点電荷から F_y の力を受ける. 回転磁界と永久磁石のすべり角を θ_1 とした場合, F_y の作用する角度 θ_2 は(1)式であらわされる. この θ_2 を用いて, 永久磁石と電荷間に作用するトルクは(2)式で表すことができる. 各極に T_m が作用するため永久磁石に回転磁界から作用するトルクは $2T_m$ であらわされる.

$$\theta_2 = \pi - \theta_1 \left(1 + \frac{1}{(1+h/r)\cos\theta_1 - 1} \right) \quad (1)$$

$$T_m = F_y r \cos\theta_2 \quad (2)$$

軸方向に関しては、回転磁界と永久磁石との間に図3に示すような磁氣的引力が作用している。トルクと同様に回転磁界を点電荷の回転と考え、図のような配置で $\alpha \phi \times \beta$ の永久磁石を置いたとしたら、磁氣的引力 F_g は(3)式であらわされる。

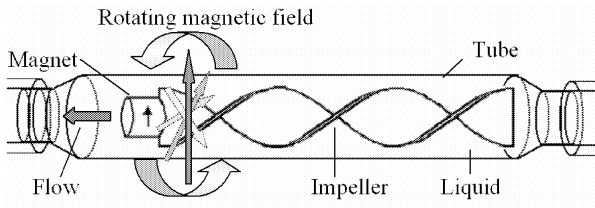


図1 磁気マイクロポンプの基本構成

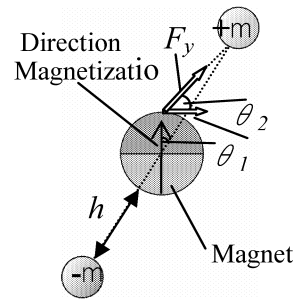


図2 磁石に作用するトルク

$$F_g = \int_{x-\frac{\beta}{2}}^{x+\frac{\beta}{2}} \frac{\alpha Bm}{4\pi\mu_0(x^2 + y^2)} dx \quad (3)$$

$$F_x = -F_g \cos \theta_1 \quad (4)$$

$$F_y = F_g \sin \theta_1 \quad (5)$$

この F_g のx成分 F_x が軸方向でインペラを引き止める力となり、インペラの螺旋部の回転による推進力と釣り合うことでインペラの回転位置が固定されている。 F_g のy成分 F_y は静止状態では相殺され、回転状態ではインペラを回転させるトルクとして作用する。

磁界からの力だけではインペラに安定した回転をさせるのは困難であるため、本研究ではインペラの幅と回転させる管の内径の差をできるだけ小さくし、インペラの回転が安定するように配慮した。

2.3 インペラに作用する力

インペラには磁界から作用する回転トルクと保持する力のほかに、液送する液体からの力も受けている。インペラは回転トルクにより回転させられ推進力を発生する。しかし磁氣的引力が働きインペラは一定位置に保持される。磁界に引き止められながらインペラは回転しているので、図4のように推進力の反作用として液体が押し流される。

2.4 インペラの作成方法

厚さ0.25 mm、幅2.0 mmのスチレン製の板をひねることで、図5に示すような螺旋形を作っている。螺旋ピッチは、1.5/cmとし、全長30、60、90 mmのものを製作した。螺旋部分の一端に $\phi 1 \times 3$ mm、着磁方向が径方向の円柱形NdFeB磁石を接着し、スクリュー形磁気マイクロポンプのインペラ部分を構成している。

2.5 回転磁界発生方法

図6に示すように、永久磁石を取り付けた円筒と、中空の回転子を製作し、中心軸を揃えて配置し回転磁界発生装置を構成する。回転子付近に永久磁石を固定子として配置し直流モータとして動作するようにした。

中空にした装置の回転軸に流路となる管を通し、管の中にインペラを置く。インペラの永久磁石を磁界発生装置の永久磁石と同期させれば、モータの回転にあわせてインペラを回転させることができる。図7に示すようにインペラの回転周波数は装置に印加する電圧値で調節することができる。装置が回転軸上につくる磁界の分布を図8に示す。

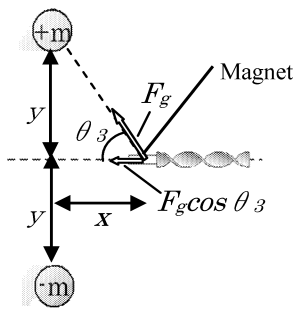


図3 軸方向の保持する力

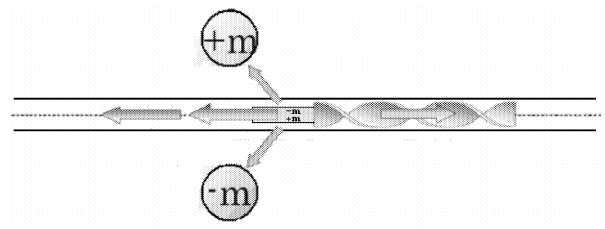


図4 インペラに作用する力

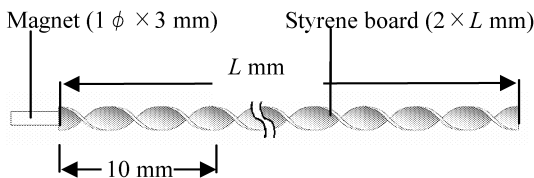


図5 インペラの構成

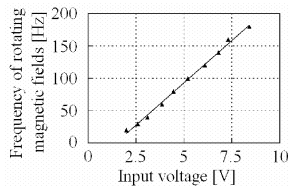


図7 印加電圧-回転周波数特性

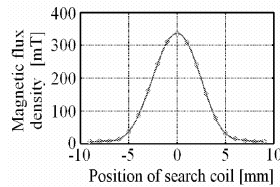


図8 駆動軸上の磁界分

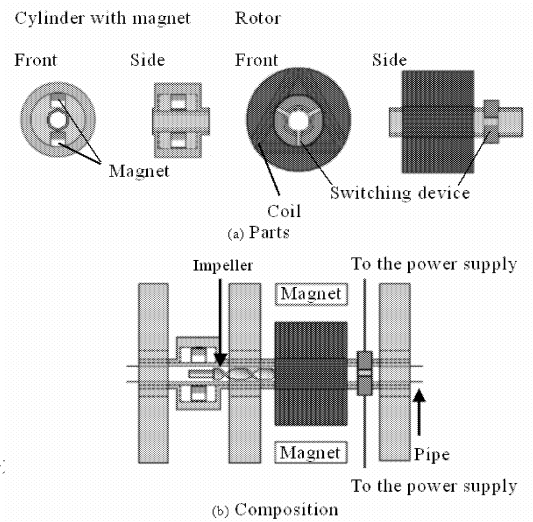


図6 回転磁界発生装置

3. 磁気マイクロポンプの流量・吐出圧特性

3.1 ポンプの流量・吐出圧測定方法

図9にポンプの流量を測定するために使用した装置の概略図を示す。ポンプ動作時に吐出口より流れ出た液体は受け皿に溜め、吐出した液体の質量 M [kg]、液体を吐出していた時間 t [s] を測定し以下の式よりポンプの流量 Q [m³/s] を得る。液体の密度を ρ [kg/m³] とすると

$$Q = \frac{M}{\rho \cdot t} \quad [\text{m}^3/\text{s}] \quad (6)$$

となる。

次に、吐出圧-流量特性の測定方法について説明する。ここでの吐出圧とは、図9のように吐出液面と吸入液面との垂直高さに差をつけることで発生する、吐出口から吸込口へと向かう圧力のことを指す。このとき発生する液面差による圧力 P [Pa] は以下のように表される。重力加速度を g [m/s²] とすると、

$$P = \rho gh \quad [\text{Pa}] \quad (7)$$

となる。ポンプに圧力 P をかけた状態でポンプ動作させ、流量 Q を測定することで、磁気マイクロポンプの圧力-流量特性を得る。

3.2 異なるインペラ長での流量特性の比較

ピッチ 1.5 /cm, 幅 2 mm, 長さ 30, 60, 90 mm のインペラの回転周波数 - 流量特性を測定した。流路長を 243mm として、回転周波数 0Hz から 180Hz まで 20Hz ごとの流量を測定した。その結果を図10に示す。回転周波数が大きくなるほど流量も大きくなることが確認できた。また回転周波数と流量には比例関係がみられた。実験で測定できた最大流量は長さ 90mm のインペラを 180Hz で回転させたときの 480 μ l/s である。

測定結果を各回転周波数の値で除算して求めたインペラ 1 回転あたりの流量を図11に示す。回転数

周波数が大きくなるほどインペラ 1 回転あたりの流量も大きくなっていき、それぞれのインペラ長で特定の値に収束していく様子が見られた。

特に長さ 60 mm のインペラでは回転周波数 160 Hz 以上にて $2.2 \mu\ell$ に落ち着いているようにみえる。長さ 30 mm のインペラでは回転周波数 180 Hz において値が減少した。高回転になりすぎたためインペラが安定した回転をできていないのではないかと考えられる。

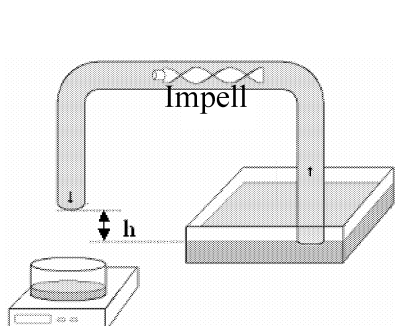


図 9 測定装置概略図

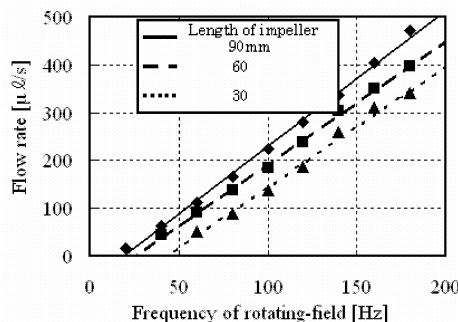


図 10 周波数-流量特性

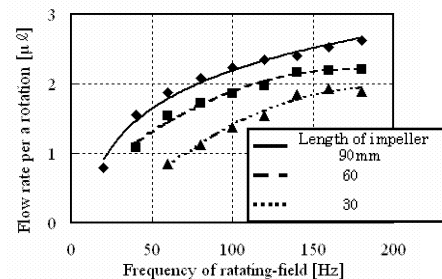


図 11 回転周波数に対するインペラの 1 回転あたりの流量

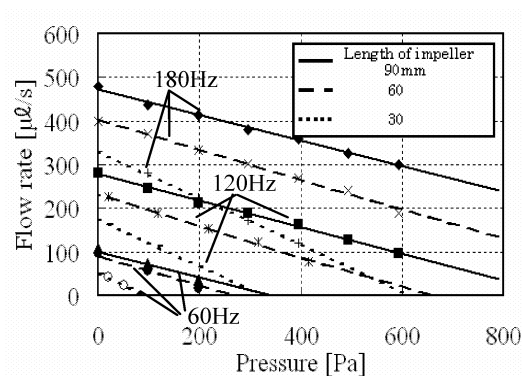


図 12 吐出圧-流量特性

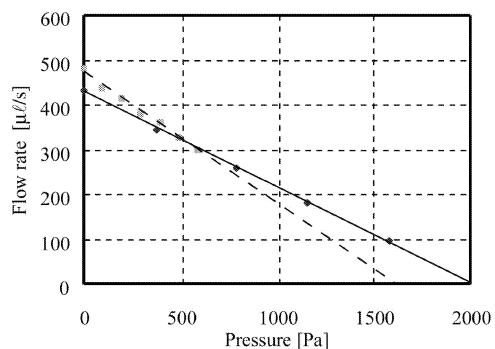


図 13 流路長が異なる吐出圧-流量特性

3.3 異なるインペラ長での吐出圧特性の比較

3 種類のインペラについて吐出圧-流量特性を測定した。回転周波数は 60, 120, 180 Hz の 3 種類。圧力は、吸入液面から吐出口までの高さを 0 から 60 mm まで変えることで調節した。出口の高さを 10 mm 変えるごとに流量を測定した。その結果を図 12 に示す。

それぞれの結果から、圧力がかかるとそれに比例して流量が低下することが確認できた。またその割合はインペラ長が同じ場合には同じになることがわかった。低下する割合はインペラ長 90 mm のとき $-0.3 \mu\ell/s \cdot Pa$, 60 mm のとき $-0.35 \mu\ell/s \cdot Pa$, 30 mm のとき $-0.53 \mu\ell/s \cdot Pa$ となり、インペラが長いほど圧力が增加しても流量が低下しにくいことが確認できた。

インペラ長により圧力がかかったときの流量減少率が一定であるということから、測定できなかった 600 Pa 以上の圧力について考える。すると長さ 90 mm のインペラを回転周波数 180 Hz で回したときに最も高い吐出圧を出力できると予想される。測定結果から求めた流量の低下する割合 $-0.3 \mu\ell/s \cdot Pa$ を用い、圧力をかけていったときにどのように流量が減少していくのかを計算し図 13 に破線で示す。計算結果からは、90mm のインペラを 180Hz で回転させれば点滴装置に応用するには十分な出力がえられると予想できる。

3.4 点滴装置と同等の圧力での動作検証

インペラ長 90 mm, 回転周波数 180 Hz にて実際に 980 Pa の吐出圧を発生できるのかを確認した。流

路を延長して吸入液面の高さや吐出口の高さの差を大きく設定できるようにし、より大きな圧力をかけて設定した。使用した流路の長さは 378 mm であり、圧力は最大約 1600 Pa まで設定することができる。測定結果を流路長 243 mm でのインペラ長 90 mm、回転周波数 180 Hz の圧力-流量特性の計算結果と重ねて図 13 に示す。

流路長が長くなると圧力がかかったときに流量が低下しにくくなることが確認できた。流路が長くなることで液体に作用する摩擦力が増加し、流量が低下すると予想していたが、それは低圧力領域についてのみ確認され、点滴装置に用いる高圧力領域では流路が短いものよりも流路が長いものの方が大きな流量を出せるとわかった。これだけの出力があれば点滴装置に十分応用できる。

4. まとめと今後の課題

本研究では、回転磁界と永久磁石の同期を利用したワイヤレスで駆動可能なスクリー式磁気マイクロポンプを構成し、点滴装置へ応用することを目的とした。

点滴装置に応用できるマイクロポンプには、装置が身につけられるサイズであること、静脈に液送できるだけの吐出圧で出力できること、装置が傾いた際も安定した流量を保てることなどが求められる。今回は装置の小型化や出力の向上に取り組み装置全体の改善に取り組み成果をえた。

[1] 回転磁界を発生させる方法に永久磁石を外力で回転させる方法を採用した。軸を中空にした直流モータの回転子を製作し、モータの回転軸上に流路を設けることで装置の小型化をおこなった。

[2] 長さ 90mm のインペラを回転周波数 180Hz で回転させることで点滴装置に必要な吐出圧と流量を発生できることを確認した。

装置を水平な状態に保てるなら、現時点でも点滴装置へ応用ができるといえる。しかし本研究では身につけて自由に動き回れる点滴装置の実現を目指しているため、装置を常に水平な状態に保つことは難しい。そこで、装着者の姿勢の変化による流量の変動をなくすための流量安定機構が必要になる。その方法としては、

[1] ジャイロセンサで装置の傾きを感知し、その傾きに適した回転数にインペラの回転を制御する方法。

[2] 流量センサで流量を随時監視し、流量変動に合わせたインペラの回転数制御をする方法。

の 2 つが考えられ、それぞれの利点を生かした堅牢な流量安定化機構を構築していかなければならない。また静脈に液体を送り込む際は注射針をポンプに取り付けることになる。すると吸入口径と吐出口径に大きな差ができ、ポンプ特性が変化すると予想される。今後、磁気マイクロポンプの身につけられる点滴装置へ応用を目指して、流量安定機構の開発と注射針を取り付けた場合のポンプの挙動の調査に取り組んでいかなければならないといえる。

参考文献

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

[2] 谷腰欣司:「DC モータ実践のノウハウ」, 3 章, CQ 出版社(2000).

[3] 佐藤喜一, 松村益至:「ポンプ工学」, 3 章, 4 章, 日刊工業新聞社(1969).

口頭発表

[1] 浅井良太, 山田外史, 岩原正吉:「磁気マイクロポンプの流路制御特性」, B-134, 「電磁力関連のダイナミクス」シンポジウム 2007 年 5 月, 早稲田大学.

[2] 浅井良太, 山田外史, 岩原正吉:「磁気マイクロポンプの小型化に向けた構成の最適化」, A-64, 電気関連学会北陸支部連合大会 2007 年 9 月, 福井工業大学.

機能性二酸化チタン・ナノ粒子を用いたがん治療への基礎研究

笹井良祐¹, 荻野千秋¹, 清水宣明²

¹〒920-1192 金沢市角間町 金沢大学大学院自然科学研究科

²〒920-1192 金沢市角間町 金沢大学環日本海域環境研究センター

R. Sasai, C. Ogino, and N. Shimizu

Pinpoint delivery of TiO₂ nano-particles to the cancer cells *in vitro*

1. 緒言

近年、二酸化チタン (TiO₂) を光触媒として用いたさまざまな分野での応用展開が注目されている。TiO₂ に 380 nm 以下の短波長の紫外光を照射すると、酸化力を持つ活性酸素種が生成され、この酸化力を用いて環境ホルモンなどの有害化学物質の分解処理、有害微生物の殺菌・抗菌が報告されている。また、紫外光照射により TiO₂ 表面が親水性になる機能を利用した防曇技術も様々な分野で活用されている。さらに、この光触媒反応を利用した新規がん治療としての研究も進められている。

本研究室ではこのような光触媒として知られている TiO₂ に超音波を照射すると、活性酸素種のヒドロキシルラジカル (•OH) の生成が促進されることを確認した (二酸化チタン / 超音波触媒法 (TiO₂ / U.S. 法))。これまでに、この TiO₂ / U.S. 法を用いて大腸菌やレジオネラ属菌などの効果的な殺菌効果が得られることが確認された。そこで本研究では、がん細胞に対しても同様の効果があると考え、TiO₂ / U.S. 法によるがん細胞への影響について検討することで、新規がん治療としての可能性を評価する。超音波を利用したがん治療には、生体組織の超音波吸収による加熱作用を用いたものや、超音波振動による機械作用を用いたもの、超音波がひき起こすキャビテーション効果を利用して生体に投与した物質に化学反応を起こさせる音響化学療法などがある。また、がん細胞に超音波を照射すると、アポトーシスを誘導してがん細胞の増殖を抑制するという報告がなされている [1]。

本研究の目的は、B 型肝炎ウイルス外皮タンパク質を固定化した TiO₂ ナノ粒子を用いて、*in vitro* での培養がん細胞への取込みおよび TiO₂ / U.S. 法によるがん細胞障害メカニズム、さらに *in vivo* での TiO₂ / U.S. 法による抗腫瘍効果を検討することである。

2. 理論

2.1 TiO₂ / U.S. 法

超音波は縦波であるために分子が縦方向に振動し、高圧・低圧域ができる。低圧域で圧力が溶媒の蒸気圧より十分低くなると、溶媒分子が引き離され、内部に蒸気を取り込まれ気泡 (キャビティ) が生成する。この気泡は液体中の圧力変化に伴い、膨張・収縮を繰り返す、十分に大きく膨張し臨界状態に達すると急激に圧壊する。気泡の圧壊時には、局所的な高温場に伴い水分解が起こり •OH が生成することが報告されている。このような超音波からの •OH と TiO₂ に超音波を照射することで発生する •OH の両者によって腫瘍細胞膜を酸化し、死滅させることが可能である。また、光触媒としての TiO₂ は励起エネルギーとして紫外光照射を必要とするため、ラジカルの発生は紫外光が到達可能な範囲でしか起こらないが、本研究で提案する TiO₂ / U.S. 法でラジカルを生成させれば、皮膚組織などの表層部だけでなく臓器深部のがん治療も可能となり、非侵襲的な新規がん治療法を開発できる (Fig. 1)。

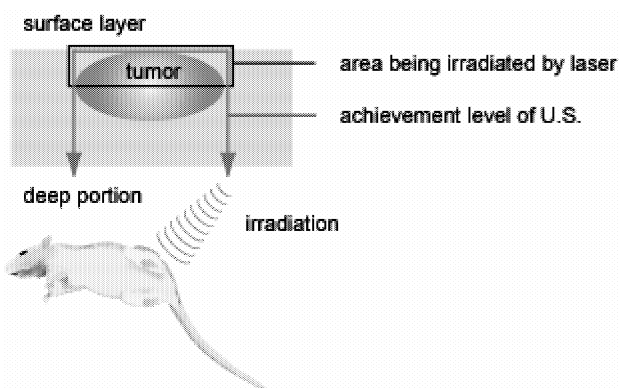


Fig. 1 Advantage of ultrasound irradiation (U.S.).

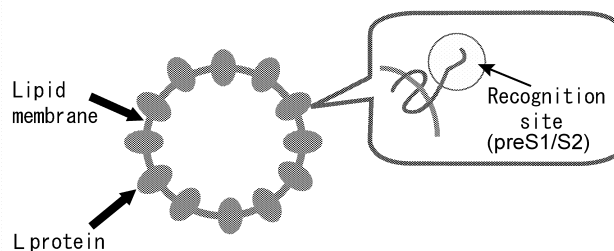


Fig. 2 Hepatitis B virus envelope.

3. 実験

3.1 免疫染色法による粒子の特異性評価

培養細胞懸濁液を 4×10^5 cells/dish になるように 3.5 cm dish に 2 ml ずつ播種し、 37°C 、5 % CO_2 で 24 時間インキュベートした。その後、 TiO_2 濃度 0.1 % (v/v) の preS1/S2 固定化 TiO_2 あるいは TiO_2 、および preS1/S2 タンパク質を 200 μl ずつ添加し、さらに 37°C 、5 % CO_2 で 6 時間インキュベートし細胞に取り込ませた。その後、ターゲット粒子に特異的な 1 次抗体および蛍光標識した 2 次抗体により免疫染色を行い、蛍光顕微鏡を用いて観察した。

3.2 バルク中のラジカル測定

3.5 cm dish に $2\mu\text{M}$ Aminophenyl Fluorescein 溶液を 2 ml ずつ添加した。その後、0.1 % (v/v) の TiO_2 を 200 μl /dish ずつ添加し、1 MHz の超音波発生器を用いてシャーレ下部より超音波 ($0 \sim 1.8 \text{ W}/\text{cm}^2$, 50 % Duty 比) を 30 秒間照射した。振動子は水中に、シャーレを水面に各々固定した (Fig. 3)。蛍光マイクロプレートリーダーを用いて生成されたラジカル量を蛍光として測定した ($\text{Ex} = 490 \text{ nm}$, $\text{Em} = 515 \text{ nm}$)。

3.3 トリパンプルー染色による TiO_2 / U.S. 法の細胞損傷効果の測定

上記と同様の条件で TiO_2 を取り込ませた培養細胞に 1 MHz の超音波 ($0 \sim 0.3 \text{ W}/\text{cm}^2$, 50 % Duty 比) を 30 秒間照射した。その後、超音波照射直後および 24 時間後の生細胞数をトリパンプルー染色により測定した。粒子無添加で超音波を照射しない場合の生細胞数に対する生存細胞数から細胞損傷効果を評価した。

3.4 細胞膜の酸化

上記と同様の条件で TiO_2 を取り込ませた培養細胞に 1 MHz の超音波 ($0.3 \text{ W}/\text{cm}^2$, 50 % Duty 比) を 30 秒間照射した。細胞濃度を調整した後、Diphenyl-1-pyrenyl phosphine (DPPP) 溶液を混合し、15, 30, 60 min 間暗所でインキュベートした。過酸化脂質と DPPP の反応により生成する酸化物を蛍光マイクロプレートリーダーを用いて蛍光として測定した ($\text{Ex} = 350 \text{ nm}$, $\text{Em} = 395 \text{ nm}$)。

3.5 担がんマウスを用いた TiO_2 / U.S. 法による抗腫瘍効果

マトリゲルと細胞懸濁液を混合し、ヌードマウス (5 週齢) の背中側の皮下に注射した。数週間後、腫瘍の形成を確認した後、0.1 % (v/v) の preS1/S2 固定化 TiO_2 を腫瘍部位に 100 μl 注入した。投与して 2 分後、腫瘍局部へゲルを塗り、1 MHz の超音波 ($2 \text{ W}/\text{cm}^2$, 30 % duty 比) を 2 分間照射した。 TiO_2 投与および超音波照射を行った時点を 0 週として、その後経過日数毎にマウスの体重および腫瘍の大きさを測定した。 TiO_2 投与および超音波照射は 0 週時の単回のみ行った。

4. 結果および考察

4.1 免疫染色法による粒子の特異性評価

抗 preS1 抗体を用いた免疫染色法によって preS1/S2 固定化 TiO₂ の肝細胞認識能を調べた。preS1/S2 固定化 TiO₂ を添加した場合、ヒト肝臓がん由来細胞である HepG2 において強い赤色蛍光を示した。また、preS1/S2 タンパク質を添加した場合も、同じく赤色蛍光を示した (Fig. 4)。それに対し、ヒト大腸がん由来細胞である WiDr の場合、preS1/S2 固定化 TiO₂ および preS1/S2 タンパク質のいずれを添加しても赤色蛍光は示さなかった (Fig. 5)。以上の結果より、preS1/S2 タンパク質は肝細胞に特異的な領域を有するタンパク質であり、かつ preS1/S2 固定化 TiO₂ は肝細胞に特異的に取り込まれることが判明した。

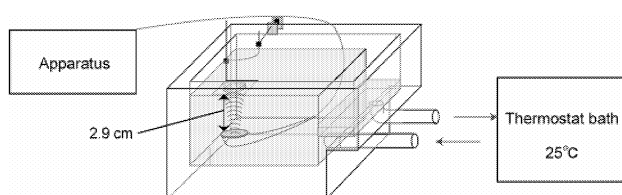


Fig. 3 Schematic illustration of U.S. exposure equipment.

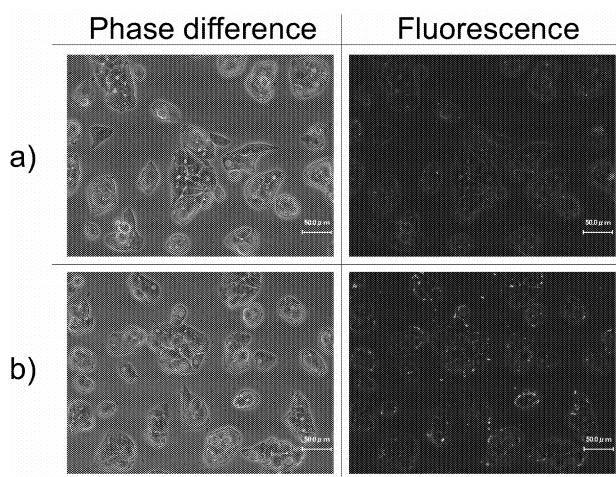


Fig. 4 Immunostaining of HepG2 cells by anti-preS1 antibody. a) preS1/S2 protein, b) preS1/S2 conjugated TiO₂,

scale bar = 50 μm.

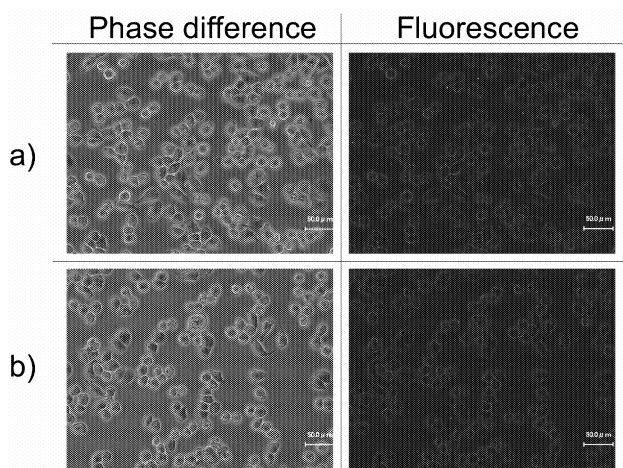


Fig. 5 Immunostaining of WiDr cells by anti-preS1 antibody. a) preS1/S2 protein, b) preS1/S2 conjugated TiO₂, scale bar = 50 μm.

preS1/S2 固定化 TiO₂ においては主に細胞膜の周辺で蛍光が観察された。一方、preS1/S2 タンパク質においては点状の蛍光が見られたが、preS1/S2 固定化 TiO₂ と比較して蛍光量は少なかった。これは preS1/S2 タンパク質がそれ自体の大きさを上回る TiO₂ 粒子と結合することで、preS1/S2 タンパク質のみと比較して重力沈

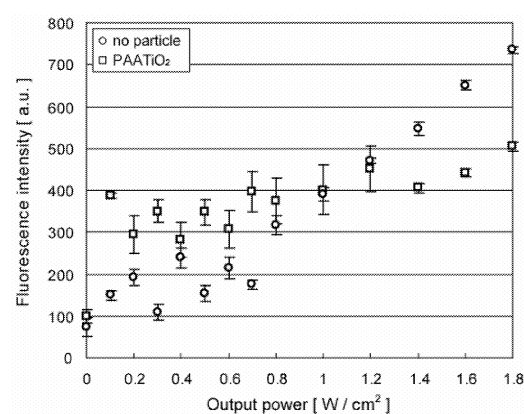


Fig. 6 Effect of U.S. irradiation intensity on ·OH radical formation.

降により細胞と接触する度が増すためではないかと思われる。

4.2 バルク中のラジカル測定

TiO₂ / U. S. 法によって生成されるラジカル量の超音波照射出力による影響を調べた (Fig. 6) . 照射出力が 0~1.0 W/cm² においては, 粒子無添加の時と比較して, TiO₂ を添加した時の方が生成されたラジカル量が増加することが分かった. 一方, 1.0 W/cm² 以上の出力においては, TiO₂ を添加した時の方がラジカル生成量は抑制された. また, 粒子無添加の際, 出力に依存してラジカル生成量は増加した. これらのことから, 今回の照射条件において, 低出力の際に TiO₂ / U. S. 法の細胞損傷効果が発現するのではないかと考えられる.

4.3 TiO₂ / U. S. 法の細胞損傷効果お検討

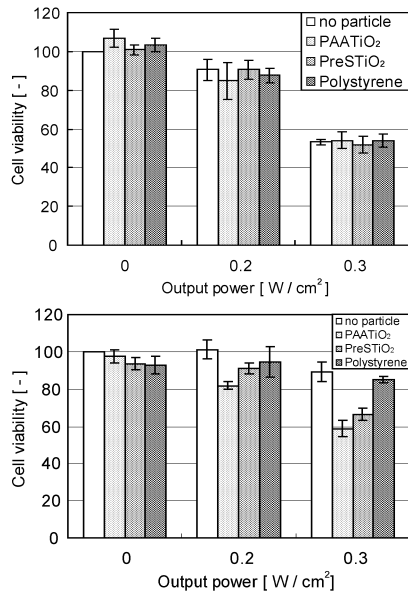
preS1/S2 固定化 TiO₂ の比較対照に, 表面にカルボキシル基を付与し単分散可能なポリアクリル酸固定化 TiO₂ (PAATiO₂) およびポリスチレン粒子 (粒径 100 nm) を用いた (Fig. 7). 照射直後において, どの粒子を添加した際も生細胞数はほぼ一定であった. それに対して, 照射後 24 時間後においては, PAATiO₂ および preS1/S2 固定化 TiO₂ を添加し 0.3 W / cm² の出力で超音波を照射した場合, ポリスチレン粒子を添加した場合と比較して有意な細胞増殖の抑制効果が観察された. これより, 照射直後においては TiO₂ / U. S. 法により生成される OH ラジカルは細胞を壊死させるほどの酸化力はなく, むしろ細胞数の減少は超音波エネルギーによる効果の方が大きかったと考えられる. ただし, 照射後 24 時間後において TiO₂ を添加し超音波を照射した細胞が最も増殖の抑制効果が見られたことは, 24 時間の間に OH ラジカルの酸化力による細胞膜への影響により, アポトーシスによる細胞死が進行している可能性が考えられる. また, ポリスチレン粒子を添加し超音波を照射しても, 24 時間後の増殖抑制効果は TiO₂ 添加の時と比べて低い. これより, 増殖抑制効果は細胞内かまたは細胞表面に局在したナノ粒子と細胞との衝突などの物理的要因の影響および粒子が添加されたことによるキャビティの増大の影響は考えられにくい. さらに, TiO₂ を添加し超音波を照射しない場合, 増殖抑制効果はほとんど見られない. よって照射後 24 時間後の増殖抑制効果は, TiO₂ / U. S. 法により生じる OH ラジカルの酸化力による影響が大きいと考えられる.

4.4 細胞膜の酸化

TiO₂ / U. S. 法による膜酸化の効果を調べた. 結果を Fig. 8 に示す. DPPP を 50 μM, 100 μM のいずれの濃度で反応させた場合も, 蛍光強度は DPPP と細胞との反応時間に無関係にほぼ一定であり, また粒子無添加の場合と比較して, TiO₂ / U. S. 法による細胞膜酸化の効果は見られなかった. preS1/S2 固定化 TiO₂ を添加した場合, 6 時間の取り込み時間では主に細胞膜において局在が確認されたが, PAATiO₂ の場合, 表面電荷により細胞内に取り込まれていることが予想される. 仮に細胞内に取り込まれているならば, 細胞膜ではなく細胞内小器官が酸化されていることも予想され, さらなる検討が必要と思われる.

4.5 担がんマウスを用いた TiO₂ / U. S. 法による抗腫瘍効果

ヒト肝臓がん由来細胞株 HepG2 を移植した担がんマウスを用いて TiO₂ / U. S. 法による抗腫瘍効果についての検討を行った. 腫瘍体積は $1/2 \times (\text{長径}) \times (\text{短径})^2$ (mm³) によって求めた. 経過日数毎の腫瘍体積比と体重比の結果を示す (Fig. 9, 10).



照射直後

照射 24 時間後

Fig. 7 Effect of output power of U.S. irradiation on cell viability.

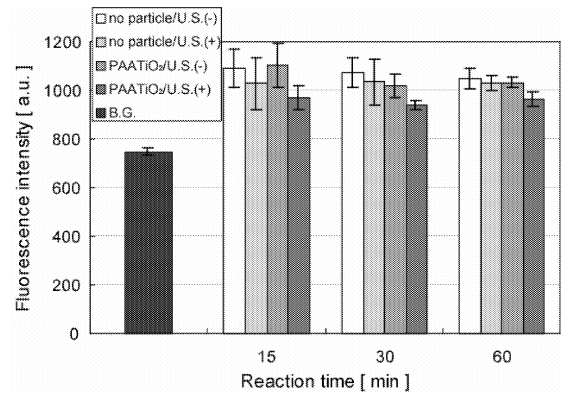


Fig. 8 Lipid peroxidation of cell membrane by TiO₂ / U.S. method.

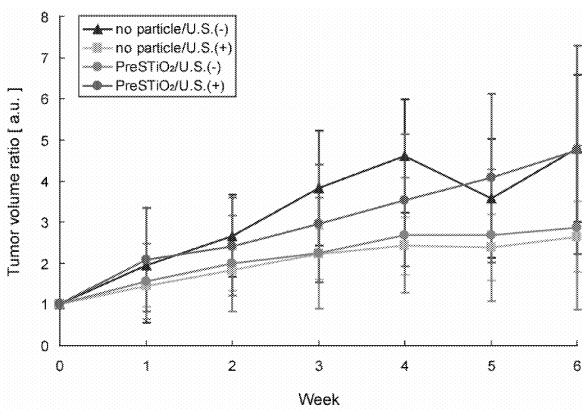


Fig. 9 Tumor volumetric assessment of the antitumor effect of TiO₂ / U.S. method on human hepatoma cell line HepG2 xenografts in nude mice.

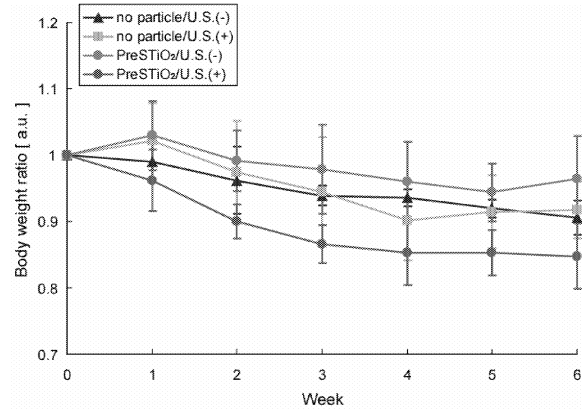


Fig. 10 Tumor weight assessment of the antitumor effect of mice. Xenografts in nude mice. TiO₂ / U.S. method on human hepatoma cell line HepG2

TiO₂ 粒子添加および超音波照射の有無に関わらず、時間経過とともに腫瘍は成長する結果となった。体重においては、TiO₂ を投与し超音波を照射した系がその他の系と比較してやや減少が見受けられたが、これは腫瘍の成長が見られたこととも一致すると考えられる。以上のことから、今回の TiO₂ 投与条件および超音波照射条件では TiO₂ / U.S. 法による抗腫瘍効果は確認できなかった。In vivo においては in vitro と比較して TiO₂ 粒子の挙動および細胞や TiO₂ に対する超音波の影響が異なることが考えられる。また、解析方法によって有意な効果が得られることも考えられるので、さらなる検討が必要と思われる。

5. 結言

本研究において以下のことが明らかとなった。

- (1) preS1/S2 固定化 TiO₂ は肝細胞を特異的に認識する作用を持つことを確認した。
- (2) 1 MHz の超音波において、TiO₂ / U.S. 法によるラジカル生成の増大は低出力際で確認された。
- (3) TiO₂ 存在下における超音波照射によって、照射後 24 時間後において PAATiO₂ および preS1/S2 固定化 TiO₂ を添加し 0.3 W / cm² の出力で超音波を照射した場合、細胞増殖の抑制効果が観察された。これより、TiO₂

/ U. S. 法によるアポトーシスによる細胞死が示唆された.

(4) TiO_2 / U. S. 法によるラジカル生成に起因する細胞膜の酸化効果は確認できなかった.

(5) HepG2 を移植した担がんマウスを用いた TiO_2 / U. S. 法による抗腫瘍効果は確認できなかった.

今後, *in vitro* においては, TiO_2 /U. S. 法による細胞死をより詳細に解析すること, *in vivo* においては, TiO_2 投与条件および超音波照射条件の検討が必要である. また, 今回作製した preS1/S2 固定化 TiO_2 粒子の肝細胞特異性および EPR 効果によるがん組織への集積の有無を確認するため, 粒子の体内挙動に関しても解析を行う必要があると思われる.

Literature cited

- 1) H.Honda, QL Zhao, T.Kondo. *Ultrasound in Med. & Biol.* 28, 673-682, 2002.
- 2) Dongwei Yu, Chie Amano, Takayuki Fukuda et al. *FEBS journal* 272, 3651-3660, 2005.

二酸化チタン/超音波触媒法による過酸化水素生成機構の解析

崎山和亨¹, 荻野千秋¹, 清水宣明²

¹〒920-1192 金沢市角間町 金沢大学大学院自然科学研究科

²〒920-1192 金沢市角間町 金沢大学環日本海域環境研究センター

K. Sakiyama, C. Ogino, and N. Shimizu

Sonocatalytic formation of H₂O₂ following sonication of water in the presence of TiO₂

1 緒言

近年、光触媒の持つ光触媒反応や超親水性といった現象を利用して、環境浄化、自動車や建材のコーティングといったさまざまな分野での実用化がなされ、今後益々の応用が期待されている。光触媒反応は光触媒の光励起によって生成する活性酸素種が有機物質・有害微生物と酸化・還元反応を起こすことで分解・浄化することができる。多くの用途に利用されている光触媒ではあるが、欠点として光は容易に遮断されてしまい障害物の存在によって光触媒反応が起こらないことがあげられる。我々の研究室では光照射ではなく、水中に存在する二酸化チタンへ超音波を照射することにより、OH ラジカルの生成が促進されることを報告している（二酸化チタン/超音波触媒法）。超音波を使用することにより、超音波の高い回折能によって光の届かない場所にも光触媒反応と同様な効果が期待できる。Fig. 1 にこの様子を示す。しかしながら二酸化チタン添加により OH ラジカル生成の促進を確認してはいるが、未だに詳細なメカニズムは明らかでない。加えて OH ラジカル以外の活性酸素種が生成促進されていることも考えられる。中でも OH ラジカルの生成促進が、過酸化水素の生成に影響している可能性が高い[Eq. (5)]。本研究では OH ラジカルの結合より生じると考えられる過酸化水素の生成機構の解析を目的とした。

2 理論

2.1 キャビテーション現象

水中に向けて超音波照射すると、超音波の縦波の影響により負圧域と正圧域が生じる。負圧域において溶媒である水分子の分子間力よりも強い力が働いたとき、水分子が引き離されキャビテーション気泡が生成される。キャビテーション気泡は溶媒の圧力変動によって膨張・収縮を繰り返す。気泡周囲に存在する溶存ガスや溶媒を蒸気として内部に取り込みながら成長する。キャビテーション気泡は十分に成長すると自身を維持できなくなり急激に収縮（圧壊）する。収縮速度が非常に速いと断熱圧縮的に収縮される。その結果、圧壊時には数千度・数百気圧の局所的な高温・高圧場が生成される（ホットスポット説）。この様子を Fig. 2 に示す。この圧壊時には取り込まれたガスのプラズマ化による微発光（ソノルミネッセンス）や水の熱分解による OH ラジカルの生成が確認されている。この反応を Eq. (1) に示す。

2.2 活性酸素種

われわれは体内に酸素を取り込むことで代謝系を維持している。空気中での酸素の反応性は低いが、酸素からは反応性の高い物質が生じる。これが活性酸素種である。活性酸素種の中でも、OH ラジカルは特に酸化力が大きく、そのエネルギーは 120 kcal/mol である。一方、有機化合物を構成する分子中の結合エネルギーは、C-C 結合(83 kcal/mol)、C-H 結(99 kcal/mol)、C-N 結合(73 kcal/mol)、C-O 結合(84 kcal/mol)、O-H 結合(111 kcal/mol)、N-O 結合(93 kcal/mol)と OH ラジカルのそれに比べて小さい。このため、OH ラジカルはこれらの結合を容易に切断することができる。他の活性酸素種に H₂O₂ があるが、不対電子を持たないためフリーラジカルではなく反応性も高くはない。しかし、フェントン反応によって OH ラジカルを生成する。活性酸素種のいくつかの反応を Eq. (2)～(6) に示す。

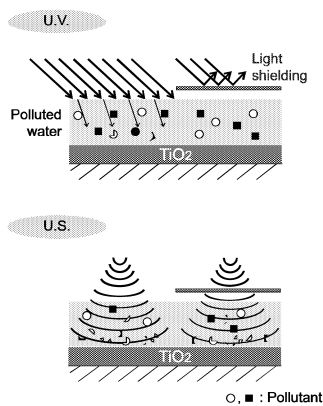


Fig. 1.1 Advantage of TiO₂/ultrasound method.

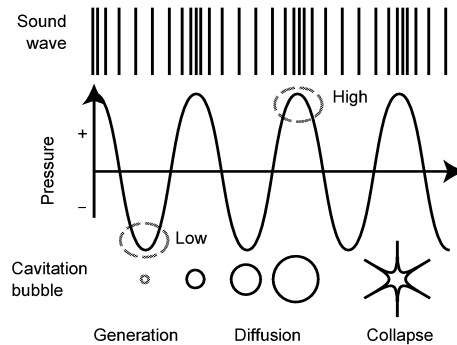
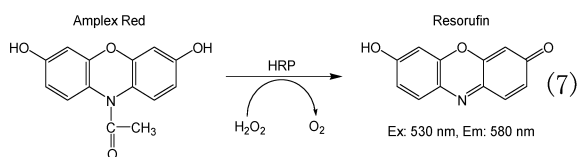
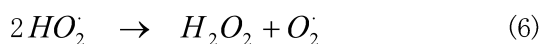
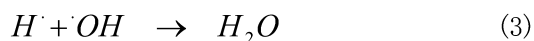
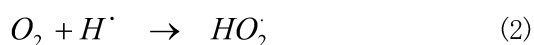


Fig. 2.1 Principle of cavitation phenomena.



gas	Heat capacity ratio, γ	Solvility $\times 10^4$
O ₂	1.40	0.229
N ₂	1.40	0.118
Ne	1.64	0.0815
Ar	1.67	0.252
Xe	1.66	0.788

Table 1 Heat capacity and solubility of gasses.

2.3 過酸化水素の定量方法

過酸化水素の定量方法はいくつか提案されているが、検出限界や実験系の相性より AmplexRed (Molecular Probes 製) 試薬を用いた。Amplex Red 試薬は HRP (Horseradish Peroxidase) 存在下において過酸化水素と量論比 1 : 1 で反応し, Resorufin を生成する。この Resorufin は励起波長 530 nm 蛍光波長 580 nm をもつ。Resorufin を蛍光測定器にて測定することにより過酸化水素を定量した。試薬の反応を Eq. (7) に示す。

3 実験

3.1 粒子添加の過酸化水素生成への影響

当研究室では二酸化チタン粒子を添加すると他の粒子を添加したときと比較して OH ラジカルの生成が促進されることを報告している。二酸化チタンによる促進効果が過酸化水素の生成にも影響しているか検討した。

超純水 2 ml と TiO₂ 粒子 (ルチル型, D_p=2 mm, 2 g) を反応容器に入れる。この反応容器を恒温槽で 20 °C に設定した水中に設置し, 超音波照射 (25~36 kHz, 200 W) を行った。照射溶液を経時的に採取し, Amplex Red 試薬を用いて過酸化水素を定量した。また, 同様の実験を粒子無添加, Al₂O₃ 粒子 (D_p=2 mm, 2 g) 添加の場合についても行い比較検討した。

3.2 反応溶液中の溶存ガスが与える過酸化水素生成への影響

希ガスなどの溶存させた溶液に超音波を照射すると, 空気の溶存と比較してキャビテーション気泡圧壊時の温度上昇が高くなる。そこで, 様々なガスを溶存させた, もしくは脱気した状態で超音波を照射することで, 過酸化水素生成への影響を検討した。

脱気操作による過酸化水素生成への影響 超純水 2 ml と TiO₂ 粒子(ルチル型, D_p=2 μm, 2 g) を反応容器に入れた. この反応容器を 20 °C に調節した恒温槽中に設置し脱気(94 kPa, 5 min) した後, 脱気状態を保ったまま超音波照射(25~36 kHz, 200 W) を行った. 試料を経時的に採取し, 過酸化水素を定量した. また, 同様の実験を粒子無添加, Al₂O₃ 粒子(D_p=2 μm, 2 g) 添加の場合についても行った.

ガス添加による過酸化水素生成への影響 超純水 2 ml と TiO₂ 粒子(ルチル型, D_p=2 μm, 2 g) を反応容器に入れた. 反応溶液にガスをバブリング(15 sec) して添加し, 5 分静置後超音波照射(25~36 kHz, 200 W) を行い, その後照射溶液を経時的に採取し過酸化水素の定量を行った. 添加したガスは N₂, O₂, Ar, Xe, Xe/Ne の混合ガス (Xe:Ne=3:7) の 5 種類で, ガス添加時の過酸化水素生成量を比較した. 用いたガスの溶解度, モル熱容量比を Table 1 に示す.

3.3 芳香族化合物添加による過酸化水素生成の影響

超音波照射によって生成されるキャビテーション現象によって, チオエーテルなどの有機化合物の疎水性の度合いにより分解効率が変わるという報告^[1]がある. そこで親水性・疎水性を考慮して, いろいろな芳香族化合物を用いて比較検討した. 用いた芳香族化合物の OH ラジカルとの反応速度定数, オクタノール/水分分配係数, 蒸気圧を Table 2 に示す. 芳香族化合物の濃度を超純水にて 5 μM (2 ml) に調製し TiO₂ 粒子(ルチル型, D_p=2 μm, 2 g) を反応容器に入れた. この反応容器を恒温槽で 20 °C に設定した水中に設置し, 超音波照射(25~36 kHz, 200 W) を行った. 照射溶液を経時的に採取し, Amplex Red 試薬を用いて過酸化水素を定量した.

Material	Log P _{OW}	k _{OH} (× 10 ⁹)	Vapor [Pa]
Toluene	2.7	5.1	2.9 × 10 ³
Aniline	0.90	8.6	4.0 × 10 ¹
O-Chlorophenol	2.2	12	2.3 × 10 ²
O-Xylene	3.1	6.7	6.4 × 10 ²
Benzene	2.1	7.7	1.0 × 10 ⁴
Pyridine	0.65	4.5	2.0 × 10 ³
Phenol	1.5	6.6	4.7 × 10 ¹

Table 2 Octanol-water partition coefficient (logP_{OW}), reaction rate constant (k_{OH}) and vapor of aromatic

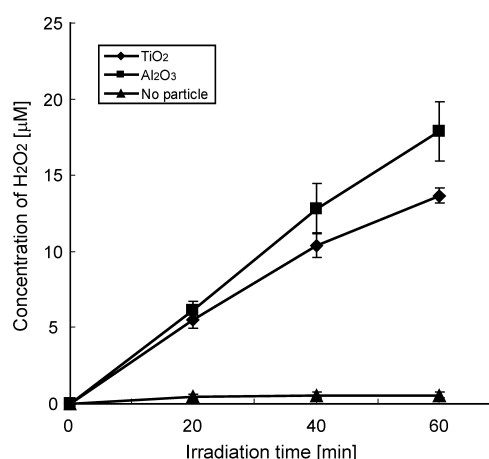


Fig. 4.1 Effects of TiO₂ and Al₂O₃ particles on the generation of H₂O₂ during ultrasonic irradiation.

4 結果と考察

4.1 粒子添加による過酸化水素生成の影響

超音波照射による過酸化水素生成の経時的変化を Fig. 4.1 に示す. 粒子を添加したことにより過酸化水素の生成量が大きく増加した. 粒子の添加により粒子がキャビテーション気泡生成の核となり, キャビテーション気泡の生成・圧壊が促進される. その結果より多くの水が熱分解されて OH ラジカルの生成と OH ラジカルの再結合量が増え, 過酸化水素生成が増加したと考えられる. また, アルミナ粒子と二酸化チタン粒子を添加したときの過酸化水素生成量を比較すると, 二酸化チタン粒子を添加した際の過酸化水素生成量が低かった. 二酸化チタンと過酸化水素との間で反応が起こり, 生成された過酸化水素が消費されたものと思われる.

4.2 反応溶液中の溶存ガスが与える過酸化水素生成への影響

脱気操作による過酸化水素生成の影響 脱気状態での超音波照射による過酸化水素生成の経時変化を Fig.

4.2 に示す。また、脱気操作(5 min)後に溶存酸素濃度を測定した結果およそ 0 ppm であった。脱気を行うことで Fig. 4.1 と比較して有意に過酸化水素の生成量が減少した。脱気操作によりキャビテーションの核となる溶存ガスがなくなったため、キャビテーション現象が起きにくくなっていると考えられる。その結果水の熱分解が起こりにくくなり OH ラジカルの生成と過酸化水素の生成が抑制されていると思われる。

ガス添加による過酸化水素生成の影響 ガス添加後の超音波照射による過酸化水素生成量の経時変化を Fig. 4.3 と 4.4 に示す。Fig. 4.3 では二酸化チタン粒子を、Fig. 4.4 ではアルミナ粒子をそれぞれ添加している。

Ar と O_2 を添加したときの過酸化水素生成量を比較すると、Ar 添加時の過酸化水素生成量が多かった。キャビテーションの圧壊時には断熱的に圧縮されるために、 O_2 と比べてモル熱容量比の大きい Ar (Table 1) ではキャビテーション気泡圧壊時の温度がより高温 [Eq. (8)] となる。このため水の熱分解が促され、過酸化水素の生成量が増加したと考えられる。

Ar と Xe/Ne を添加したときの過酸化水素生成量に差は見られなかった。モル熱容量比や溶存ガスの量に大きな差がないため、キャビテーション気泡、水の熱分解による OH ラジカル生成量、そして過酸化水素の生成量に差が生じなかったと思われる。

Xe 添加においては Ar、Xe/Ne 添加時の約 3 倍の生成量が確認された。これは溶液中のガスの溶存量の違いによると考えられる (Table 1)。Xe の溶解度は Ar と Xe/Ne より高いため溶液中の溶存ガス量が多い。このためキャビテーション気泡の生成・圧壊が増えて水の熱分解が促進され、その結果として過酸化水素の生成量が多くなったと考えられる。このことは N_2 と O_2 を添加したときの過酸化水素生成量の比較によっても確認することができる。溶存ガスの量が多い O_2 添加時の過酸化水素生成量が N_2 添加時と比較して大きい。これらのことより超音波照射時の過酸化水素生成には溶存気体のモル熱容量比や溶解度・溶存量が深く関与していることが示唆された。また、希ガスを添加することにより過酸化水素が多量に生成されていることから、溶存している O_2 からの過酸化水素の生成経路 [Eq. (2), (6)] が過酸化水素の主な生成経路ではないことが予想される。また、主な生成経路としては水の熱分解により生成される OH ラジカルの再結合であると考えられる [Eq. (5)]。

4.3 芳香族化合物添加による過酸化水素生成の影響

芳香族化合物存在下での超音波照射による過酸化水素生成の経時変化を Fig. 4.5 に示す。Toluene, Benzene を添加したときのみ過酸化水素生成量の減少が見られた。Table 2 に示したように、Toluene, Benzene は共に疎水性が強く、蒸気圧の高い物質である。よって過酸化水素の生成を抑制するには疎水性が強いことと、蒸気圧が高いことが必要条件であると思われる。既往の研究^[1]の結果では疎水性の物質では分解効率が良いと報告されている。共通点は疎水性が強いことである。

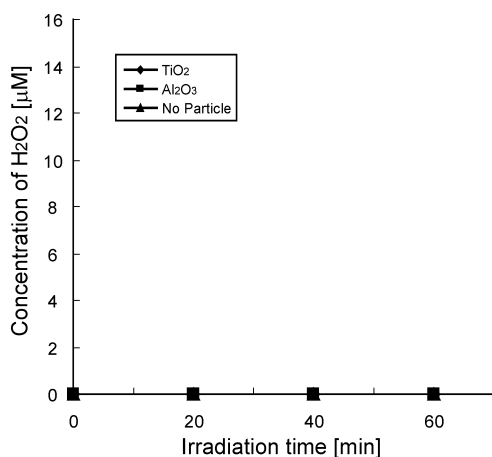


Fig. 4.2 Effects of deaeration on the generation of H_2O_2 during ultrasonic irradiation with TiO_2 , Al_2O_3 , or no particles.

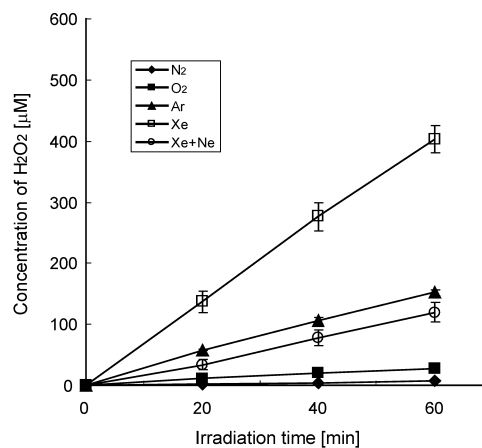


Fig. 4.3 Effects of dissolved gases on the generation of H_2O_2 during ultrasonic irradiation with TiO_2 .

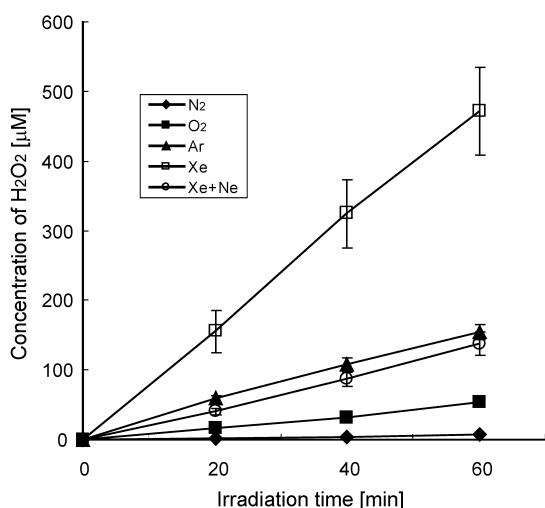


Fig. 4.4 Effects of dissolved gases on the generation ultrasonic of H₂O₂ irradiation with Al₂O₃.

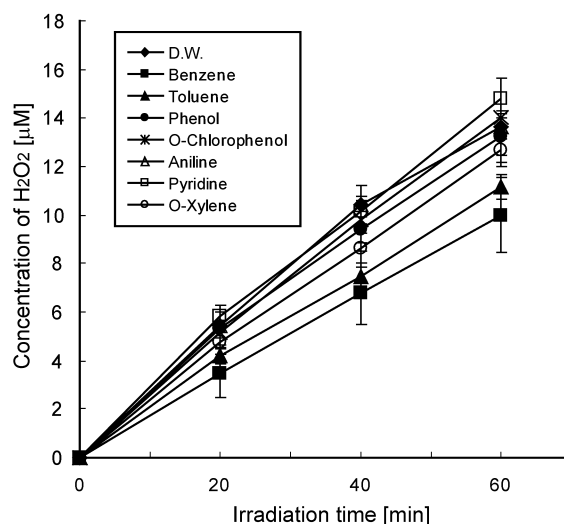


Fig. 4.5 The inhibitory effects of aromatic compounds during on the H₂O₂ generation during ultrasonic irradiation with TiO₂.

$$T_{ad} = T \left(\frac{R_{co}}{R_e} \right)^{3(\gamma-1)} \quad (8)$$

T : Water temperature

T_{ad}: Intracavity temperature

R_{co}: Bubble radius at which collapse begins

R_e : Bubble radius at which collapsed

過酸化水素がキャビテーション気泡内でOHラジカルの再結合より生成されているならば、生成の抑制には疎水性の物質である必要があるためキャビテーション気泡の境界膜が疎水性であると推測される。一方、疎水性の強い物質ではあっても蒸気圧の低い物質は過酸化水素の生成を阻害しなかった。その原因はキャビテーション気泡への取り込まれる過程にあると思われる。キャビテーション気泡の発生初期において気泡内は真空状態であり、周囲のガスと共に溶媒を蒸気として取り込むが、主な溶媒である水が大量にあるために親水性物質では水と競合し、取り込まれにくくなっている可能性がある。

5 まとめ

過酸化水素は水分子の分解により生じるOHラジカルの再結合が主な生成経路である。また、キャビテーション気泡の境界膜は疎水性物質との相溶性が高いと思われ、過酸化水素はキャビテーション気泡内でOHラジカルが再結合することにより生成されると考えられる。また、TiO₂存在時に超音波照射することによりOHラジカルの生成促進されることをこれまで報告しているが、生成促進されたOHラジカルが過酸化水素生成に寄与する割合は少ないものと思われる。Fig. 5.1に過酸化水素生成機構を模式的に示す。

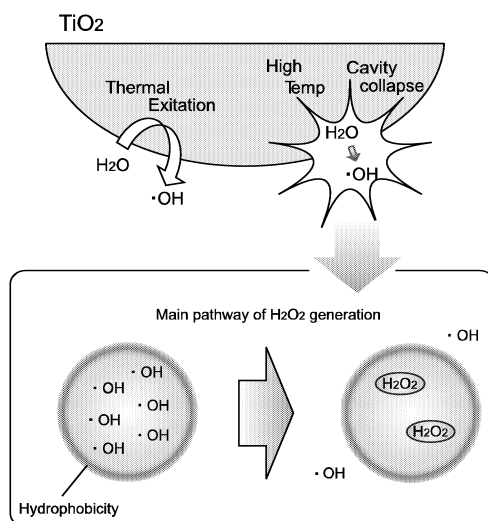


Fig. 5.1 Proposed mechanism of H_2O_2 generation by TiO_2 /ultrasound irradiation.

Literature cited

[1] Zhilin Wu, Bernd Ondruschka, Ultrasonics Sonochemistry, 13(2006)371-378

再生骨石灰化促進における力学刺激効果を評価する簡易光システムの開発

杉浦直樹¹, 田中茂雄²

¹金沢大学工学部人間・機械工学科

²金沢大学環日本海域環境研究センター生体機能計測研究部門

N. Sugiura and S.M. Tanaka

Development of a compact optical sensing system to evaluate mechanical stimulation effect for the promotion of osteoblastic calcification in tissue-engineered bone

1. 緒言

骨の再生医療において、培養再生骨の石灰化を促すためにさまざまな刺激が試みられている。しかしながら、培養下における再生骨の石灰化反応は遅いため刺激の効果を知るには数週間の時間を要する。培養開始より最適な刺激条件で効率的な骨再生促進を行うためには、短時間で刺激効果を評価できる方法の確立が必要である。刺激に対する骨芽細胞の骨形成反応においては、刺激直後に起こる細胞内 Ca^{2+} 濃度変化がセカンドメッセンジャーとなり刺激情報の細胞内伝達が起こることが知られている。そこで、刺激効果を短時間で評価する指標として骨芽細胞内の Ca^{2+} 動態に着目した。本研究では、発光ダイオード (LED) とフォトダイオード (PD) を利用することで、小型で簡易的な再生骨用細胞内 Ca^{2+} 動態観察システムを作製し、同システムを用いて力学刺激に対する再生骨の骨芽細胞内 Ca^{2+} 動態を観察することを目的とした。

2. 細胞内 Ca^{2+} 動態観察システム

図1に本法の原理を示す。骨芽細胞を含む再生骨が、カルシウム蛍光プローブを添加した培地で満たした培養チャンバー内に設置され、LEDとPDが再生骨直下に並置されている。LEDから照射された励起光により細胞内 Ca^{2+} と結合した蛍光プローブが蛍光を発し、この蛍光をPDが検出する。 Ca^{2+} 濃度に応じて蛍光強度が変動するため、検出信号の強度変化から細胞内 Ca^{2+} 動態がわかる。PD上にはフィルタが設置され、これにより反射された励起光を遮断して蛍光のみを透過させるように工夫した。本システムでは、蛍光プローブにFluo4-AM (同仁化学)の使用するため、LEDは波長490nmの光を発するものを、また、フィルタは波長500nm以上の光透過性を有するものを採用した。図2にシステム全体の概略を示す。LEDの発光強度と発光時間の制御およびPDの検出信号の転送は、AD/DAボードを介してVisual Basicにより記述されたプログラムにより行った。図3は、本システムの検証のために行ったモデル実験の結果である。実験では0~100 μM に調整した CaCl_2 水溶液と3 μM のFluo4で満たされた培養チャンバー内に担体 (I型コラーゲンスポンジ)を置き、本システムにより蛍光強度の計測を行った。同図に示すように、0~60 μM の範囲において CaCl_2 濃度と蛍光強度の正の線形関係が確認され、これと同濃度範囲において本システムの使用が可能であることが検証された。

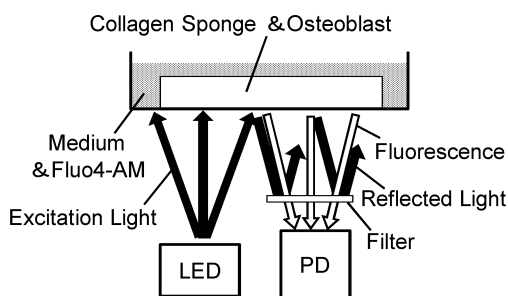


図1 細胞内 Ca^{2+} 動態観察の原理

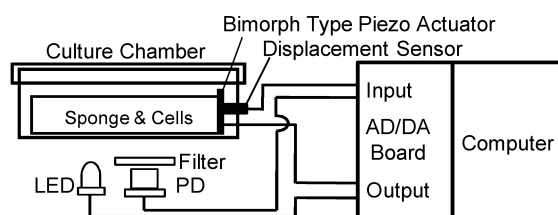


図2 細胞内 Ca^{2+} 動態観察システム

3. 力学刺激により生じる細胞内 Ca^{2+} 動態の観察

マウス頭蓋骨から樹立された骨芽細胞様細胞である MC3T3-E1 細胞を I 型コラーゲンスポンジ担体 (L 20×W 16×t 2 mm, 孔径約 100 μm) に約 1×10^6 個播種することで再生骨を作製した. 培養 1 日後, 8 μM の Fluo4-AM を添加し 3 時間培養し, その後, 本システムを用いて力学刺激を与えた際に生じる蛍光強度変化を調べた. なお細胞への力学刺激は, ピエゾアクチュエータを用いて最大 0.2% の圧縮変形を正弦波状 (0.8 Hz) に 25 秒間再生骨へ与えることで行った. 図 4 に測定結果の代表例を示す. 刺激開始直後から蛍光強度が上昇し, 約 2 秒後に刺激開始前のレベルにもどる様子が観察された.

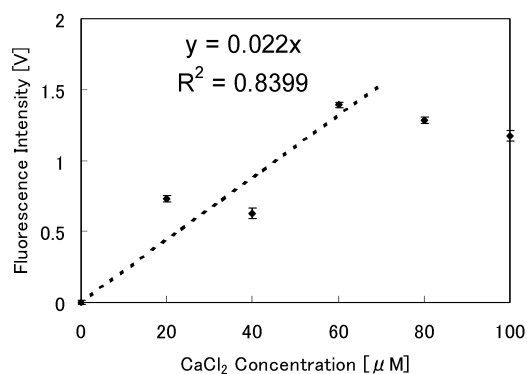


図 3 CaCl_2 濃度と蛍光強度の関係

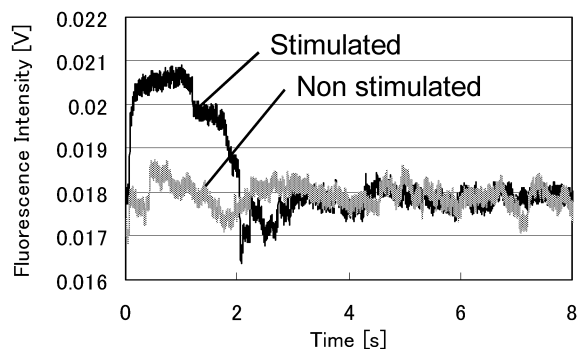


図 4 力学刺激にともなう再生骨の骨芽細胞内 Ca^{2+} 濃度変化

4. 結言

本研究では, LED と PD を利用した小型で簡易的な再生骨用細胞内 Ca^{2+} 動態観察システムを開発した. そして, 本システムを用いることにより, 力学刺激に対する再生骨の反応として骨芽細胞内 Ca^{2+} 濃度変化を観察することができた.

謝辞

本研究は文部科学省科学研究費基盤研究 (C) の支援を受け行われた (課題番号: 18500343).

骨格筋電気刺激による骨形成促進効果に関する研究

瀧本貴友¹，田中茂雄²

¹金沢大学工学部人間・機械工学科

²金沢大学環日本海域環境研究センター生体機能計測研究部門

T. Takimoto and S.M. Tanaka

Evaluation of the osteogenic effect of electric muscle stimulation using finite element method

1. 緒言

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．後肢懸垂ラットを用いた検証実験の結果，大腿四頭筋への電気刺激により後肢懸垂で生じる大腿骨での骨量減少を抑制できることを確認した⁽¹⁻²⁾．一方，骨への直接的な電気刺激により骨形成が促進されることを示す報告⁽³⁾があることから，本法においても骨へ電流が流れることで骨形成が促進された可能性も考えられる．そこで本研究では，ラット大腿四頭筋への電気刺激によりどの程度の電流密度が大腿骨で生じるかを有限要素法により解析し，骨内電流による直接的な骨形成刺激の可能性を検討した．

2. 有限要素解析

有限要素解析プログラムには ANSYS ver. 11 を使用した．解析モデルは，大腿部を円柱状 ($\phi 10 \times 25$ mm) に模したものであり，内部は皮膚 (厚さ 1 mm)，大腿筋 (外径 $\phi 8$ mm)，大腿骨皮質 (外径 $\phi 3$ mm)，および骨髄 ($\phi 1.8$ mm) で構成されている (図 1)．また針電極 ($\phi 0.45 \times 7$ mm) は，大腿部中心から 3 mm 離れた位置に骨軸に垂直に 10 mm 間隔で配置した．各組織の電気抵抗率は文献より得られたヒトのものを用い⁽⁴⁾，また，針電極についてはステンレスの電気抵抗率を与えた (表 1)．針電極間には，2 kHz， ± 1 mA peak-to-peak の交流電流を与え，その際生じる各組織内の電流密度分布および平均・最大電流密度を 3 次元定常電流解析により求めた．なお，この筋への電気刺激条件は前述の後肢懸垂ラットを用いた実験⁽¹⁻²⁾での条件に準じている．三次元メッシュモデルの要素タイプは六面体要素であり，要素数は 92696 とした．

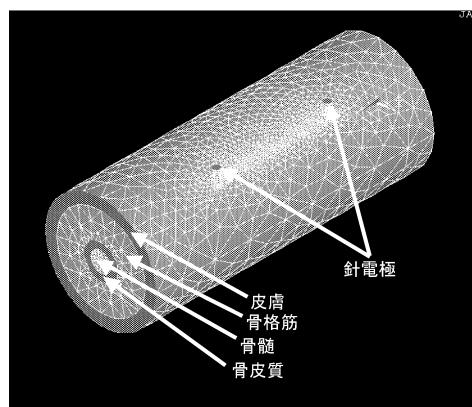


図 1 3次元有限要素メッシュモデル

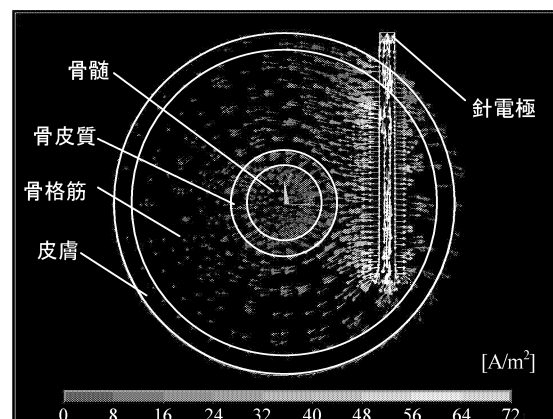


図 2 電極位置横断面での電流密度ベクトル図

3. 結果及び考察

図 2 に電極位置横断面での電流密度ベクトル図を示す。電流密度値は電極付近において高く、また骨を取り囲むように電流が骨格筋内を流れることがわかった。骨格筋内においては電極付近が最も大きな電流密度が生じ、電極間において比較的大きな電流密度分布が見られた。なお、電極側と比べると反対側の骨格筋での電流密度は小さかった。骨皮質内における電流密度分布は骨格筋内のそれと同様の傾向を示していた。一方、骨髄内においては、電極間の中心で最も大きな電流密度が生じていた。これは、周りを電気抵抗率の高い骨皮質で覆われていることに起因しているものと思われる。表 1 に各組織の平均・最大電流密度を示す。電流密度は平均値および最大値ともに、骨皮質、骨髄、皮膚、骨格筋の順に大きくなった。従来報告されている骨形成を促進させる電流密度値は、 $0.02^{(5)}$ 、 $0.2^{(6)}$ 、または $0.5^{(3)}$ A/m² であり、いずれも本解析より得られた骨皮質内の平均・最大電流密度値 (0.71 A/m², 3.15 A/m²) よりも大きい。すなわち、本実験条件下では、骨形成を刺激するに十分な大きさの電流密度が大腿骨皮質内に生じると言える。このことは、前述の電氣的筋収縮制御の骨量減少抑制効果には、力学刺激効果のほかに骨への直接的な電気刺激効果が含まれることを示している。

表 1 各組織の電気抵抗率と平均・最大電流密度値

組織	電気抵抗率 (Ω m)	電流密度 (A/m ²)	
		平均	最大
骨髄	1.55	3.68	8.76
骨皮質	18	0.71	3.15
骨格筋	1.1	17.12	143.07
皮膚	2.89	8.44	64.67
針電極	7.2×10^{-7}		

4. 結言

本研究では、電氣的筋収縮時において生じる骨皮質内の電流密度を有限要素法により解析した。解析結果から、同法の骨量減少抑制効果には、筋収縮を通じて間接的に骨へ与えられる力学刺激効果のほかに、骨に流れる電流による直接的な刺激効果も含まれる可能性が示された。

参考文献

- (1) 田中茂雄 他：日本機械学会北陸信越支部第 44 期総会・講演会講演論文集，077-1：339-340，2007
- (2) 近藤香菜子 他：日本生体医工学会誌生体医工学，45(Suppl. 1)：212，2007
- (3) Zengo AN: J Dent Res, 55(3): 383-389, 1976
- (4) GEDDES LA et al., Med & Biol Eng, 5: 271-293, 1967
- (5) Joseph A: Bioelectromagnetics, 18: 193-202, 1997

謝辞

本研究の一部は、財団法人立石科学技術振興財団平成 19 年度研究助成の支援を受け行われた（登録番号：1071016）

光深度分解法による骨密度計測

曹 廷舜¹, 辻本敏行², 田中茂雄³

¹金沢大学工学部人間・機械工学科

²株式会社堀場製作所

³金沢大学環日本海域環境研究センター生体機能計測研究部門

T. Sou, T. Tsujimoto, S.M. Tanaka

Non-invasive bone density using depth-resolved optical measurement method

1. 緒言

骨粗鬆症の予防には、定期的な骨密度のスクリーニングが有効であるが、現在、そのような機会が十分に提供されているとは言えない。本研究では、光を利用することで骨密度スクリーニングを容易にする小型・廉価で携帯性に優れた安全な骨密度計の開発を目的としている。特に、実用的な計測精度を得るには骨を覆う皮膚に影響されない方法の確立が重要である。そこで、そのような方法の一つとして“光深度分解法”を新たに提案し、その有効性をモンテカルロシミュレーションとモデル実験により検証した。

2. 光深度分解法

光深度分解法では、計測対象物に対し光散乱特性を有する参照散乱体 (RSM: Reference scattering media) を介して光を照射する (図1)。光源から計測対象物までの距離 (RSMの厚さ, LRMS) を変化させることで、計測対象物への光侵入深度を変えることができる。その際得られる入射光強度 (I_0) と反射散乱光強度 (I) の比の対数值 ($\ln(I/I_0)$: 反射率) のLRMSに対する変化 (反射率曲線) から骨密度を評価する。図1 bの状態において、光源が微小移動 (dL) した際に皮膚層内での平均光路長が変化しないとし、また I_0 と I の関係がランバート・ベール則に従うとすると、反射率曲線の傾きは骨と RSM の光学特性により決定される。すなわち、反射率曲線の傾きは皮膚の影響を受けない骨密度評価パラメータとして用いることができる。

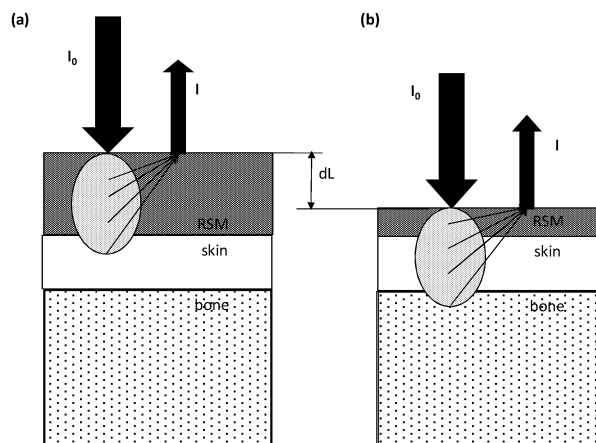


図1 光深度分解法の原理図

3. モンテカルロシミュレーション

光深度分解法をモンテカルロシミュレーション法¹⁾により検証した。骨および皮膚の光学特性 (吸収係数 μ_a , 散乱係数 μ_s) は文献値^{2,3)}を参考に決定した。なお、骨密度は散乱係数を変えることで表現した。参照散乱体の光学特性は、反射率が皮膚と骨のほぼ中間となるように調整した。光子数は 10^5 個とし、また異方性散乱パ

ラメタ g は 0.95 とした. なお, 骨には十分な厚さを与え骨背面の影響が生じないようにし, 各層間の表面反射は無視した. 図 2a は, 皮膚がない場合の骨に対する反射率曲線である. 骨の散乱係数の増加とともに反射率曲線の傾きが急峻になることが確認できる. 図 2b は, 皮膚層がある場合の反射率曲線である. 皮膚厚を変化させた場合, 反射率は皮膚厚の増加とともに低下するものの, 反射率曲線の傾きに変化は見られなかった. なお, 皮膚の吸収係数を変化させた場合でも同様の結果であった. 以上より, 反射率曲線の傾きは骨散乱特性に依存するものの, 皮膚には影響されないことが確認された.

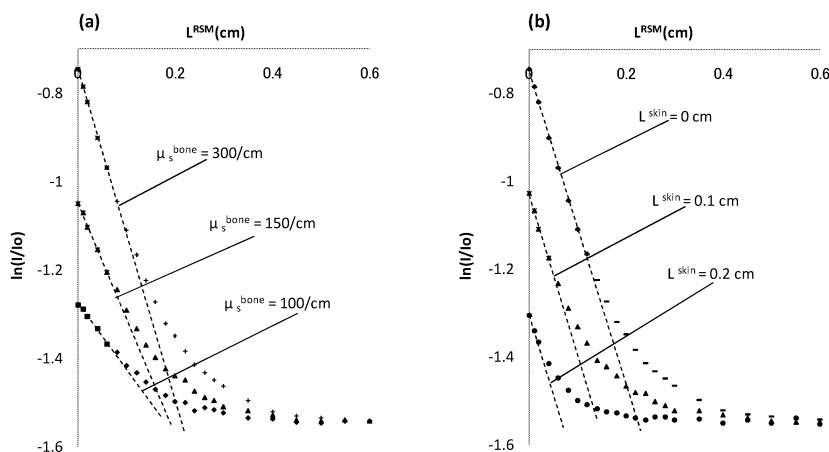


図 2 シミュレーションより得られた反射率曲線. (a) 骨のみの場合, (b) 皮膚層がある場合 (μ_s^{bone} は 300/cm に固定)

4. モデル実験

図 3 に実験装置の概略を示す. LD (655 nm, 1 mW) より照射された光は, ビームスプリッターおよび導管を経由して RSM に導かれる. RSM の厚さの変更は, マイクロメーターにより導管を移動させることで行う. 模擬試料と RSM からの反射散乱光は導管を通りビームスプリッターで分岐され PD で検出される. これを I として記録した. I_0 は, 試料位置に全反射鏡を置き, L^{RSM} が 0 cm で検出される電圧値とした. 本実験では, RSM に 0.1% イントラリピッド液を使用し, また模擬皮膚にはシリコン樹脂シートを用いた (厚さ: 0.9, 1.6, 2.3 mm). 模擬骨はシリコン樹脂に CaCO_3 粉末を混合して作製した (密度 (体積含有率): 22.5, 66.7, 198.3 mg/cm^3). 図 4 に反射率曲線の傾きと模擬骨密度の関係を示す. 反射率曲線の傾きは模擬骨密度の増加とともに増加し, 模擬皮膚の有無に大きく影響されることはなかった. なお, 両者の関係は対数関数的に相関した ($r^2=0.949$).

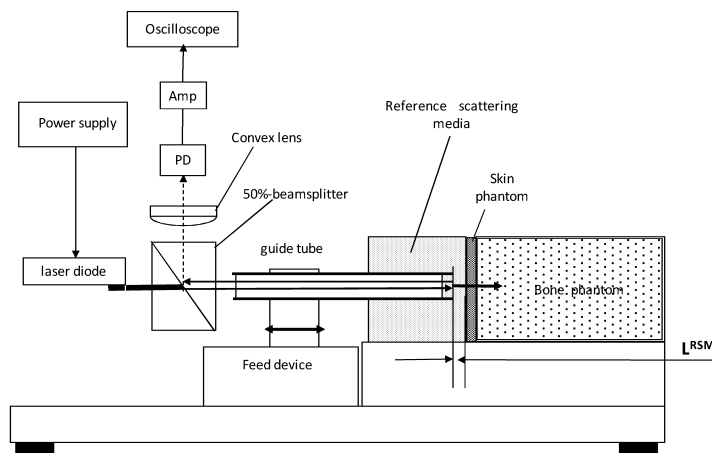


図 3 モデル実験装置の概略

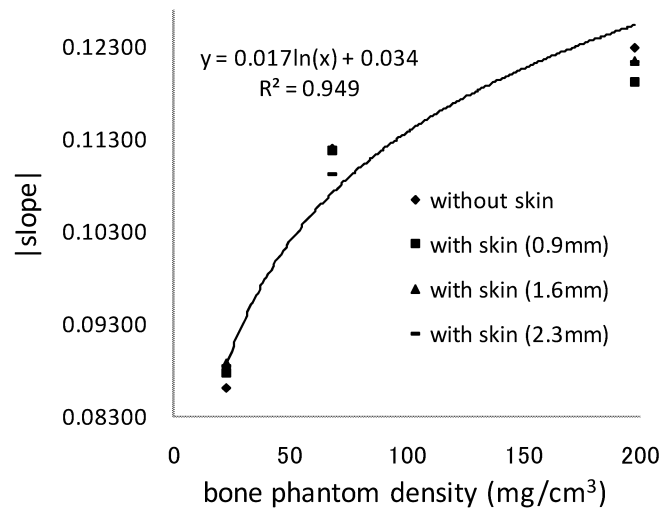


図 4 反射率の傾き（絶対値）と模擬骨密度の関係

5. 結言

本研究で提案された光深度分解法は、皮膚影響を受けない光式骨密度評価法と成り得ることが、モンテカルロシミュレーションおよびモデル実験で確認された。

参考文献

- 1) Wang LH, et al., Comput Methods Programs Biomed 47:131-146, 1995
- 2) Ugryumova N, et al., Phys Med Biol, 49: 469-483, 2004
- 3) Troy TL, et al., J Biomed Opt, 6: 167-176, 2001

近赤外空間分解法による非侵襲骨密度計測に関する研究

川口道寛¹, 辻本敏行², 田中茂雄³

¹金沢大学大学院自然科学研究科

²株式会社堀場製作所

³金沢大学環日本海域環境研究センター生体機能計測研究部門

M. Kawaguchi, T. Tsujimoto, and S.M. Tanaka

Non-invasive bone densitometry using spatially-resolved measurement method

1. 緒言

わが国では2004年度に高齢者人口が14%を超え高齢社会となり、現在においても高齢者の数は増え続けている。このような現状において問題となっている疾患が骨粗鬆症である。平成16年度人口動態統計より国内に1000万人の患者がいるとされ、寝たきりの原因の第3位に骨粗鬆症性骨折が入っており、深刻な問題となっている。骨粗鬆症の特徴として自覚症状に気付きにくい点があり、骨折をした後に発症に気付く場合も多い。また治療が困難な疾患でもある。その為、健常状態の間に自身の骨密度を把握し予防に努める事が重要である。しかし現在、主に使用されている骨密度計測装置では病院等へ行き診察を受けねばならず容易に知りうる機会が提供されているとは言い難い。そこで光を利用した骨密度計測法に着目した。本研究の目的は、光空間分解法による非侵襲的骨密度計測の可能性をモデル実験及びモンテカルロシミュレーションにて検討することである。これが可能となれば小型で取り扱いも容易な装置が実現され、スクリーニングや自己診断により自身の骨密度を知る機会を増やすことが可能となると考えられる。

2. 計測原理

図1に空間分解法の原理図を示す。図1の様に皮膚と骨の2層のモデルを想定し、射光部より光が照射される。皮膚を経由して骨へと侵入した光はある深さにおいて反射し、また表層へと現れる。射光部から近い場所においては強い反射散乱光を検出でき、離れるほど検出される光は弱くなる。この時、反射散乱光は骨密度が高いほど射光部付近にて強く反射し、光が拡散しない。空間分解法ではこの特性を利用し、取得した反射散乱光強度分布の違いを比較することで骨密度を評価する。実際には反射散乱光強度分布に対して式(1)の様な指数関数式で近似できる。ここで、 y は反射散乱光強度を、 x は光源からの距離を示している。本研究では、 C_2/C_1 の値を骨密度評価に用いた。

$$y = C_1 \times e^{-C_2 \times x} \quad (1)$$

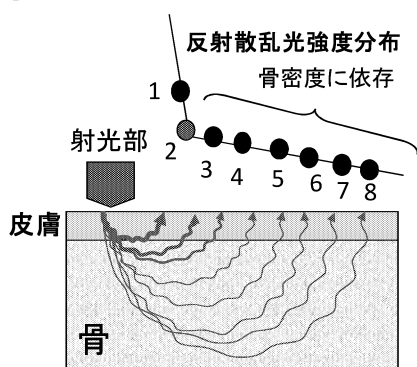


図1 空間分解法原理図

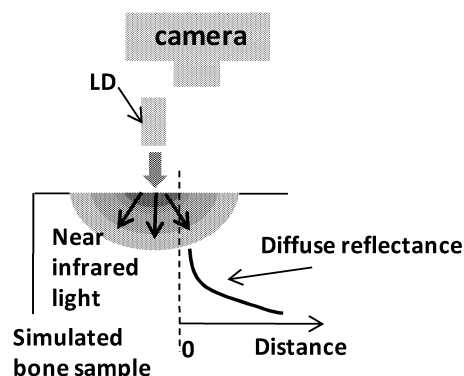


図2 モデル実験装置概要 (皮膚層がない場合)

3. 皮膚層が存在しない場合

図 2 のように模擬骨を用いて実験を行った。模擬骨にはシリコン樹脂に炭酸カルシウム粉末を混合したものを使用した。これらの混合割合を調節することによって 22.5, 67.6, 198.3(mg/cm³)の密度の異なる3種類を用意した。試料上部からレーザーダイオード(LD)より 650nm の光を垂直に照射し、模擬骨試料からの反射散乱光を上方よりデジタルカメラで撮影し 256 階調のグレースケールで反射散乱光強度空間分布を得た。また得られた空間分布の分布形状をより比較しやすくする為、射光部である 0(cm)地点の反射散乱光強度値で全分布の値を割り正規化処理を行った。0.5~1.5 cmの区間にて得られた指数近似式を利用し検証した。図 3 に得られた空間分布、図 4 に C_2/C_1 と模擬骨密度との関係を示す。計測原理で予想された通り、光源付近においては反射散乱光強度が強く、離れていくにつれ減衰していく様子が確認できた。また模擬骨密度と C_2/C_1 との間には $R^2=0.96$ と良好な正の相関がみられ、 C_2/C_1 を用いて骨密度を評価することが可能であることが示唆された。

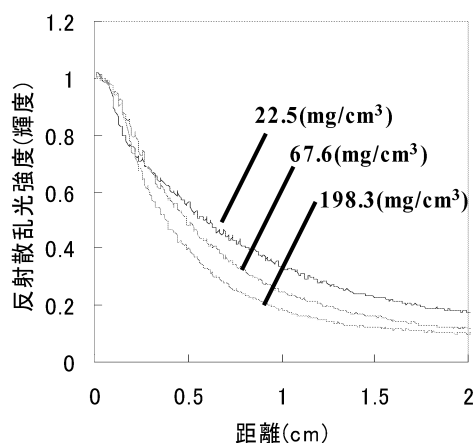


図 3 皮膚層がない場合の反射散乱光強度分布

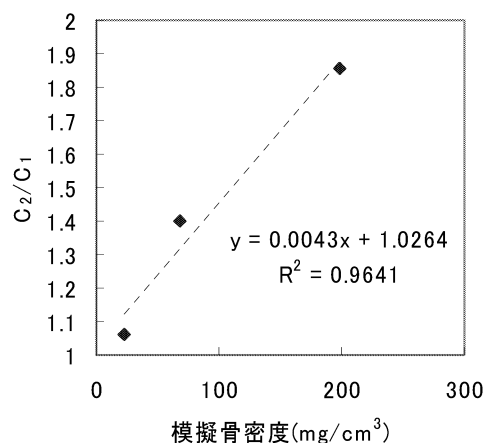


図 4 皮膚層がない場合の模擬骨密度と C_2/C_1 の関係

4. 皮膚層が存在する場合

図 5 の様に模擬骨の上に模擬皮膚を乗せ、同様の実験を行った。模擬皮膚には、光散乱性が比較的弱い皮膚を模擬するために 0.1%に希釈したイントラリピッド液 (Terumo) を用いた。これにカバーガラスをかぶせることにより厚さ 2mm で模擬骨上に拘束した。他の実験条件は前節と同じである。図 6 に得られた空間分布、図 7 に模擬骨密度と C_2/C_1 の関係を示す。模擬骨密度と C_2/C_1 の関係においては相関係数 $R^2=0.96$ と良好な正の相関が得られた。しかし、皮膚層が存在しない場合と比べて空間分布に違いが見られる等、皮膚影響が確認された。

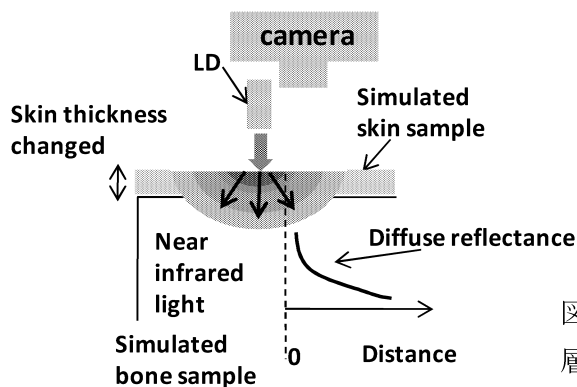


図 5 モデル実験装置概要 (皮膚層がある場合)

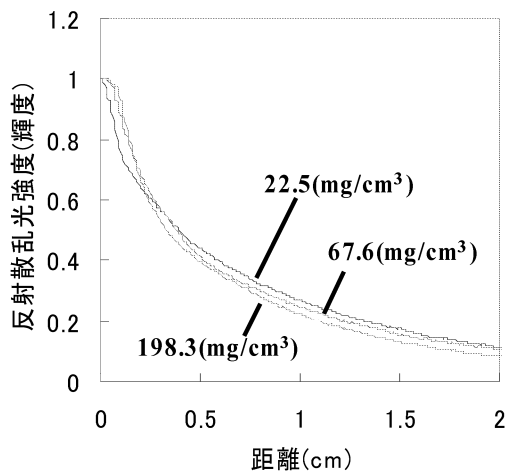


図6 皮膚層がある場合の反射散乱光強度分布

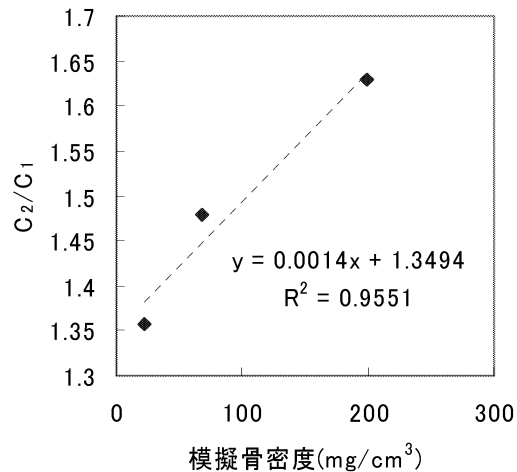


図7 皮膚層がある場合の模擬骨密度と C_2/C_1 の関係

5. 皮膚影響除去の検討

以上のように C_2/C_1 そのものを用いた密度評価では皮膚による影響を受ける。そこで、皮膚厚を変化させた際の反射散乱光強度分布の変化を利用することで皮膚の影響を受けない骨密度評価法を提案した。ここでは、その有効性をモンテカルロシミュレーション及びモデル実験により検討した。

5.1 モンテカルロシミュレーションにおける検討

Wang らが作成したシミュレーションプログラム (MCML) [1], (CONV) [2] を使用しモンテカルロシミュレーションを行った。骨の条件としては、吸収係数 (μ_a) を 0.4 /cm, 散乱係数 (μ_s) を 100, 200, または 300 /cm とし、厚さ (d) を 1.00E+08 cm (無限) とした。ここで、骨 μ_s は骨密度の高さの指標として用いる [3]。一方、皮膚の条件としては、 μ_a を 0.4, 0.8, または 1.2 /cm, μ_s を 10, 15, または 20 /cm とし、d を 0.5, 0.15, または 0.25 cm とした。骨、皮膚ともに異方性係数 g は 0.95 とし、光子数は 1×10^6 個とした。なお、光源は半径 0.05cm, エネルギー 10 J の光源を想定した。

図8に皮膚の μ_a と μ_s を変化させた場合の骨 μ_s と C_2/C_1 の関係を示す。なお、皮膚厚は 2mm と一定にしている。両者は良好に相関し、 C_2/C_1 は皮膚の吸収や散乱による影響をほとんど受けない。しかし図9に示されるように皮膚厚が異なった場合、両者の関係は大きく変化する、皮膚厚の影響が大きいことがわかる。図10は、 C_2/C_1 と皮膚厚との関係を各骨 μ_s ごとにプロットしたものである。骨 μ_s が変化した場合、 C_2/C_1 の変化率も異なることがわかる。すなわち、これは皮膚厚を人為的に変化させた際の C_2/C_1 変化率を調べることで骨 μ_s , すなわち骨密度を評価することができることを意味しており、ここでは皮膚厚の影響が除去される。図11は、 C_2/C_1 変化率と骨 μ_s の関係を示したものである。両者は良好な正の相関を示した。

5.2 モデル実験による検討

シミュレーションでの結果をモデル実験にて検証した。ここでは図5の実験装置においてカバーガラスを上下させることで模擬皮膚の厚さを 0.1, 0.2, または 0.3 cm と変化させ、その際の C_2/C_1 変化率と模擬骨密度との関係を調べた。なお、解析位置を照射部位から 1.75~2.75cm の範囲とした。その他の実験条件および解析方法は前述の通りである。 C_2/C_1 と皮膚厚との関係においてシミュレーション結果と同様に皮膚が厚くなるほど C_2/C_1 が小さくなっていく傾向が得られた (図12)。また、 C_2/C_1 変化率と模擬骨密度との関係 (図13) についてもシミュレーション結果と同様の傾向であり、両者間で良好な相関が得

られた ($R^2=0.99$) . 以上より, モデル実験においても C_2/C_1 変化率により皮膚厚に影響されない骨密度評価ができる可能性が示唆された.

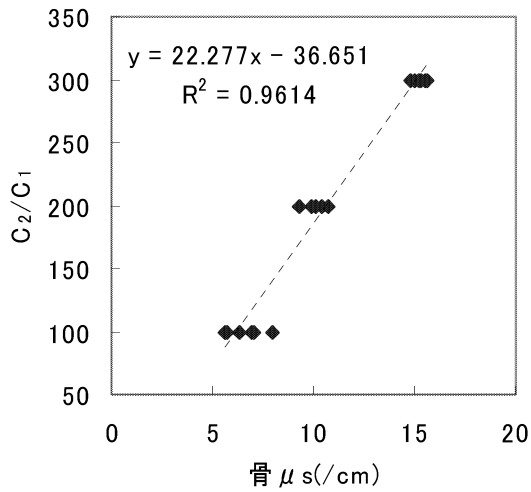


図 8 皮膚の吸収・散乱を変化させた場合の μ_s と C_2/C_1 の関係(皮膚厚一定)

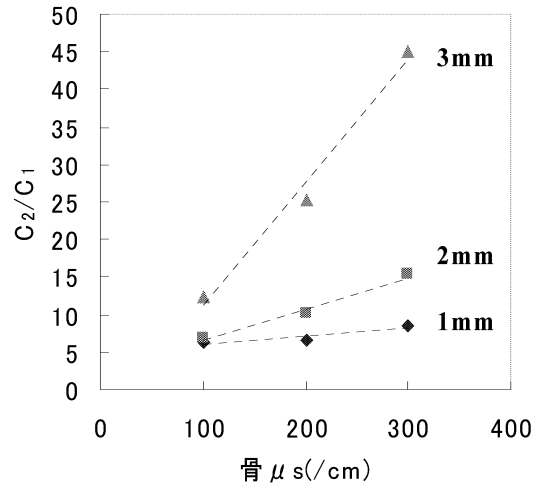


図 9 皮膚の厚さを変化させた場合の μ_s と C_2/C_1 の関係(皮膚吸収・散乱一定)

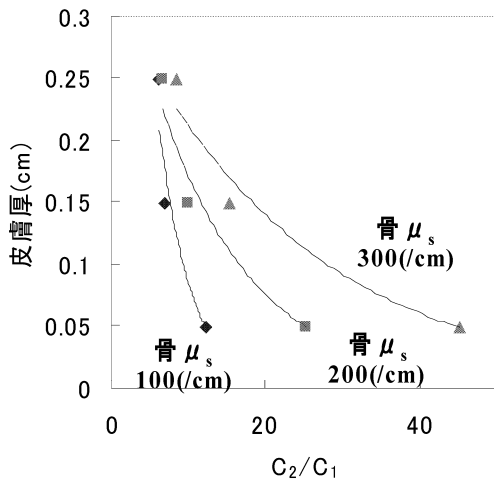


図 10 C_2/C_1 と皮膚厚との関係(異なる骨 μ_s での比較)

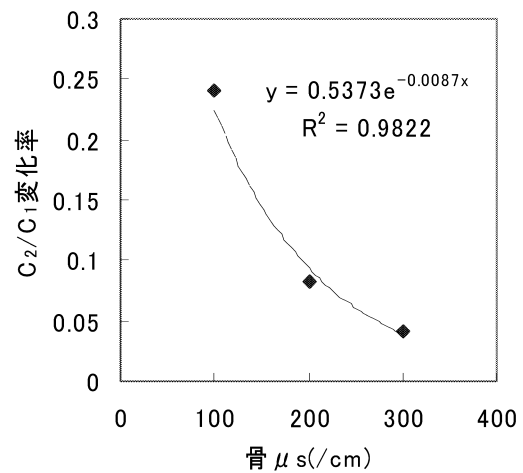


図 11 C_2/C_1 変化率と骨 μ_s の関係

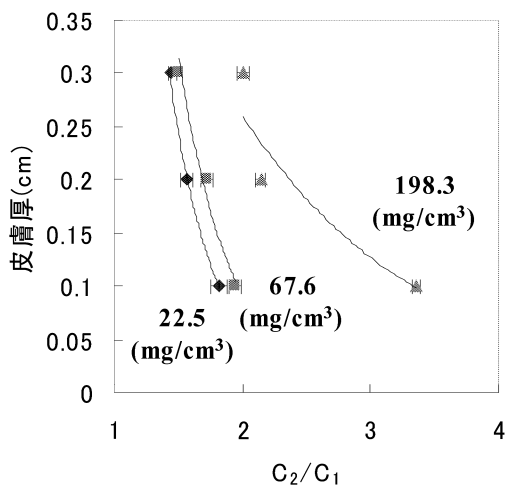


図 12 C_2/C_1 と皮膚厚との関係(異なる模擬骨密度での比較)

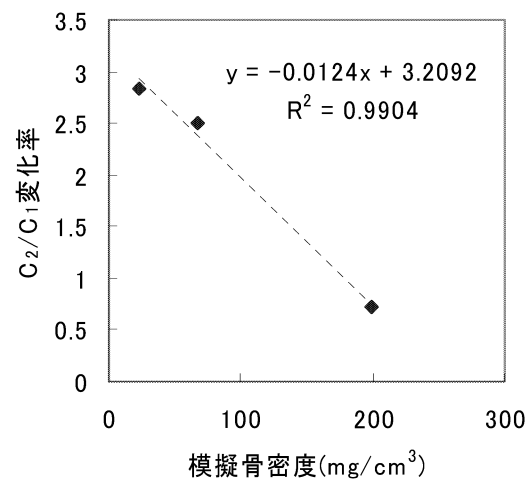


図 13 C_2/C_1 変化率と模擬骨密度の関係

6. 結言

光空間分解法による骨密度計測の可能性をモデル実験及びモンテカルロシミュレーションにて検証した。その結果、 C_2/C_1 変化率を用いることで皮膚の存在に影響されない骨密度評価が可能であることが示された。

文献

- [1]L.-H. Wang, S.L.Jacques, and L.-Q. Zheng, “MCML – Monte Carlo modeling of photon transport in multilayered tissues,” Computer Methods and Programs in Biomedicine 47, 131-146(1995)
- [2]L.-H. Wang, S.L.Jacques, and L.-Q. Zheng, “CONV – Convolution for responses to a finite diameter photon beam incident on multilayered tissues,” Computer Methods and Programs in Biomedicine 54, 141-150 (1997)
- [3]Nadya Ugryumova, Stephen John Matcher and Don P Attenburrow , ”Measurement of bone mineral density via light scattering” Phys. Med. Biol. 49 (2004) 469-483.

中国における廃棄物資源管理能力向上に関する政策研究－地域循環システム実現のための 地方における廃棄物資源管理の実効性と地域社会浸透

柳下正治¹，横田 勇²，青 正澄³，高橋若菜⁴，小山博則⁵，鈴木克徳⁶，
織 朱實⁷，奥田進一⁸

¹上智大学教授，²静岡県立大学名誉教授，³名古屋大学教授，⁴宇都宮大学准教授，⁵循環社会
研究所，⁶金沢大学特任教授，⁷関東学院大学准教授，⁸拓殖大学准教授

M. Yagishita, I. Yokota, M. Ao, W. Takahashi, H. Koyama, K. Suzuki, A. Ori, and S. Okuda

Research on Capacity-building in Waste-and-Resource Management in China

1. はじめに

中国における循環経済政策は理念先行・トップダウン的に進行している。しかし、諸活動が活発に展開され、様々なステークホルダーが存在し、多くの障害が実存する都市において3Rを実施に結びつけることが、理念先行型政策の実現上不可欠の要素である。本研究は、都市と都市生活系廃棄物に着目し、3Rの推進を共通の課題として抱える日中韓での都市ケーススタディを通じて循環型経済社会の形成における促進・阻害要因を比較分析することにより、都市レベルでの廃棄物管理・3R推進に向けての社会的能力の向上の要素を明確にするとともに、その際に東アジアに特有の住民組織（日本の町内会、中国の社区等）からの取組の可能性にも注目した調査分析を行うことを通じて、中国において早い段階から円滑に循環型経済社会政策をキャッチアップさせ実践に結び付けていくための「蛙跳びの方法論」を示唆することを目的とする。また、併せて、東アジア地域での国、自治体、研究者、NGO／市民レベルでの地域協力の方向性を模索する。

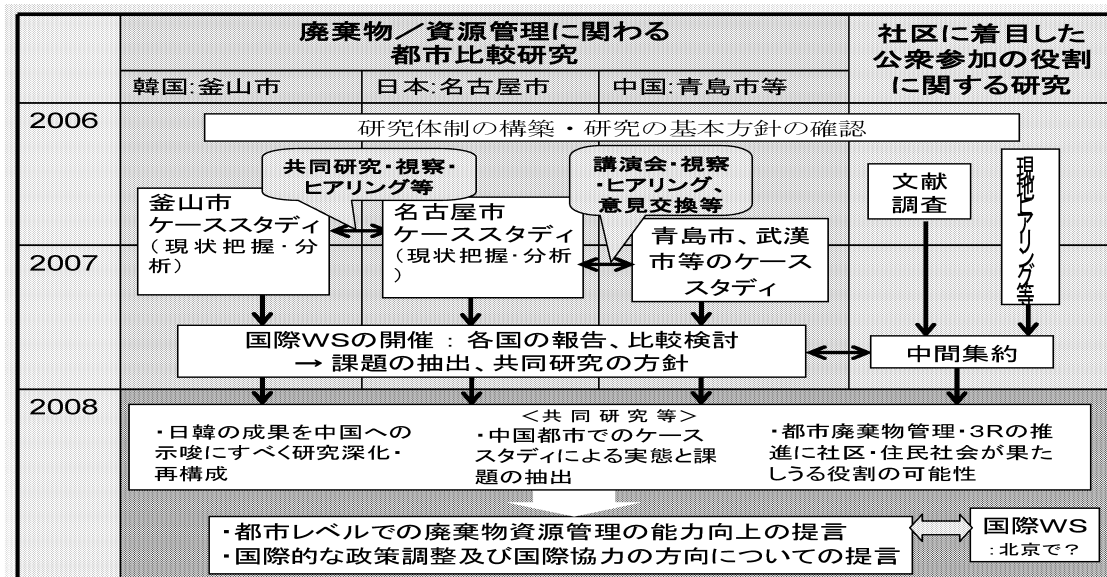
2. 研究方法

本研究は、国家レベルのマクロの切り口に立った研究ではなく、日本・韓国の都市（名古屋市及び釜山市）における3Rの推進・阻害要因の分析を踏まえ、また、中国の代表的な都市における現状と課題の研究を行うことにより、都市に着目し都市の実態に立脚した「積み上げ型」の研究を行う。このような地域に着目した研究アプローチと各都市間の情報、経験の交流により、マクロ的・理念先行的に進められている中国の循環型経済政策を都市レベルにおいてどのように実体的に進めることができるかを探るとともに、北東アジア地域における地域協力の方向性を模索するものである。研究は、大きく次の2つの方法による。

(1) 日中韓の都市比較研究を通じた地域（都市）レベルにおける廃棄物資源管理能力向上の要素の抽出に関する研究

(2) 循環型経済社会の実現において社区が果し得る役割に関する研究

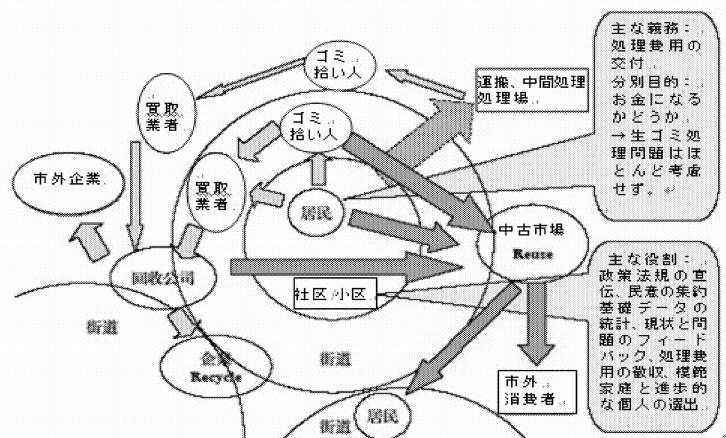
平成18～20年度における研究計画は以下のとおりである。



3. 研究成果

- ・名古屋市のケーススタディでは、名古屋市における廃棄物管理・3R政策の変遷を藤前干潟の埋立構想断念、非常事態宣言に焦点を当てながら分析し、大幅な減量化を達成したプロセスをデータを用いて明らかにするとともに、巨大都市において大幅な減量化を達成した要因の分析を行った。また、ライフサイクル分析(LCA)手法を適用してマテリアル・フローを解析した経験を提示し、他都市における参考とした。
- ・名古屋市における大幅な減量化達成のために徹底した主な施策は、事業系ごみの規制、容器包装リサイクルの徹底、民間サイドにおけるリサイクルの推進であり、斬新な施策の展開というより、基本的な政策の徹底であった。このような政策の徹底と市民の協力を引き出した要因は、市長のリーダーシップ、情報の発信と共有、共助的組織(地域組織やNPO)の存在、経済的インセンティブの活用等の各種の政策パッケージであったが、中でも特筆すべきことは自然発生的に生まれた協働の取組の成果であった。
- ・我が国における独自の法制(容器包装リサイクル法等)は、我が国の経験を直接他国の都市に適用することを困難にしているため、名古屋市からの教訓をさらに整理する必要がある。
- ・釜山市のケーススタディでは、釜山市における廃棄物管理・3R施策の変遷を分析するとともに、釜山市が直面する課題と今後の研究の方向について整理した。韓国は、1990年代初めまでは日本の廃棄物行政の後追いであったが、その後、より積極的な3R政策を展開し、日本に対して蛙跳び(leap flogging)を達成したとみなすこともできる。
- ・釜山市の経験のうち、特に注目されるのは、生ゴミのリサイクルの徹底、有料化政策の推進及び使い捨て製品の使用規制政策の導入である。また、プラスチックの回収・溶融化についても今後の進展が注目される。これらの政策の推進(成功)要因をさらに解明することは、我が国のみならず、増大しつつある生ゴミの適正処理問題に直面している中国の都市に対しても大きなレッスンを提供することが期待される。
- ・名古屋市と釜山市の比較分析からは、国ごとの法制度の違いや廃棄物データの定義の違い等から、情報や経験の共有に際しては何が共有できる経験であるかを慎重に検討する必要性が明らかになった。更なる研究により、他国の都市と共有できる経験の整理が期待される。

- 中国において廃棄物管理・3R政策が比較的先行している都市である青島市の現状報告からは、廃棄物管理・3R推進に向けた中期計画・長期計画の必要性和焼却処理の急速な推進を含む大規模な施設整備政策が明らかになった。急速なライフスタイルの変化を背景としつつも資源化を推進するための方策が模索されているが、生ゴミ対策、プラスチックごみ対策等が大きな課題である。また、一部の社区等での取組みを念頭に置きつつ、減量化・資源化に向けた分別収集の導入/徹底方策が模索されている。
- 武漢市は、青島市と比較して廃棄物管理・3R施策は、かなり遅れており、廃棄物問題に起因する環境汚染問題に早急に対処する必要性が生じている。これは中国の平均的な大都市が直面している姿ではないかと推測される。今後急速な焼却処理施設、衛生埋立施設等の整備を進める方針であるが、その前段階で武漢市の廃棄物管理・3Rに関するマスタープランを作る必要性が指摘できる。また、青島市が直面しているのと同様な課題に直面している。
- 中国における2都市の研究成果を中国全ての都市に当てはめることは危険であるが、両都市においては、急速な経済成長、都市化に伴う廃棄物の急増に対処する必要性に迫られており、適切な3R政策の導入が進まない場合には、焼却施設を含む廃棄物処理施設の整備に巨額の投資を必要とする状況にある。ゴミ組成中大きな割合を占める生ゴミの対策、また、資源化が徐々に困難になりつつあるプラスチックごみ対策が大きな課題であるとともに、分別収集導入/推進に向けた（社区活用の可能性を含めた）都市政府と住民との接点の確立も重要な課題である。
- 本年度の大きな成果の一つは、青島市、武漢市における廃棄物処理、再資源化の定性的なフローの解明である（下図）。このフローは、多くの他の中国の都市においても適用可能と考えられる。今後、このフローの更なる精緻化と定量的データの取得が期待される。



金沢大学環日本海域環境研究センター年報

編集委員会

井上睦夫・柿川真紀子・木下栄一郎・鈴木信雄
田中茂雄・塚脇真二・長谷部徳子

2008年 7月 28日 印刷

2008年 7月 31日 発行

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

金沢大学
環日本海域環境研究センター
<http://k-inet.ee.t.kanazawa-u.ac.jp/>

〈事務局〉

金沢大学角間南地区 事務部総務課 総務第二係

Address 920-1192 金沢市角間町

Tel 076-234-6825, 6826, 6830, 6833

Fax 067-234-6842

E-mail s-somu2@ad.kanazawa-u.ac.jp