

## 平成25年度 学術研究助成金〔総合研究〕実績報告書

平成 26年 4月 28日

日本大学学長 殿

氏 名 児 玉 充

所属・資格 商学部・教授



下記のとおり報告いたします。

1 研究課題 ライフイノベーションを実現する経営革新モデルに関する学際的研究		
2 研究組織		
氏 名	所属部科校・資格	役割分担
○研究代表者名 児玉 充	商学部 教授	研究全般の総括、データ収集、分析、論文・書籍執筆
○研究分担者 高橋 淑郎	商学部 教授	介護、高齢者対策のための経営革新モデル調査研究、論文・著書作成
根東 義明	医学部 教授	高度医療のための経営革新モデル調査研究、論文・著書作成
白神 誠	薬学部 教授	高度医療のための経営革新モデル調査研究、論文・著書作成
青木 武典	商学部 准教授	介護、高齢者対策のための経営革新モデル調査研究、論文・著書作成
劉 慕和	商学部 准教授	介護、高齢者対策のための経営革新モデル調査研究、論文・著書作成
合計 6名		
3 本研究に関連して外部資金への申請状況、獲得状況		
平成27年度科研費基盤(A)または(B)に本研究テーマを拡大し申請予定である。		
*本研究に一部関連した内容で以下の科研費が採択済		
・挑戦的萌芽研究(児玉 充)「映像コミュニケーションによるナレッジマネジメントに関する研究」(平成25年度～平成27年度)		
・基盤研究(B)(海外学術調査)(高橋淑郎)「地域社会における持続可能な病院経営に寄与するSBSCに関する実証研究」(平成25年度～平成28年度)		
・挑戦的萌芽研究(高橋淑郎)「医療BSCの利用領域拡大と応用のイノベーションに関する国際比較研究に関する研究」(平成25年度～平成27年度)		

※「6 研究結果」について、ホームページ等での公開  可  否) いずれかを○で囲んでください。  
否の場合は、理由書を添付して下さい。

部科校名：商学部

氏名：児玉 充

## 4 研究目的

近年、ICTを含めた異なる技術の融合による新たな技術開発や商品開発さらには異なる産業を横断した新たなルールに基づくビジネスモデルやイノベーションが実現している。この背景には「コンバージェンス（融合）」という経済的かつ社会的現象が背景として存在し、従来の企業間・産業間競争をより一層複雑なものとしている。「コンバージェンス」は顧客を含めた企業間での戦略提携やM&Aなどを急速に加速し、既存の企業境界を大きく変化させるトリガーとなっている。そこでは単なる異業種間競争というビジネス軸を越えた「異業種間連携」による「オープンイノベーション」が企業戦略の「経営革新モデル」として益々重要となりつつある。例えば、ICT産業と医療・介護・保健・医薬品産業との融合は、遠隔医療(telemedicine)、遠隔介護、遠隔健康管理 (tele-healthcare)、医療情報管理、新薬分散型開発、薬物医療情報支援といった新たなビジネスプロセスやビジネスモデルという「ヘルスサポートイノベーション」を生み出しつつある。つまり業界・産業内での企業間競争や異業種間競争を重視した戦略から顧客を含めた様々な産業（企業）との「オープンイノベーション」への転換が現代企業にとって急務であることを意味している。

例えば、病院など医療機関においては、「経営」をいかにマネジメントするかが問われており、質の高い医療サービス実現に向けた経営改革や業務改善を推進してだけでなく、将来にわたる継続的な学習と成長（イノベーション）が重要となってくる。このためには病院内の個人や組織が有するノウハウやスキルといった知識の共有・活用だけでなく、病院間など他の医療機関との関係、医療機器・医薬品メーカーさらにはICT企業との「オープンイノベーション」による知識経営活動(ナレッジマネジメント)が益々重要となりつつある。なぜならこのような「オープンイノベーション」による「経営革新モデル」の構築は、新たな医療方法の開発や各種医療支援の高度化を促進し、医療の質や顧客サービスの向上につながるからである。一方、このような自組織における学習と成長は、BSC(バランススコアカード)における財務的視点、顧客の視点、および業務プロセスの視点における戦略目標やターゲットを達成するために企業の学習能力や経営革新力という将来の成長に向けた「ヘルスサポートイノベーション」実現のための重要な要素ともなる。

しかしこのような「オープンイノベーション」に対応したミクロな戦略プロセスや組織メカニズムという「経営革新モデル」は学術研究面で殆ど明らかとなっていない。「企業はステークホルダーである顧客を含めたヘルスサポートイノベーションをいかにして実現していくのか?」、「ヘルスサポートイノベーションを実現するようなビジネス・エコシステムはいかなるものか?」、など、多くのグローバル企業（医療・介護・福祉・医薬品産業・ICT産業など）に与えられた実践的課題は数多い。本研究は「コンバージェンス」に対応した「オープンイノベーション」の成功（あるいは失敗）の背景に存在する企業経営のダイナミックプロセスに関して、企業境界、企業間提携（あるいは組織間連携）、戦略形成、組織構造、組織能力、組織文化、リーダーシップ、BSC（バランススコアカード）という8つの経営要素から理論的かつ実証的研究を行うものである。

## 5 研究概要

本研究は2年計画とし、日本を含むICT産業および医療・福祉・保健分野における「ヘルスサポート・エコシステムとオープンイノベーション」に関する質的・量的方法論による事例研究および組織間比較分析ならびに国際間比較分析を含めた理論的・実証的研究である。平成25年度は文献レビューと新たな命題・仮説の導出に取り組む。主に5つの研究ストリーム（「コンバージェンス」、「オープンイノベーション」、「エコシステム」、「遠隔医療」、「医療情報」に関わる先行研究）からの分析とこれらの関連性について考察する。「コンバージェンス」の進化が医療産業を中心とした「オープンイノベーション」を加速し、新たな「エコシステム」の創造という理論的命題・仮説の精緻化による新たなオリジナルな理論化を試みる。

同時に、グローバルR&D戦略を推進するICT企業（NTT、NTTドコモ、NTTデータ、KDDI、富士通、IBM、マイクロソフト、Apple、Googleなど15社程度）および大学病院など医療機関（10施設程度）を取り上げ、これら企業・施設へのインタビューを集中的に行う。そして導出された命題・仮説など理論的フレームワークの精緻化と事例研究に取り組む。さらに、理論の精緻化を図るため、さらなるインタビューと同時にアンケート調査を実施し実証研究を深める。平成26年度は研究全般の考察と新たなインプリケーションを導出する。また同時に海外での発表に向けての学術論文および学術書の執筆とそのための補足調査を行うと同時に国際学会でも発表することで研究成果の普及を図る。

部科校名：商学部

氏名：児玉 充

## 6 研究結果 (4,000字以上記入してください。)

H25年初頭に本研究のアイデアの母体となった著書を研究代表者が海外で出版した。その後、各研究者がH25年度内にて国内外のフィールド調査によりビジネス及び医療・福祉・保健分野における本研究テーマに関わる多様なデータを収集した。そしてこれら質的・量的データを基に各種データの分析・考察を行い、理論的フレームワークの精緻化と実証研究を推進した。特にコンバージェンスによるイノベーションプロセスや組織能力に関して新たなデータと知見が得られた。さらにこの作業と並行して、国内での編著と1本の国際ジャーナルペーパーを出版した。さらに本研究テーマに関わる理論的知見ならびに質的・量的分析からの実証的結果(全てではないが)を取りまとめ、2冊の海外での学術書の出版に向けての検討を行った。この結果、海外での2社の学術出版社(Peter Lang および Routledge)にて出版が決定した。

1. 本研究計画書のアイデアの母体となった研究成果の一部を先行して海外で学術書を出版した。

Kodama, Mitsuru. 「*Competing through ICT Capability -Innovation in Image Communication*」  
Palgrave Macmillan, 296pages, January, 2013年. (Book Proposal の段階で査読あり)

2. 本研究内容の実証研究の一部として、以下の学術書を国内で出版した。

堺常雄・高橋淑郎編著『病院経営のイノベーション』高橋担当;2章・5章・7章, 2013年、建帛社  
病院経営の新たなパラダイムであるオープンイノベーションやコンバージェンスなど変化に対応する戦略のあり方を多角的に検討した。

3. 本研究内容の実証研究の一部として、以下の学術論文が国際レフェリージャーナルに掲載された。

Kodama, Mitsuru. "Managing knowledge through video-based communities ", *Knowledge and Process Management* 20(4), 256-276, Wiley. (査読あり)

企業や医療機関における ICT ツールの活用形態について、組織能力の視点から分析・考察した。

4. *Winning Through Boundaries Innovation - Communities of Boundaries Generate Convergence* (Mitsuru Kodama) (Book Proposal の段階で査読あり) (出版契約を締結：執筆中) Peter Lang, UK, 2014/12 (出版予定)

## [本書の概要]

本書は企業におけるイノベーションプロセス (incremental innovation や radical innovation) を中心とした strategic management に関する活動に対して、企業が持続的にコンバージェンスによる boundaries innovation を創出していくための「boundaries knowledge と convergence knowledge の創造」に関して、戦略と組織に関するコンテクストをミクロな視点から論じるものである。現在、多くの企業(組織)にとって永続的な競争優位の源泉として、最も重要な要素は「知識」である。新たな「boundaries knowledge and convergence knowledge」を継続的に創造していくダイナミックなイノベーション活動とこのための organizational capability の基礎となるのが、企業内外の個人、集団、組織が実践する「knowledge convergence process」にある。

現実のビジネス活動では、「Communities of Boundaries」としての様々な形態であるプロジェクトチームや混成チームが存在する。例えば、公式あるいは非公式チーム、継続的あるいは臨時的チーム、社内でオーソライズされたあるいは自発的なチーム、各マネジメント階層を横断したチーム(ワーキンググループ、タスクフォースなど)、さらには企業間や特定顧客を含めた目に見えない様々な「Communities of Boundaries」が存在する。本書ではこれら「Communities of Boundaries」のダイナミックな形成メカニズムと knowledge convergence process による boundaries innovation の発生プロセスを、ミクロな戦略と組織という観点から新たな知見を提示するものである。

部科校名：商学部

氏名：児玉 充

## 研究結果（つづき）

5. *Collaborative Innovation: Developing Health Support Ecosystems* (Editor: 研究代表者: Contributors 研究代表者および共同研究者全員他) (Book Proposal の段階で査読あり) (出版契約を締結:執筆中)

Routledge, UK. 2015/08 (出版予定)

## [本書の概要]

近年、異なる技術やサービスの融合や異なる産業を横断した商品開発やビジネスモデルという「コンバージェンス」に対応したビジネス戦略の必要性が高まっている。「コンバージェンス」という環境変化に適応(あるいは自らが創造)するための戦略は、組織内外及び企業内外を横断した「collaborative innovation」による多様な知識の統合にある。例えば Google や Apple などの新たな e ビジネスやコンテンツ産業の創出は、多様なプレイヤーによる「collaborative innovation」による結実でもある。さらに、ICT 分野と医療・介護・保健分野における各種「コンバージェンス」の分析事例は、新たな遠隔医療システム、医療情報システム、地域医療コミュニティなどを創造し、従来にはない新たな「ヘルスサポートエコシステム」というイノベーションを生み出している。

本書は「コンバージェンス」に対応した「collaborative innovation」の成功の背景に存在する組織や企業における経営のダイナミックプロセスに関して、(1)企業境界(組織境界)、(2)企業間提携(組織間連携)、(3)戦略形成、(4)組織構造、(5)組織能力、(6)組織文化、(7)リーダーシップ、(8)BSC(バランススコアカード)という「8つの経営要素」から理論的かつ実証的研究を行うものである。

そして本書では「コンバージェンス」の発生メカニズムの解明と、これに対応した企業の「collaborative innovation」がいかなるプロセスから生み出されるかを、これら8つの経営的視点から理論的かつ実証的に明らかにする。本書ではこれまでの Business & Management, Innovation & Technology Management, Information Systems & Management、医療情報学などにおける先行研究を踏まえ、特に「Dynamic Capability Theory」(e.g., Teece, 2009)や「Knowledge Creation Theory」(e.g., Nonaka, et al, 2008)の視点から、企業(組織)が持続的な競争力を維持していくには、企業(組織)内外に分散したコアとなる資源(知識)を感知、把握、再配置(統合)することが重要であることを実証していく。本書の学術的な特色・独創的な点は、「コンバージェンス」に対応した「collaborative innovation」を実現するための resource integration (knowledge integration) に関わる成功要件やイノベーションプロセスの理論的かつ実証的内容にある。

さらに、本書では主に医療・福祉・保健産業と ICT 産業における「collaborative innovation」による「ヘルスサポートイノベーション」促進のための「management Innovation Model」の理論的フレームワークに関して、グローバルな qualitative and quantitative method により、理論的・実証的に明らかにするものである。本書では、In-depth case studies として、欧米および日本における大学病院など医療機関やグローバル R&D 戦略を推進するハイテク & ICT 企業を取り上げる。そして、複数の in-depth case studies による empirical evidence から「コンバージェンス」の発生メカニズムの解明と、これに対応した組織や企業の「collaborative innovation」のプロセス解明と「management innovation model」に関して、前述の8つの経営的視点から理論的かつ実証的に明らかにする。


さらに本書では産業界に対して有益な実践的インプリケーションを提供する。特に、医療・福祉・保健分野における「ヘルスサポート・エコシステム」の策定と構築を目指す国・地域・企業・組織に対して、最適かつ確かな実践的ガイドラインを提示する。最後に本書の結論と将来に向けた幾つかの研究課題について述べる。

課題番号	総 13-004
------	----------

平成25年度 学術研究助成金〔総合研究〕実績報告書

平成 26 年 4 月 15 日

日 本 大 学 学 長

氏 名 宗形 賢二 

所属・資格 教授

下記のとおり報告いたします。

1 研究課題 20世紀初頭における日系アメリカ人の社会文化史的考察		
2 研究組織		
氏 名	所属部科校・資格	役割分担
○研究代表者名 宗形賢二	国際関係学部/教授	総括 映像における日系人研究
○研究分担者(学内)		
吉田正紀	国際関係学部/教授	日系人の異人種間結婚研究
木内徹	生産工学部/教授	マイノリティ文化研究
中村進	法学部/教授	移民法研究
武井勲	国際関係学部/助教	日系移民の社会階層分析
合計 5名		
3 本研究に関連して外部資金への申請状況, 獲得状況		
平成 25 年度の現地調査および 12 月のワークショップ発表による中間報告を元に、平成 27 年度日本学術振興会科学研究費補助金基盤研究 (A) の申請を準備している。		

※「6 研究結果」について、ホームページ等での公開 (☑・否) いずれかを○で囲んでください。  
否の場合は、理由書を添付して下さい。

部科校名：国際関係学部

氏名：宗形賢二

## 4 研究目的

本研究は、20世紀初頭アメリカにおける日系アメリカ人の社会的文化的位相を、歴史、社会、文学、映像、法律のそれぞれの視点から総合的に研究し、これまでの領域別の研究では果たせなかった日系アメリカ人とヨーロッパ系（白人）アメリカ人との軋轢の発生原因を、主に大衆文化とその成立事情の分析を通して明らかにする。対象とする時代は、排日運動の原点とみなされるサンフランシスコ学童隔離事件（1906年）から、「移民割当法」、通称「排日移民法」成立（1924年）までとする。『昭和天皇独白録』中の一節、アメリカの「黄白の差別感」、すなわちカリフォルニア州の排日運動が、太平洋戦争の遠因であったという記録でも明白なように、当時の日米両国にとって人種問題は大きな問題であった。19世紀からの日系人並びに中国人への差別意識は、単に経済格差や労働力問題、政治、法律、生活習慣の違いなどからのみ生まれたのではないと考えられる。その背景には、17世紀の新大陸入植時からの人種的偏見がある。アジア系への差別意識は、19世紀に中国からの移民が増加したころから発生し、その後の「黄禍論」、中国人排斥法、排日移民法と露骨になるが、その根底には、ヨーロッパ系アメリカ人にとっての見慣れぬ顔形への違和感と不安があった。これはまず外見と美醜意識の問題である。人種差別分析において、表象文化論の方法が必要とされるのは、第一に人種の視覚イメージが重要な価値判断を生じさせるからである。したがって、本研究の特色は、人種表象とその社会的文化的背景の分析により、20世紀初頭アメリカの大衆レベルの人種偏見の発生過程を明らかにすることにある。

## 5 研究概要

2年計画の初年度の研究は、平成25年度の夏季休業中の現地調査とそのまとめを12月のワークショップで行ったが、その結果、以下のような研究概要となった。

日系移民の社会階層分析担当の武井は、「合衆国国勢調査データからみた20世紀初頭における日系アメリカ人」というテーマで、1910年、1920年、1930年の合衆国国勢調査データを用いて20世紀初頭における日系男性労働者の特徴を概観し、ダンカン指数から日系人と白人の職種格差、職種ステータス格差を客観的に明らかにする研究を行っている。

排日移民法を担当する中村は、1924年の通称「排日移民法」と呼ばれる1924年移民法(Immigration Act of 1924)の背景を再考し、日系人の人口増への恐れや法律自体の不備、生活習慣の相違などにより新移民法が成立した背景を、特に「写真花嫁」の影響の分析を通して検討している。

映像における日系人を担当する宗形は、まず早川雪洲の1915年の無声映画『チート』を取り上げ、その作品のカリフォルニアにおける日系人社会と日本国内における受容と評価を分析した。アメリカにおける日系人社会での反応は、『羅府新報』を中心に「国辱映画」として激しい批判の嵐が巻き起こったことは知られているが、日本では『チート』は輸入こそされ正式には劇場公開されていない。ここでは特に日本国内の評価を『中央新聞』や『活動之世界』などの新聞・映画雑誌を中心に「大日本帝国」との関係を検討した。

マイノリティの文化を担当する木内は、「写真花嫁」を主題にした小説を書いた日系人ヒサエ・ヤマモなど20世紀初頭の日系人社会における俳句の役割を研究している。「泳ぎ度いプールへ遠慮させる皮膚」（不二夫）では、当時の有色人種への差別的状況を読み取れる。

日系人の異人種間結婚研究を主なテーマとする吉田は、日系アメリカ人が自らの境界を越えて行く過程を、結婚行動に関する世代的変遷を通じて明らかにしようとするものである。とくに日系人が置かれてきた、政治的・社会的背景やその歴史的変容と結婚行動の関係を先行研究から明らかにしようとする。

部科校名：国際関係学部

氏名：宗形賢二

## 6 研究結果 (4,000字以上記入してください。)

平成25年度日本大学学術研究助成金(総合研究)は、翌26年度までの2年間に渡る研究計画の下に、初年度、夏季休業中の現地での資料調査研究から始まり、12月10日のワークショップ「20世紀初頭における日系アメリカ人の社会文化史的考察」を日本大学国際関係学部で開催、中間報告を行った。ここでは、まず第一部で、吉田が司会兼討論者となり、宗形が「早川雪洲と『チート』: 日系人社会と日本における受容」(“Japanese Acceptance of Sessue Hayakawa and *The Cheat*”)、研究アドバイザーであるコロンビア大学のゲイリー・オキヒロ教授には、“Sexualities of Asian Women and Men in the American Imaginary”を発表、第二部では、中村が司会兼討論者となり、武井が「合衆国国勢調査データからみた20世紀初頭における日系アメリカ人」(“Some Basic Socioeconomic Characteristics of Japanese Americans from the 1910, 1920, and 1930 U.S. Census Data”)を、次に木内が、「20世紀初頭日系アメリカ人社会における俳句の役割」(“Haiku and Japanese Americans in the Early 20th Century of America”)を発表、討論を行った。以下の中間報告は、このワークショップでの内容を元にしたものである。(尚、木内の原稿はその内容の性質上、縦書きであったが、ここでの書式により横書きにしてある。)

## 合衆国国勢調査データからみた20世紀初頭における日系アメリカ人

武井 勲

## 本報告の要旨

本研究では、1910年、1920年、1930年の合衆国国勢調査データを用いて20世紀初頭における日系男性労働者の特徴を概観する。1940年以前の社会データを用いた日系の計量分析は、皆無に等しい。当時の日系社会は移民である1世が中心であり、激しい排日・反日運動と閉鎖的な労働市場で特徴づけられる。この時代の国勢調査は質問項目が少ないため、人口動態や社会経済的特徴を詳しく知ることは不可能である。しかし本研究から、年齢、子共数、都市部居住率、既婚者の割合、英語能力、読み書き能力といった指数において日系アメリカ人は合衆国生まれの白人の水準を軒並み下回り、9割以上の日系はいわゆるパシフィック地区(ワシントン、オレゴン、カリフォルニア、アラスカ、ハワイ州)に偏住していることがわかった。また、職種分布の不一致を示すダンカン指数から、日系1世と白人の間には大きな職種格差が顕在するが、2世以降で改善が見られることがわかった。さらに、白人と日系の職業ステータス格差は識字能力、英語能力といった就業・労働力に関連する要因を統計学的に考慮しても、依然として大きく残ることがわかった。こうした結果から、「日系アメリカ人」というステータス・マーカー(status marker)が彼らの社会経済的地位の低さに密接に結びついていることが示唆され、その背景として、当時の白人社会による壮絶な排日・反日運動に翻弄され続けた日系アメリカ人の苦悩が浮かび上がってくるのである。

## 1. 20世紀初頭合衆国における日系アメリカ人：日系人を巡る社会文脈

アジア系移民は産業化・都市化が急速に進展した20世紀初頭の合衆国において、安価で勤勉、そして従順な労働力として活躍する一方、壮絶な人種差別に翻弄される運命にあったと言えよう。アジアからの初めての本格的な移民として1800年代後半に合衆国に流入が始まった中国系移民は当初、鉱業や農業、都市部での様々な雇用、そして合衆国初となる大陸横断鉄道の建設労働者として歓迎された(Kitano and Daniels 2001)。しかし、その後すぐに合法・非合法の枠を超えた迷惑行為の的となり、町中での嫌がらせから殺人に至るまで、あらゆる暴力の対象となった(Boswell 1986; Kitano and Daniels 2001)。

部科校名：国際関係学部

氏名：宗形賢二

## 研究結果（つづき）

さらに彼らの雇用機会を制限すべく、様々な課税や規制が制定された (Lyman 1974)。合衆国初の本格的な移民制限法は 1882 年に施行されが、それは中国系を対象としたものであった (Kitano and Daniels 2001)。

中国系が去ったアメリカ社会では外国人労働者との軋轢さえ解消できたが、すぐに深刻な労働力不足—特に低賃金で過酷な労働を厭わない、未熟練工—に見舞われた。そこで、かつての中国系に代わって日本人が労働者として合衆国に渡って行ったのである。彼らが本格的に合衆国に労働目的に渡航を始めるのは 1880 年代後半以降であり、ハワイのサトウキビ農場やカリフォルニアが主な渡航先であった (山本 1997)。

日系労働者の流入が本格化すると、白人優越論に基づいて彼らに対する帰化不能外国人判決 (1894 年) を皮切りに、外国人土地法 (1913 年)、そして 1924 年移民法による新規移民停止に至るまで、様々な排斥運動が展開された。このように、戦前期における日系移民の流入は 1880 年代後半から 1924 年移民法までのおよそ 30 年間程度の、比較的短期間しか継続しなかった現象なのである (南川 2007)。

1910 年代前半までの日系移民の多くは、所持資金に乏しい若い男性であった (南川 2007; 山本 1997)。定住が目的ではなく一時滞在的志向が強く、できるだけ短期間に大量の富を得て国もとに帰ることを重視していた (山本 1997)。この日系移民らの出稼ぎ意識はいくつかの点において、白人社会との軋轢を引き起こすこととなった。第一に、非常に勤勉で貯蓄のために長時間の重労働を厭わない彼らの労働形態は、賃金水準で競合する白人労働者の反感を招いた (Kitano and Daniels 2001)。第二に、現金収入を得やすい店舗経営や、農業の場合には輸送園芸 (truck farming) といった特定の業種への集中は、主流社会の白人よりも同胞との接触を助長し、それがアメリカ社会との隔たりを一層深いものとした (山本 1997)。

第三に、日系人特有の文化的特徴 (例えば仏教や儒教文化、集团的思考、家父長制、血縁関係の重視、権力者への服従など)、乏しい英語能力や文化の適応の程度、そして白人からの強い反発により、ホスト社会で雇用を得る状況になく、それが更なる孤立と不信感を招いた (山本 1997)。実際、彼らが許された労働の多くは鉱物採取や鉄道敷設をはじめとする単純労働であり、1 世の三大ビジネスとされる農業、店舗経営 (飲食店、食料品店、宿屋、洗濯屋、理髪店等)、そして庭園業は全て自営業であった (山本 1997)。

第四に、一時滞在的志向の強い当時の日系移民は、現地社会への同化よりも出身地や親族とのつながりを重視し過ぎたことが指摘される。小規模経営で成功した日本人も多数存在したが、その背景には頼母子講や金融講による事業資金の融通、県人会等の労働斡旋、家族全員で団結する労働形態、他人を雇った場合の家父長的な疑似的親子関係に基づく労働関係、といった日本の経営手法が存在した (南川 2007; 山本 1997)。婚姻に関しても戦前は同胞同士でなされることが望ましいとされた (山本 1997)。戦前の 1 世の離婚率は 1.6 パーセント程度で推移し、異人種間の通婚も 2 パーセント程度とされることから、婚姻態度から見た民族的結束も極めて高いものであったと推測できよう (Sakamoto 2010)。

1907 年から 1908 年にかけて日米紳士協定が結ばれると、新規男性労働者の移住が厳しく制限され、女性や子供などの呼び寄せ移民が増加した (Ichioka 1988; Kitano and Daniels 2001; McLemore 1994)。女性移民の中には、単身男性と写真交換の上で見合い結婚し、配偶者として入国するいわゆる「写真花嫁 (Picture Bride)」が多く含まれていた (南川 2007)。その結果、カリフォルニア州の日系移民人口に占める女性の割合も、1900 年の 5.4 パーセントから、1910 年には 15.1 パーセントまで増加し、さらに 1920 年には、36.8 パーセントに達したという (U.S. Bureau of the Census, 1914; U.S. Bureau of the Census, 1924 [南川 2007: 49 より引用])。



部科校名：国際関係学部

氏名：宗形賢二

## 研究結果（つづき）

日本政府が写真花嫁に対する旅券発給を停止する1920年までの間に、多くの写真結婚が成立し、その結果、日系アメリカ人の間に多くの家庭と合衆国生まれの第2世代が生まれ、性的アンバランスは解消されていった（南川2007）。例えば「ロスアンゼルス市における日系人口は、1920年では、男性7,417人、女性4,201人であったが、1930年には、男性1万2,597人（そのうち日本生まれは7,724人）、女性8,484人（日本生まれ4,141人）と増加した（U.S. Bureau of the Census 1924; U.S. Bureau of the Census 1943）。1920年代の日系移民社会は、すでに、出稼ぎ者の単身男性中心の社会とは呼べなくなっていた。この時期増加した女性移民の多くは、結婚や呼び寄せを契機に移住した人々であった」（南川2007:138）。

日系アメリカ人の人口増加に危機感を抱いた合衆国議会はついに1924年、いわゆる排日移民法を制定する（McLemore 1994）。ところが、既にある程度女性や子供の呼び寄せを果たした日系人コミュニティは、ネイティブ世代の内的再生産が可能だけの人口規模を保持していたのである。これは、当時の中国系移民の状況と大きく異なる。1882年の中国人排斥法では中国人女性の入国が禁止されたため、中華系人口における性的バランスは極端なものとなり、ネイティブ世代の子孫をもうける機会が大きく制約された中国系コミュニティは事実上消滅していったのである（Lyman 1974）。

1924年移民法以降の日系人社会は新規流入こそ途絶えたが、一方で合衆国における経済成長の恩恵を享受できたとされる。アジア系アメリカ人が集中するロサンゼルスでは農業をはじめとする地域経済が拡大を続け、1929年の世界恐慌による損害は免れなかったものの、1930年代は日系移民社会の隆盛期と位置づけられ、リトルトーキョー地区を中心に、顕在的なマイノリティとして定着しつつあった（南川2007）。しかし、1931年の満州事変以降、日本が国際社会から次第に孤立への道を歩みはじめたことが、在米日系移民の生活に影を投げかけるようになった（南川2007）。

## 2. 日系アメリカ人の社会経済的地位に関する先行研究

第二次世界大戦以前の合衆国労働市場において、日系アメリカ人が深刻な人種差別にあったという事実は、多くの先行研究から明らかである（例えば Ichihashi 1932; Ichioka 1988; McLemore 1994; Wilson 1987）。当時の合衆国国勢調査は、今日の American Community Survey (ACS) やその他の社会統計データと大きく異なり、質問項目はごく基本的なものに限られている。例えば、今日では広く測定されている教育水準（教育年数や最終学歴のカテゴリー）や所得・賃金水準は、1940年以前の国勢調査には含まれておらず、単に「英語能力を保持しているか」、「読み書き能力が備わっているか」といった単純なものに限られている。所得に関するデータも存在せず、社会経済的特徴を客観的に示すことのできる指数は、ダンカン指数（当人の職業水準を示す数値）くらいであろう。

社会調査データの欠如から、第二次世界大戦以前のアジア系アメリカ人の社会経済的地位に関する計量分析は非常に少ない。しかしいくつかの分析結果から、アジア系に対する厳しい労働市場差別を指摘する一連の歴史学的・記述的研究との重複が認められる。例えば、戦前の日系2世の職業水準は、高学歴者が多く含まれているにも関わらず概して低いことが示されている（Cain 1991; Levine and Montero 1973）。また、1940年の合衆国国勢調査データを用いた回帰分析によると、日系2世男性の平均所得は、教育年数、労働経験年数、労働時間、居住地域、都市部居住といった所得水準の説明要因を統計学的に考慮しても、白人男性の平均を約60パーセントも下回ることがわかっている（Sakamoto and Furuichi 1997）。同じデータから、中国系と日系アメリカ人男性は教育水準、就業経験、居住地域といった諸要因を統計学的にコントロールした後でさえハイ・ステータス職業への就業に関して白人男性よりも明らかに劣勢であったという（Sakamoto, Liu and Tzeng 1998）。

注：必要に応じて、このページをご使用ください。

部科枝名：国際関係学部

氏名：宗形賢二

## 研究結果（つづき）

具体的には、当時の日系アメリカ人男性の教育水準は白人のそれを既に超えていたにも関わらず、日系男性は企業や会社といった法人組織よりも低所得部門で雇用される割合が高かった（Sakamoto, Liu and Tzeng 1998）。さらに、同データを用いた別の分析によると、1940年当時のアジア系アメリカ人男性の平均賃金は白人の水準を下回るばかりか、黒人のそれをも下回っていたという（Sakamoto and Kim 2003）。1950年の合衆国国勢調査データを用いた分析でさえ、アジア系アメリカ人の深刻な経済格差が示されている。例えば年齢、教育水準、入隊経験の有無、居住地域、都市部居住といった諸要因を統計学的に考慮しても、日系アメリカ人の平均賃金は白人よりも36.9パーセント低く、中国系アメリカ人は43.7パーセントも下回っていたという（Sakamoto, Wu and Tzeng 2000）。

本研究が対象としている1910年から1930年の合衆国国勢調査データに含まれる日系アメリカ人は市民権や参政権の付与が禁止され、労働組合加入資格がはく奪され、労働機会を制限する各種規制が制定され、彼らの農業分野における競争力は1913年の外国人土地法によってそぎ落とされ、そして移民法によって移住者数が制限・禁止されるという措置さえ課せられた。従って、当時の日系人を取り巻く労働環境は一貫して厳格なものであったことは明らかである。

しかし、日米紳士協定の締結により女性の呼び寄せが盛んになり、第2世代（その多くは1910年代から40年の間に出生）が登場するにつれて、日系社会の人口・階級構成にも変化が生じていった（南川 2007）。例えばロサンゼルス为例に挙げると、1世と2世の人口比は1930年から40年の間に逆転している。「1930年のロスアンゼルス市では、日系人口2万1081人のうち、外国生まれ（1世）が1万1865人に対し、アメリカ生まれ（2世）は9216人であった。1940年になると、日系人口総数が2万3321人と微増したなか、アメリカ生まれ人口が1万4595人を数え、外国生まれ人口（8726人）を大きく上回った。しかし、アメリカ生まれの2世が多数派となったとはいえ、その3分の2は選挙権を行使できない未成年であった（U.S. Bureau of the Census, 1943:630）」（南川 2007:167）。日系人が保持する職業に関しても、「1899年から1907年までと1908年から1924年までの日本からの入国者における職業構成が、前者の期間では専門職・自営業・技能労働者20.2%、自営農民20.6%、農場労働者・家事労働者59.1%であったのに対し、後者の期間では、それぞれ、38.8%、31.3%、29.9%に変化したという。すなわち、労働者層の流入が制限され、すでに自営業や自営農民としての経験を持つ、人的・階級資本の面で有利な層の移民が促進された（Suzuki 2002:265）」（南川 2007:49）。

## 3. データと変数

データは1910年、1920年、1930年の合衆国国勢調査データを用い、標本規模はそれぞれ米国人口の1.4パーセント、1パーセント、5パーセントである。これらは各調査の集計結果のランダム標本であり、研究目的の使用のためにアメリカ国勢調査局によって公表されている。このデータは当時の全米人口を網羅する、数少ない世帯調査である。3回分の調査データを結合することにより、計量分析に十分な日系アメリカ人の標本数を確保した。上述の通り、1910年から1930年までの期間はアジア系移民労働者が中国系から日系にとって代わり、人種差別的感情が確立するにつれて彼らの労働環境や移民を制限する法的措置が設けられ、1924年移民法によってアジアからの移民が全面禁止になるという歴史的文脈と一致している。上述の通り、1910年から1930年までの期間はアジア系移民労働者が中国系から日系にとって代わり、人種差別的感情が確立するにつれて彼らの労働環境や移民を制限する法的措置が設けられ、1924年移民法によってアジアからの移民が全面禁止になるという歴史的文脈と一致している。従って、1910年から1930年の期間を「日系に対する一貫した人種差別の時代」として彼らの社会経済的地位の実態を考察することに支障はないであろう。

注：必要に応じて、このページをご使用ください。

部科校名：国際関係学部

氏名：宗形賢二

## 研究結果（つづき）

今日の合衆国国勢調査データは人口動態と社会経済的変数に関する幅広い情報を提供しているが、本研究で用いるデータは教育水準や所得・年収といった分析上有益な変数が含まれていない。そのため、教育水準（通常、教育年数や最終学歴の区分で示される）の代わりに読み書き能力と英語能力を以て代替し、社会階層研究で中心的な変数とも言える所得の代わりに（Sakamoto and Xie 2006）、集団間の職業分布の差異を測定するダンカン指数に着目したい。

標本には、日系、中国系、そしてフィリピン系の18歳から64歳で調査時に非通学者であった男性を含め、それぞれ出生地（外国生まれ／合衆国生まれ）によって外国生まれの移民世代とネイティブ世代を区別する。本稿の主たる対象は日系人であるが、同時期に一定規模の人口流入があった中国系とフィリピン系を、比較対象として考察に含めることとする。また、回帰分析における対照集団はネイティブ世代の非ヒスパニック系白人であり、以下の分析では単に「白人」と表記する。

以下に示す多変量解析における依存変数はダンカン指数（the Duncan Socioeconomic Index）である。職業上の達成度は多くの社会階層研究が用いる、社会経済的地位を測定する伝統的な指数の一つである（Hauser and Warren 1997）。ダンカン指数は職種分布を示す指数の中で最も古い。当時の職業分類は今日のように複雑かつ曖昧ではなかったため、一般的な職業タイトルとの間に強い相関関係を示すものと推測できる。

コントロール変数には年齢、読み書き能力、英語能力、婚姻状況（当人が配偶者と別居中というケースを含めて、既婚者か否か）、都市部居住、居住地域（日系をはじめとするアジア系アメリカ人が偏住するカリフォルニア州もしくはハワイ州に居住しているか、そして参照集団はそれ以外の地域に居住しているか）、調査年（1910年の調査回答者か1920年の調査回答者か、そして参照集団は1930年の調査回答者）、合衆国における自身の世代区分（第2.5世代か第3世代か、そして参照集団は第1世代）、そして世代区分と民族分類との交互作用項を含めた。世代区分は回答者自身の出身国、母親の出身国、そして父親の出身国から測定され、「第2.5世代」とは自身がアメリカ出生であるが両親のうち一方が外国生まれである者、そして「第3世代とそれ以降の世代の者」とは回答者自身・両親共にアメリカ生まれの者と定義される。これらは連続的というよりむしろ並列的な意味での世代区分であるということに留意されたい。

## 4. 分析結果：記述統計

表1は本研究で扱われた男性の諸変数に関する記述統計である。表1から、当時の日系人男性のほとんどが外国生まれの第1世代であり（14,596名）、ネイティブ世代はごく僅かであることがわかる（661名）。日系1世の平均年齢（37.64歳）は白人のそれとほとんど変わらないが（36.33歳）、日系2世の平均は24.44歳と低い。日系よりも先に合衆国に移住した中国系は、外国生まれ・合衆国生まれ共に日系よりも平均年齢が高い。一方、当時すでに合衆国の植民地であったフィリピンからの移民に目を向けると、平均年齢が28.00歳と比較的若い。

読み書き能力に関して白人と日系人男性を比較すると、外国生まれの日系の識字率は85パーセントと白人より低い（98パーセント）、ネイティブ世代では97パーセントと、差がほとんど無くなっている。中国系とフィリピン系に関しても同様に、外国生まれの世代と比較してネイティブ世代の読み書き能力の方が高い。英語能力に関して識字率と同様の傾向が当てはまり、日系1世と比較して（57パーセント）、合衆国生まれの世代の識字率が上昇していることがわかる（95パーセント）。婚姻状況をみると、日系、中国系、フィリピン系は出生地の違いを問わず軒並み白人の平均（64パーセント）を下回っている。これは、第1世代の場合永住目的でなく短期間の出稼ぎ目的で合衆国に移動した人々の割合の高さを示していると考えられよう。ネイティブ世代の既婚者の割合の低さに関しては、当時は

部科校名：国際関係学部

氏名：宗形賢二

## 研究結果（つづき）

アジア系の移民史は浅かったため、結婚適齢期のネイティブ世代が少ないか、もしくは同胞の女性移民が少数のため結婚に至らない男性が多かったということも、別の理由として察することが出来よう。

居住地に関しては、白人の場合東部（ニューイングランドとミドル・アトランティック）に26パーセント、中西部（イースト・ノース・セントラルとウェスト・ノース・セントラル）に37パーセント、そして南部（サウス・アトランティック、イースト・サウス・セントラル、そしてウェスト・サウス・セントラル）に28パーセントと、西部以外の地域に分散していることがわかる。日系の場合、1世の89パーセント、ネイティブ世代の96パーセントがパシフィック地区（アラスカ、ワシントン、オレゴン、カリフォルニア、そしてハワイ）に偏住している。他方中国系の場合、パシフィック地区に居住していたのは外国生まれの60パーセント、合衆国生まれの59パーセントに留まり、代わりにミドル・アトランティック地区（ニューヨーク、ペンシルヴァニア、ニュージャージー）とイースト・ノース・セントラル地区（ウィスコンシン、ミシガン、イリノイ、インディアナ、オハイオ）に居住する割合が日系より高いことがわかる。フィリピン系の場合、外国生まれの世代の91パーセントがパシフィック地区に居住していたのに対し、ネイティブ世代の場合白人と同様に東部、中西部、そして南部に拡散しているのがわかる。

都市部居住者の割合に関して、日系は外国生まれ・ネイティブ世代の両者（それぞれ30パーセント、13パーセント）ともに白人の水準（42パーセント）を下回っている。中国系の場合、外国生まれ（58パーセント）、ネイティブ世代（61パーセント）ともに白人の水準を上回っている。フィリピン系の場合、外国生まれの水準は24パーセントと白人を下回るが、ネイティブ世代では57パーセントと、白人の割合を上回っている。

こうした集団間の都市部居住率の相違は、雇用形態の違いを示唆しているのかもしれない。この時代の合衆国国勢調査の労働分類は実に単純ではあるが（不明・雇用主・自活労働者・賃金労働者・家族労働者の5分類）、18歳から64歳までの非通学者の標本に関しては、白人の場合賃金労働者が約68パーセントと最も高く、次いで自活労働者（約20パーセント）、雇用主（約7パーセント）の順である。自活労働者とは主に村落に居住する世帯消費目的の生産者であり、今日では職業として成立し難いが、当時は商業化・工業化の後発地帯においては散見した労働形態である。

日系の場合、1世・2世以降ともに賃金労働者が80パーセント以上であり、自活労働者が1世で約11パーセント、2世以降で約8パーセントであった。日系アメリカ人といえば都市内部のサービス業や農業に関連した家族経営者というイメージが強いが、実際には雇用主の割合は1世で約5パーセント、ネイティブ世代で約3パーセントに過ぎないのである。特に、1913年の外国人土地法の施行後は農業を諦め、都市部で小規模店舗経営者となった1世の比率が上昇したとされるが（南川 2007）、国勢調査データを見る限り、経営者・所有者的労働に従事する日系人はごく少数派であることがわかる。

中国系に関しても、日系人と類似した労働分類が見られる。賃金労働者の割合は第1世代で約75パーセント、ネイティブ世代で約70パーセント、自活労働者の割合はそれぞれ約11パーセント、8パーセント、そして雇用主の割合は日系人よりもやや高く第1世代で約8パーセント、ネイティブ世代で約7パーセントであった。フィリピン系に関しては、第1世代では約97パーセントが賃金労働者であり、ネイティブ世代では賃金労働者が約75パーセントであったのに対し、自活自営業が約6パーセント、雇用主が約4パーセント、そして分類不能な「不明」者も約14パーセント存在した。

部科校名：国際関係学部

氏名：宗形賢二

## 研究結果（つづき）

## 5. ダンカン指数の OLS 回帰分析

表2はダンカン指数に関する OLS 回帰分析の結果を示している。表中の数値は、参照集団であるネイティブ世代の非ヒスパニック系白人とのダンカン指数格差を示している。モデル1から、各説明変数のコントロールが全く無い状態では、アジア系集団のダンカン指数は白人の水準よりも軒並み低く、外国生まれの人々の間で顕著である。ただし、日系、中国系、フィリピン系ともにネイティブ世代になると、白人とのダンカン指数格差は縮小し、いわゆる社会的上昇移動を経験していることがわかる。外国生まれのアジア系は労働市場における人種差別以外の理由—例えばアメリカ人の雇用主が過小評価する傾向にある外国での教育、限られた英語能力、そしてアメリカ労働市場の慣習や制度に関する知識の不足など—によって労働機会の欠如に直面するかもしれない。

モデル2で年齢、読み書き能力、そして英語能力を統計学的に考慮すると、アジア系と白人とのダンカン指数格差が減少しているのがわかる。合衆国生まれの中国系に関しては、職業ステータスが白人よりも約2ポイント高いことがわかる。ここから、当時のアジア系は合衆国における移民史がまだ浅かったため、平均年齢の低さが彼らの職業的地位の低さの一因となっていたと予測できよう。また、読み書き能力に関する高い正の係数からも(15.409)、当時のアメリカ労働市場における識字能力の重要性がうかがえるのである。

ところがモデル3でさらに婚姻状況、都市部居住、そして居住地域を考慮しても、アジア系と白人とのダンカン指数格差はモデル2の係数とさほど変化しないことがわかる。現在では生活費が比較的高く、より多くの就業機会が望める都市部やカリフォルニア、ハワイといった州に居住することは労働者の職業ステータスに少なからず関連してくるだろうが、当時のアジア系にとって、こうした地域に居住することによって得られる職業的メリットはごく限られたものであったと推測できよう。

モデル4でさらに調査年と世代区分を統計学的にコントロールすると、アジア系のダンカン指数格差を示す係数は軒並み減少し、ネイティブ世代の日系と中国系の場合、白人と比較して統計学的に有意義な差異は見られない。調査年と世代区分を考慮して得られたこうした結果から、アジア系の職業的地位は合衆国における年月の経過および世代の進行とともに向上していくということが予測される。

他方フィリピン系の場合、諸変数を統計学的に考慮しても、外国生まれ・合衆国生まれともに依然として白人との格差が目立つ。これは、モデルに含まれたダンカン指数に関連する諸要因の存在を超えて、フィリピン系という民族ステータスそれ自体がダンカン指数の低さに強く関連していることを示唆しているのである。当時のフィリピンはアメリカの統治下にあり、従ってフィリピン人は労働者としての選択性(selectivity)の程度に関わらず、合衆国に渡って行った者が大勢いたのかもしれない。

## 6. おわりに

本研究では、深刻な人種差別が公然と存在した20世紀初頭における、日系人の労働市場格差の現状を量的に解析している。戦前の日系に関する研究は、ごく小規模な記述統計や特定の人物もしくは家族を追った生活史的なものがほとんどであり、計量分析は著しく少ない。

本研究のこれまでの分析結果から、年齢、子供数、都市部居住率、既婚者の割合、英語能力、読み書き能力といった指数において日系アメリカ人は合衆国生まれの白人の水準を軒並み下回り、9割以上の日系はいわゆるパシフィック地区(ワシントン、オレゴン、カリフォルニア、アラスカ、そしてハワイ州)に偏住していることがわかった。また、日系アメリカ人といえば都市内部のサービス業や農業に関連した家族経営者という印象が強いが、実際には雇用主の割合は1世で約5パーセント、ネイティブ世代で約3パーセントに過ぎず、両者ともに8割以上は賃金労働者であるということがわかった。

部科校名：国際関係学部

氏名：宗形賢二

## 研究結果（つづき）

さらに、職業分布の不一致を示すダンカン指数から、日系1世と白人の間には大きな職業格差が顕在するが、2世以降では実際には大幅な改善が見られることがわかった。さらに、白人と日系の職業ステータス格差は識字能力、英語能力といった就業・労働力に関連する要因を統計学的に考慮しても、依然として大きく残ることがわかった。こうした結果から、「日系アメリカ人」というステータス・マーカー（status marker）が彼らの社会経済的地位の低さに密接に結びついていることが示唆され、その背景として、当時の白人社会による壮絶な排日・反日運動に翻弄され続けた日系アメリカ人の苦悩が浮かび上がってくるのである。

最後になるが、本研究でこれまで扱ってきたのは日系男性労働者に限られている。今後の課題として、日系人女性を含めた上での20世紀初頭における日系アメリカ人の社会経済的特徴及び白人との格差を考察する必要があるだろう。さらには、当時アジア系移民の主流を成していた中国系およびフィリピン系アメリカ人とのより詳細な比較考察が望まれるであろう。

## 引用文献

- Boswell, T. 1986. "A Split Labor Market Analysis of Discrimination Against Chinese Immigrants, 1850-1882." *American Sociological Review* 51:352-371.
- Cain, G. G. 1991. "The Uses and Limits of Statistical Analysis in Measuring Economic Discrimination." Pp. 115-144 in *Essays on the Economics of Discrimination*, edited by E. P. Hoffman. Kalamazoo, MI: W. E. Upjohn Institute.
- Chin, Aimee. 2005. "Long-Run Labor Market Effects of Japanese American Internment during World War II on Working-Age Male Internees." *Journal of Labor Economics* 23:491-525.
- Hauser, R. M. and J. R. Warren. 1997. "Socioeconomic Indexes for Occupations: A review, Update, and Critique." Pp. 177-298 in *Sociological Methodology*, edited by A. E. Raftery. Oxford: Basil Blackwell.
- Ichihashi, Y. 1932. *Japanese in the United States*. Stanford, CA: Stanford University Press.
- Ichioka, Y. 1988. *The Issei*. New York, NY: Free Press.
- Kitano, Harry H. L. and Roger Daniels. 2001. *Asian Americans: Emerging Minorities, Third Edition*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- Levine, G. N. and D. M. Montero. 1973. "Socioeconomic Mobility Among Three Generations of Japanese Americans." *Journal of Social Issues* 29:33-48.
- Lyman, S. M. 1974. *Chinese Americans*. New York, NY: Random House.
- McLemore, S. D. 1994. *Racial and ethnic Relations in America*. Boston, MA: Allyn and Bacon.
- 南川文里. 2007年. 『「日系アメリカ人」の歴史社会学—エスニシティ、人種、ナショナリズム』. 彩流社.
- Sakamoto, Arthur. 2010. "The Japanese American Family Today." Paper presented at Japanese American National Museum, Los Angeles, California, December 2010.
- Sakamoto, Arthur and Satomi Furuichi. 1997. "Wages and among White and Japanese American Male Workers." *Research in Social Stratification and Mobility* 15:177-206.
- Sakamoto, Arthur and ChangHwan Kim. 2003. "The Increasing Significance of Class, the Declining Significance of Race, and Wilson's Hypothesis." *Asian American Policy Review* 12:19-41.
- Sakamoto, Arthur and Yu Xie. 2006. "The Socioeconomic Attainments of Asian Americans." In *Asian Americans: Contemporary Trends and Issues*, pp. 54-77, edited by Pyong Gap Min. Thousand Oaks, CA: Pine Forge Press.

注：必要に応じて、このページをご使用ください。

部科校名：国際関係学部

氏名：宗形賢二

## 研究結果（つづき）

- Sakamoto, Arthur, Jeng Liu, and Jessie M. Tzeng. 1998. "The Declining Significance of Race among Chinese and Japanese American Men." *Social Stratification and Mobility* 16:225-246.
- Sakamoto, Arthur, Hwei-hsia Wu and Jessie M. Tzeng. 2000. "The Declining Significance of Race Among American Men During the Latter Half of the Twentieth Century." *Demography* 37: 41-51.
- Suzuki, Masao. 2002. "Selective Immigration and Ethnic Economic Achievement: Japanese Americans Before World War II." *Explorations in Economic History* 39:254-281.
- Thomas, D. S. 1952. *The Salvage*. Berkeley, CA: University of California Press.
- U.S. Bureau of the Census, Department of Commerce. 1914. *Chinese and Japanese in the United States: Bulletin 127* Washington, D.C.: Government Printing Office.
- U.S. Bureau of the Census, Department of Commerce. 1924. *Fourteenth Census of the United States, State Compendium, California: Statistics of Population, Occupation, Agriculture, Irrigation, Drainage, Manufactures, and Mines and Quarries for the State, Counties, Cities*. Washington, D.C.: Government Printing Office.
- U.S. Bureau of the Census, Department of Commerce, 1943. *Sixteenth Census of the United States, 1940: Population: Vol. II, Characteristics of Population*, Washington, D.C.: Government Printing Office.
- Wilson, W. J. 1987. *The Truly Disadvantaged*. Chicago, IL: University of Chicago Press.
- 山本剛郎. 1997. 『都市コミュニティとエスニシティ—日系人コミュニティの発展と変容』ミネルヴァ書房.

\* 図表 1・2 は省略

部科校名：国際関係学部

氏名：宗形賢二

## 研究結果（つづき）

## 排日移民法の背景 ～「写真花嫁」の影響を中心に～

中村 進

1. アメリカ合衆国（以下、アメリカと略す。）の「排日移民法」は、正式には1924年移民法（Immigration Act of 1924）と呼ばれ、日本人のみを排斥の対象とした法律ではなく、また、アメリカ側でも「排日」（Japanese exclusion）という言葉が使われていた。だが、特に日本において排日移民法と広く呼ばれているのは、同法第13条(c)に「合衆国の市民となり得ない外国人は、…合衆国に入国することが許されない。」と規定され、まさにその対象に該当するのが日本人であったためである。この排日移民法の成立の背景については、これまで様々な主張がなされてきた。

排日移民法の成立は、19世紀末以降の特にアメリカ西海岸諸州における排日運動の結果であった。排日運動と排日移民法成立の背景として、経済的、政治的、道徳的、社会・人種的な観点から様々な主張がなされている。例えば、低賃金で長時間労働を厭わない日本人移民は白人労働者を駆逐すると恐れていたこと、日本人移民にとってアメリカは出稼ぎの場にすぎず、いずれは日本に帰国したいと考えていたことから、移民地に同化する意識が非常に希薄であり、利益を母国に送り、アメリカ社会に還元せず、自国人や自国品を使用し他国人に商売の機会を与えないなど非常に党派的傾向が強いと見られていたことなどである。また、日本の国籍法が1924年の法改正まで17歳以上の日本国籍保持者について国籍離脱を禁止していたことが、移民のアメリカへの帰化・同化を妨げているとされていたことも指摘されている。更に、日露戦争以後の日本の覇権主義なアジア大陸政策による日米の軋轢が激化した際に、アメリカ側の日本の過剰人口に対する不安恐怖と人種的感情を背景に、日本人移民と19世紀末にヨーロッパ大陸に始まった「黄禍論」が結び付けられて叫ばれたことも大きな影響を与えたとも言われている。しかし、排日移民法の成立の発端として多くの文献において指摘されているのは、アメリカ議会下院の移民帰化委員会により排日移民法の法案が提出された際、それに反対するヒューズ国務長官の提案を受けて日本の埴原大使が議会に対して送った有名な「埴原書簡」の影響である。その書簡の中に、法案の成立は日米関係に「重大なる結果」を及ぼす、と述べられていたことが「覆面の威嚇」と指摘され、上院において法案の審議において、成立が難しいものと思われていたにもかかわらず、それまで日本人移民の排斥に反対の立場を表明していた共和党の多く議員が態度を翻したことによって法案が圧倒的多数で可決したからというのである。

排日運動や排日移民法の成立の背景についての様々な指摘は、その事由が与えた影響に大小の差はあるにせよ、いずれもの射たものと思われる。歴史上の出来事のほとんどは、唯一つの事由から生まれるものではなく、色々な事象が複雑に絡み合っただけ偶然にある時点で発生するものであるからである。従って、上述の事由以外にも、多くの理由が存在するのは当然のことである。その中の一つに、写真結婚と呼ばれる写真による見合い結婚の方法で結婚し、海外に移住した女性たちを指す「写真花嫁(bridal picture)」がある。

2. 写真結婚は、独身で移住した日本人男性は住先での適切な婚姻相手を見つけることが難しかったために生まれたものである。親や親戚などの世話によって移住先から日本に住む女性と見合い写真の交換や文通を行い、本人と親の合意が得られると、花婿不在で結婚式を挙げ、花嫁を花婿の戸籍に入籍させることによって結婚を成立させ、暫く夫の家族と共に生活した後、花嫁は妻として夫の移住先に渡ったのである。この写真結婚が生まれた背景には、次のような事情がある。1908年の日米紳士協定以前に渡米した移住者の多くは、独身か妻子を日本に残した単身渡米者であり、若干の生活安定の見通しがあれば、日本に残した妻子を呼び寄せるか妻を迎える者が続出した。妻子の呼び寄せは認められていたが、



部科校名：国際関係学部

氏名：宗形賢二

## 研究結果（つづき）

問題は独身者が妻を迎える場合であった。その際に多く取られた方法は、①観光団などを組織して帰国し、そこで結婚して妻を同行して再渡米する（迎妻帰国）か②写真結婚の二つしかなかったのである。20世紀初頭のアメリカ西海岸諸州において、このような形で日本人の労働移民が急増することに対して、経済的競争を恐れ、異質な価値観・文化をもつ集団に不安を覚え、日本人移民排斥運動が発生した。

この日本人移民の排斥運動の拡大に対し、日本政府は、移民が法的に禁止されることを回避するため、1908年に日米紳士協定を結び、アメリカが日本人移民を一方向的に排除しないという条件と引き替えに、日本政府はアメリカ本土への移民を毎年500人に制限することを約束した。しかし、日本に残った妻子の「呼び寄せ移民」は規制対象外であったため、写真花嫁がこの時期に急増加した。例えば、ある文献によれば、ハワイ州では日本人人口が、1912年から1915年まで間に最も急激に増加し、1923年にはハワイ各国民衆全体の出生数比率中、その約5割以上が日本人であり、1925年の一年間の日本人出生数の最高潮に達し、その数は6186人であった。1908年より1924年までの17年間に、ハワイ州に来た呼び寄せ移民の総数は約6万人余りであったが、その中に多くの写真花嫁が含まれていたとする。また、正確には把握できないとしながらも、1912年から1920年までのサンフランシスコとシアトルの移民局の記録による数字として、合計で6988人の写真花嫁がいたとする統計や、写真結婚が禁止されるまでの約10年間に、アメリカ本土へは約1万人、ハワイへは約2万人の日本人女性が花嫁として渡米したとする文献もある。こうした写真花嫁や移民が増えた背景として、主に二つの理由があったことが指摘されている。

理由の一つは、女性の日本人移民の多くが出産適齢期であったため、子を産むことに伴う自然の増加であった。そして、もう一つは、日米紳士協定そのものの欠陥であった。同協定では、アメリカに居住している日本人労働者は、日本にいる妻をアメリカに呼び寄せることが認められていたが、その規定を利用しての写真見合いによる結婚が後を絶たず、大量の写真花嫁が、カリフォルニア州に押し寄せるようになった。その写真花嫁もまだ若いために多産であった。こうして、カリフォルニア州に居住する日本人移民の数がさらに増加するとうい傾向に拍車が掛かったのである。その結果として、日米新協定は、日本によって遵守されていないという誤った認識が州民に浸透するようになり、排日運動が第二段階に突入する土壌が次第にできあがっていったとされる。

3. 写真結婚は、日本人移民が全面的に禁止された1924年の移民法成立の原因の一つといわれている。結婚は男女の合意に基づく恋愛結婚であるべきだという社会的規範が根強いアメリカにおいて、写真結婚は異風として奇異の目でみられ、また、多くの女性が移住することによって子どもが生まれて日本人人口が増えたことへの不安や、「妻」として入国したにもかかわらず労働力となっていることへの不満などが、排日運動を増幅させたのである。排日移民論者は、日本人の「うさぎの様な」高い出生率はカリフォルニアの農地を支配するという大きな計画の一部であるなど主張し、写真花嫁を日本人移民排斥運動に積極的に利用していた。そうした運動によって刺激された世論の後押しを受けたアメリカ西海岸諸州選出の議員らがアメリカ議会に排日移民法の成立を働きかけていたところに埴原書簡問題が発生したのである。従って、排日移民法の成立における写真花嫁の影響は、決して小さくないものと思われる。

部科校名：国際関係学部

氏名：宗形賢二

## 研究結果（つづき）

## 映画・人種・国家：『チート』と日米関係

宗形賢二

## 1. 始めに

1915年12月13日にアメリカで公開された『チート』(*The Cheat*)は、セシル・B・デミル(Cecil B. DeMille)を監督とし、ファニー・ウォード(Fannie Ward)主演のアメリカ映画だが、千葉生まれの日本人俳優、早川雪洲(早川金太郎、1886-1973)を一躍有名にした歴史的な作品である。NY社交界で華やかな生活を送るハーディ夫人エディス(ウォード)は、赤十字の寄付金を株の投資に流用、失敗し、その穴埋めに、夫には内緒で、裕福な日本人骨董商トリ(早川)から、二人の関係を形に借金をする。しかし、夫が投資で大儲けし、そこからこっそり借金を返そうとする。欺かれた(cheat)トリは、怒りの余り骨董用の焼きごてをエディスの肩に当て焼印を残す。恐怖に駆られたエディスは近くにあったピストルで撃ってしまい裁判になるが、トリの非道に聴衆は暴徒と化し、ハーディ夫妻は共に無罪となる。

すでに西海岸では排日運動の機運が高まりつつあったこの時代、『チート』はLAの日系人社会では「国辱映画」と呼ばれ、『羅府新報』を中心に激しい批判の嵐が巻き起こったことは有名である。在米日本大使館さえも、「日本人に対する誤解と偏見を招く」と抗議し、その結果、1918年に再公開された『チート』では、早川はビルマ人のハカ・アラカウという奇妙な名前に変更される。字幕の変更ではあるが日本色を消そうとした様子が窺える。

Robert G. Lee(*Orientalism: Asian Americans in Popular Culture*, 1999)や、Daisuke Miyao(*Sessue Hayakawa: Silent Cinema and Transnational Stardom*, 2007)によれば、『チート』は、エディスの表象する「消費主義」(反ピューリタニズム)が、トリの異人種性を通して描かれることで、非白人性(ここでは東洋)が「悪」となり、最後に勝利するのは伝統的な白人の世界となる。つまり西洋人(ヨーロッパ系アメリカ人)が善で、東洋人(日本人)が悪人という人種的偏見による黄禍(Yellow Peril)を助長する作品であった。

日米関係が移民をめぐる緊張を高めている時期に、日本では『チート』をどのように受け止めていたのか。

まず、確認すべき事実は、本作『チート』は、日本では劇場公開されていなかったという点である。配給元の「ラスキー・パラマウント」の支店が日本には無かったこと、また、1910年代、日本における早川雪洲自身の俳優としての知名度も低く、また映画公開の必要性も無かったといわれる(Miyao 28)。さらにカリフォルニアの日系人の騒動から『チート』並びに雪洲の悪評も伝わっていたと思われる。

しかし、興味深い点は、すでに1916年2月23日付『大阪毎日新聞』に、「排日的の日本劇」(『チート』のこと)として当時のアメリカの状況が伝えられている記事であろう。今回のワークショップでは、『チート』公開直後の日本での評価を中心に上げ、アメリカにおける日系人社会での評価との比較の材料としたい。

## 2. 日本での『チート』紹介と評価

米国での『チート』公開から三カ月も経たない翌年2月、『大阪毎日新聞』の大正五年(1916年)2月23日の記事で、早くも太平洋の対岸の『チート』事件が「米國ふいるむ界の星 川上鶴子の若き誇の日」(一)として紹介されている。

部科校名：国際関係学部

氏名：宗形賢二

## 研究結果（つづき）

米國加州ロスアンゼルスで故川上音二郎の養女川上鶴子（二十七）が或活動寫眞會社の依頼で排日的の日本劇を演じてフィルムに撮らせ其の寫眞が同市第一の劇場タレー座で映寫さるゝに至つた爲め好奇心の強い米人間に忽ち評判となり其結果は太く排日熱を煽るやうになつたとは既に報じたが数日前ロスアンゼルス市近郊の農園から歸朝した徳田某は「私はその排日活動寫眞の筋を見ないから何とも云えぬが日本の浮浪人は犯罪人が出て来て全篇悉く排日感情を煽るものばかり鶴子の夫早川雪洲（三十七）が某會社から引受けて演じたものだそうです、兎に角之が爲同胞の危害を蒙った者も尠なくなく日本人會からは米官憲に取締方を申込むと共に同市の副領事大山宇三郎氏や商業會議所長スコット博士や検閲官など日本人の手にフィルムを買収せしめるやうにと骨を折つたが寫眞は遂に紐育某興業會社の手に移つて了ひました而して早川と鶴子とは到る處賣國奴と云ふ惡罵を浴びせかけられて居ます」云々と語つた、さてかゝる處を鶴子等が演ずるに至つたには何等かの事情があつたかも知れぬが其は兎も角として川上音二郎の實弟で昨年六月以來本道各地を巡業した川上磯次郎が目下當區に滞在して居るを幸ひ鶴子や早川の近況を聴かうと早速彼を訪ねてみた、磯次郎は先年故音二郎と米國へ渡り其の興行が失敗に終つた時鶴子と二人彼の地に残り數年間ロスアンゼルスに居つた事があつて鶴子に就いては一番よく知つて居る筈又彼地の興行上の内幕などにもよく通じて居るのである、彼の談話の大体を紹介して見よう

（『大阪毎日新聞』1916年2月23日付）

この連載記事は、翌日「米國ふいるむ界の星 川上鶴子の若き誇の日」（二）と続き、当時は早川雪洲より川上鶴子の方が、川上音二郎の養女としても、また映画人としても有名であつたことがうかがえる。また、この記事自体が「米國ふいるむ界の星」として川上鶴子の特集した物であつたにも関わらず、また、その情報発信源が「数日前ロスアンゼルス市近郊の農園から歸朝した徳田某」であり、さらにその徳田氏は「私はその排日活動寫眞の筋を見ないから何とも云えぬが」と二重に不確かな情報であるにも関わらず、現地日系人たちの騒動の大きさを間接的に伝えている。『チート』は「排日感情を煽るもの」として現地の日本人會の憤りをもたらした背景には、無論1906年のサンフランシスコ日系人学童隔離事件や1913年のカリフォルニア州外国人土地法（排日土地法）などの差別的出来事があつた。『チート』および早川雪洲の日本での評価は、アメリカにおける日系人の社会的立場と密接に関係していたことがうかがえる。

翌3月、『中央新聞』（1891年から1940年まで東京で発行された新聞。1910年以降、立憲政友會の機関誌）の大正5年（1916年）3月14日付に「日本人は米國人から斯迄侮辱されて居る」という見出しで、「シーズ」と題する映画評が掲載されている。「焼け切つた焼燬を女の白い素肌に當て」などの内容から判断するに、これは確かに早川雪洲の『チート』についての記事である。

口でこそ毎も日米親善と云つてゐるが其處には深い溝渠が穿たれて永久に打解けぬ蟠があるのは現に米國の加州に於て排日熱が一種の米人氣質の様になつてゐる事が何よりの證據である。最近米國からの一歸客は斯う云う話を齎らした。

去年の暮から桑港の活動常設館に「シーズ」と題して盛んに米人の排日熱を煽る奇怪な映畫が現われた。

大分市中の評判になつて一時市中到る處の常設館で映寫されたから自然在来邦人の目にも止まる様になつて遂にゐは日本人俱樂部の大問題を惹起するに至つた。寫眞の筋は飽く迄日本人を侮蔑し切つたもので見るからに悪感を催し觀覽中の日本人は必ず憤然として退場する程のものである。映畫中の主人公は一人の米婦人で其の夫が相場に失敗し急場を救ふ爲めに豫て

注：必要に応じて、このページをご使用ください。

部科校名：国際関係学部

氏名：宗形賢二

## 研究結果（つづき）

自分に心を寄せてみた日本人の富豪色仕掛けで説き落とし、十萬弗の金を融通して貰ひ愈々の段になると首尾好く接吻を拒絶したので富豪は嫉妬の恨みから焼け切った焼鏝を女の白い素肌に當て永久に忘れぬ恨みの痕だと叫ぶと女は手負ひの苦し紛れに短銃を以て男を狙撃し市中の大椿事を惹起したので遂々日本人は裁判官立會の上米國人の爲死刑に處せられると云う筋で、比較的知識能力の低い米國人が見ると痛切に日本人の残忍性を感じて、堪え難い不快を感じ自ら排日思想が念頭にむらへと湧き返るのである。

寫眞はローザンゼルスの一小活動映畫會社の製造に係るものだが日本人の富豪に扮した俳優こそ十數年前に川上音二郎に伴はれて渡米した音二郎の姪に當る川上ツル子の夫で大阪生れの早川静夫と云う日本人なので日本人俱樂部では非常に憤慨し早速同人に抗議を申込んだが、會社では飽迄早川を保護して抗議を相試みた。更に俱樂部では組合を経て其の不法を詰問し映畫の中止を迫つたが何しろ適当な法規が無いので告訴する事が出来ず止むなく日本人俱樂部では目下會社に交渉を重ね映畫の買収運動中である。未だ此外紐育兒の映寫會社では「ローズ大尉」と題して日本人に關係がある寫眞を常設館に送り「名金」や「フハントマ」の如く毎週の續き物とし映寫し大分呼物となつているが、寫眞中の日本人には乃木とか黒木とか各將軍の名を用ひて盛んにヤンキーに排日熱を唆つてゐる相である。恚な侮辱を絶えず蒙り乍らも日本の外務大臣閣下は依然として日米の交際は、愈々親善だと云つて居る。成程黙てさえ居れば親善に相違ない。

（『中央新聞』1916年3月14日付）

この記事もまた「最近米國からの一歸客は斯う云う話を齎らした。」というような間接情報であるにも関わらず、去年の暮からサンフランシスコの映画常設館で「シーズ」（『チート』）と題する「米人の排日熱を煽る奇怪な映画」が現われたと、物語の筋を詳しく紹介しながら、「比較的知識能力の低い米國人が見ると痛切に日本人の残忍性を感じて、堪え難い不快を感じ自ら排日思想が念頭にむらへと湧き返る」と如何にも見て来たような調子で記事を書いている。特に後半、日本人俱樂部は、「非常に憤慨し」早川静夫（早川雪洲）に抗議を申し込み、さらに（映画）組合へ上映中止を迫り、それができないと判明すると今度は映画の買収運動を始めている。現地の日系人の怒りと混乱が読み取れる。

続く4月に出版された『映画之世界』第一号四月号の「無線電信」には「三 許し難い非國民」という見出しで、雪洲批判の記事が載っている。

前號にも書いた、例の川上つる子といふ女の情夫早川某といふ男は、米國のある活動會社に雇はれて、日本人を題とせるある寫眞の役者となつた、處が、その寫眞が非常に日本人の恥辱になるやうな寫眞（マ）であつたので、在米同胞は承知せず、早川某に大論判を開くやら、そのヒルムの全米國へ行き渡らぬ内に買収して仕舞ふと運動するやら大分騒立てたが、何れも要領を得ずに終つたので、在米日本人は、一方ならず困つて居るといふ事である。

（『映画之世界』第一号四月号 四一頁）

映画史から見れば、このような異人種の登場による一種の恐怖映画は当時珍しくなかつたと思われる。アメリカ人女優が、美しく無垢で無力な白人女性を演じ、非アメリカ人が悪役、そこに白人男性が颯爽と現れ救済者となり、最終的に、悪に染まらず善良なる白人社会に戻ることができ目出度しとなるパターンである。実際、『チート』においても、早川雪洲演ずる日本人美術商ヒシュル・トリ（1918年版ではビルマ人、ハカ・アラカウ）は、女性の消費欲を煽る悪役であり、夫のリチャードは、株の取引を仕事とする勤勉で謹直な白人男性として描かれている。アメリカ人観客の意識の中では、自国の白人女性が悪の誘惑から逃れ、清教徒的な穢れない白人コミュニティー（という幻想）に帰ってくれば安心

注：必要に応じて、このページをご使用ください。

部科校名：国際関係学部

氏名：宗形賢二

## 研究結果（つづき）

するはずで、イーディスの銃による傷害罪など問題ではなく、裁判は飽く迄も民衆の感情を鎮めるための儀式にすぎない。つまり、悪役は雪洲でなくても良かったはずである。実際、1915年の代表作『国民の創生』(The Birth of a Nation, D.W. グリフィス監督)の悪役は黒人兵士であった。しかし、デミル監督にとっては、中国人に続く日系人移民へのアンビバレントな感情を満たす仕掛けとして雪洲は適任だった。19世紀末からの日本趣味と20世紀初頭からの黄禍への忌避観、異国趣味の誘惑と異人種への恐怖が緋交ぜとなり『チート』を生んだ。同時に、日系移民が増加するサンフランシスコやロサンゼルスでは、おそらく誰もが潜在的に感じていた東洋人への違和感や恐怖心、神秘性が、雪洲演ずる残酷なトリの焼きごてのシーンを見てみたい好奇心に駆られたはずである。

1915年12月13日の『チート』上映の翌年、2、3、4月、『大阪毎日新聞』、『中央新聞』、『映画の世界』と連続で、その内容と評価が記事となったが、現地の日系人社会の反発が中心の記事となり、『チート』、早川雪洲、セシル・B・デミル監督にとっては不幸な出来事になってしまった。現在から見れば、雪洲の演技力やデミル監督の撮影技術、1920年代のフラッパーにつながる女性の消費文化、株の投資家という新しい職業、異人種間混交への恐怖など、取り上げるべき論点は数多い。しかし、当時の日本の事情はそれを許さなかった。1920年代、ルドルフ・ヴァレンティノーと伍するほど有名な世界的映画スターとなった早川雪洲も、1910年代の日本での評価は「国辱映画」を作った俳優、であった。

## 3. 20世紀初頭日本の「活動寫眞の國家的社會的使命」

1910年代の米国映画受容の特徴は、映画を個人の趣味や娯樂的世界の対象としたり、文化芸術のための作品として審美的に捉えたりするよりは、むしろより国家的社会的な役割を見出そうとした明治人(鑑賞者の多くは明治生まれゆえ)の気風が読み取れる点である。たとえば、明治・大正の実業で財界の指導者であった渋沢栄一は、大正5年(1916)創刊の『活動之世界』第1巻2月号で、「驚くべき米国の活動寫眞界」という見出しの意見文を4頁に渡り開陳している。

経済活動の根源を「仁義道德」と考え、富の社会的役割を実現させようとした渋沢には、当時接した米国人の多くが非常に好ましい人物に見えたようだ。

一體、米国人には、國家的社會的觀念が強い、何事にも、自分を忘れて、社會の爲めに働き、國家の爲に働く、何事業にも大仕掛の者が多い、失敗した所でそれは國家の爲めだから考へて、少しも自分を悔むといふ風がない。

活動寫眞業の如きも、皆な國家的社會的に經營せられて居る、私は、活動寫眞には、兼て注意を拂つて居るので、今度も有名な活動寫眞會社を見物して來たが、規模といひ設備といひ、實に驚き入つたもので、日本の活動寫眞業に照し合はして實に、骨肉の嘆に耐えなかつた。(『活動之世界』大正五年 第一巻二月号、六二頁)

当時財界の大御所であった渋沢が、初期の映画産業に早くも目を付け、アメリカのある有名な活動寫眞會社を見学していたのは意外であるが、この時期に映画というメディアの「國家的社會的」意味を見出しているのは慧眼というべきである。上記の引用に続く文では、映画の使命について以下のように書いている。

注：必要に応じて、このページをご使用ください。

部科校名：国際関係学部

氏名：宗形賢二

## 研究結果（つづき）

活動寫眞は、娯樂物の上に、更に、大なる國家的社會的的使命を持つて居る、之を善用し活用すれば學科的にも裨益しやう、果してその眞を傳たら、世人に歴史上の知識を與へ、兼て、國民の士氣を鼓舞するの料とならう、・・・ 造船所の内部は何う、電氣のカーボンは何うして出来る、細密な機械の組立は何う、皆な、活動寫眞の應用によつて、之を天下に知らしめる事が出来る、百聞は一見に如かず、斯うした知識は、多くの書面によつて得よなり、一つの活動寫眞によつて得た方が、遙かに利益が多いのである。（『活動之世界』第一卷二月号、六四頁）

渋沢栄一にとっての「活動寫眞」は、娯樂であると同時に「大なる國家的社會的的使命」を持つ「國民の士氣を鼓舞する」利益の多い啓蒙手段であつた。すなわち活動寫眞によつて國民の知識・教育を促進し新しい國家形成の基礎を築くべく奮闘努力する渋沢ならではの見解だが、これは別の見方をすれば極めて政治的な視点であると言える。また、渋沢の様な実業界の重鎮（当時男爵）が、趣味の世界を超えて映画雑誌へ意見文を掲載する時代の映画と政治・実業界との関係性は注目すべき事象であろう。たとえば上記の『活動之世界』第一卷二月号では、「驚くべき米國の活動寫眞界」に加えて、「米國では今何をして居るか」とう短い文も掲載している。映画雑誌が、いわば外国文化のみでなく外国事情をも知らせる啓蒙的な役割を果たしていたと思われる。

このような渋沢の政治的映画観は、國民全体の潜在的意識をも示していた。すなわち、少なくとも1910年代の活動寫眞の觀客の意識もまた政治的な傾向が強かつたと思われる。早川雪洲の『チート』に関しても、日本では未公開であるにも関わらず、「最近米國からの一歸客は斯う云う話を齎らした」（『中央新聞』大正5年（1916年）3月14日付）という間接的情報のみで、雪洲に対する現地日系人の反発や「比較的知識能力の低い米國人が見ると痛切に日本人の殘忍性を感じて、堪え難い不快を感じ自ら排日思想が念頭にむらへと湧き返るのである。」と批判する。映画作品それ自体の価値よりも、その政治的影響を懸念する姿勢は、この記事を掲載した『中央新聞』自体からもうかがえる。この新聞は、1891年（明治24年）8月16日から1940年（昭和15年）まで、東京で発行された新聞で、1910年以降、立憲政友会の機関紙だった。『中央新聞』の社主大岡育造は山口県出身の衆議院議員であつたが、1890年『江戸新聞』を買収し、『東京中新聞』、さらに翌年『中央新聞』に改名、1892年から國民協會、1900年からは立憲政友会の機関誌として編集された。当時、立憲政友会の総裁は伊藤博文であつたことから、当時、アメリカ映画は、一種の政治的メディア、思想的意思表示として受け留められる傾向にあつたといえよう。

## 4. 日米の人種観とその背景

1919年、第一次世界大戦のためのパリ講和會議の國際連盟委員会において、日本（大日本帝國）は「人種差別撤廃案」を提案した。その背景には、まず日本人移民問題、次に國際連盟設立問題があつたと言われている（永田 201-02）。特に前者の問題は、1906年（明治39年）10月のサンフランシスコで起こった「日本人学童隔離事件」、カリフォルニア州議會における度重なる日本人土地所有禁止法案（1907、1909、1911年）、そして1913年の「排日土地法」（「帰化能力のない外国人の土地所有禁止法案」）と続き、最終的に1924年（大正13年）の「排日移民法」、そして『昭和天皇独白録』によれば「大東亞戦争の遠因」へとつながる重要な問題であつた。

この原因を尋ねれば、遠く第一次世界大戦後の平和條約の内容に伏在してゐる。日本の主張した人種平等案は列國の容認する處とならず、黄白の差別感は依然殘存し加州移民拒否の如きは日本國民を憤慨させるに充分なものである。又青島還付を強いられたこと亦然りである。

かゝる國民的憤慨を背景として一度、軍が立ち上つた時に、之を抑へることは容易な業ではない。（『昭和天皇独白録』24-25）

注：必要に応じて、このページをご使用ください。

部科校名：国際関係学部

氏名：宗形賢二

## 研究結果（つづき）

多くの「国民的憤慨」を背景として、とあるが、しかし、当時の「日本国民」はどの程度まで、加州の人種差別的移民政策に憤慨していたのかは、歴史的に再検証が必要だと思われる。なぜなら、確かに、特に20世紀初頭から新聞記事に移民と人種差別、排日移民法関連の記事が多数掲載されている。『中央新聞』1916年3月14日付の「日本人は米國人から斯迄侮辱されて居る」という見出しの記事や、1919年元旦から3日まで『東京朝日新聞』に連続で掲載された戸田海市法学博士の「有色移民排斥問題」（上・中・下）などを見る限り、アメリカの人種差別意識や排日問題にはメディアはきわめて敏感に反応している。しかし、一般庶民はどうか。1924年の排日移民法成立直後、幾つかの反米運動があり、映画業界では同年6月9日付の『東京朝日新聞』で「米国映画絶対排斥の決議 全国の常設館で七月一日から實効」という見出しが見える。しかしこれも、同年6月15日付では、「米国映画排斥は関西は日和見 世間の世論はさう高まつて居ないとて 同一の会社で区々」という記事が出、下旬には「米国映画排斥 決議はお流れか けふ最後の競技に結束の足並み乱る」と、三か月もしないうちに米国映画排斥決議は流れてしまっている。

これは日本における排米運動が、一般庶民の間では必ずしも浸透していないことを証明してくれる。特に映画のような大衆文化は、数少ない娯楽としてだけでなく、数少ない海外情報提供装置として、すでに深く市民生活の中に溶け込んでいたのであった。アメリカ映画への憧憬と嫌悪感が同居していた時代であった。そのような背景を考慮すれば、新聞等マスコミ各社の当時のいわゆる「知識人」たちが煽る排米運動は、新聞・雑誌の記事のみを鵜呑みにして当時の大衆の意識を結論付けることには危険性が潜んでいると思われる。

このような映画・人種・国家間の問題については更に詳細に歴史的資料を分析する必要があり、今後の課題としたい。

## ◎主な引証資料

『中央新聞』1916年3月14日付

『活動之世界』第一巻二、四月号

Lee, Robert G. *Orientalism: Asian Americans in Popular Culture*. Philadelphia: Temple University Press, 1999.Miyao, Daisuke. *Sessue Hayakawa: Silent Cinema and Transnational Stardom*, Durham: Duke University Press, 2007.

永田幸久「第一次世界大戦後における戦後構想と外交展開：パリ講和会議における人種差別撤廃案を中心として」、『中京大学大学院生法学研究論集』第23巻、中京大学、2003年、157-256頁。

『大阪毎日新聞』1916年2月23日付

寺崎英成、マリコ・テラサキ・ミラー編著『昭和天皇独白録』文藝春秋社、1995。

『東京朝日新聞』1919年1月1日～3日、1924年6月9日、同6月15日付。

部科枝名：国際関係学部

氏名：宗形賢二

## 研究結果（つづき）

## 二〇世紀初頭の日系アメリカ人社会における俳句の役割

木内 徹

日系移民の本格的な開始は、一八八〇年（明治一三年）頃、ハワイとアメリカ本土に初めて移民として渡っていったのを嚆矢とする。その後、一九〇〇年までにはアメリカ本土への日系移民の数が初めて年間一万人に達する。一九〇二年 安孫子久太郎が、カリフォルニア州に日系人専門の人材派遣業「日本人勸業社」（のちに日米勸業社）を設立する。第一世代の日系移民は、差別や過酷な労働条件にも屈せず、農場や事業を起こし、成功を収めるまでに至った。一九〇二年 日系人によるアメリカでの初の書物となる、ヨネ・ノグチ（野口米次郎。イサム・ノグチの父）の作 *The American Diary of a Japanese Girl* が出版される。これに自作の俳句がある。

Remain, oh, remain,  
My grief of sayonara,  
There in water sound!

さよならの憂ひや残れ水の音に ヨネ・ノグチ

一九〇五年 サンフランシスコに、The Japanese and Korean Exclusion League（日系韓国系排斥協会）が設立され、その後他都市、他州にも同様の組織が設立される。一九〇六年 サンフランシスコ学務局、公立学校在籍中の日系人子弟を強制的に中国人学校に移籍させる。翌年この命令は撤回された。一九〇六年 連邦政府が帰化法を改正し、司法省、全裁判所に対し日本人の帰化申請を拒否するよう訓令を發布する。一九〇六年 安孫子久太郎により、カリフォルニア州リビングストンに「大和コロニー」が設立される。一九〇七年 二月に施行された大統領令により、ハワイ、メキシコ、カナダからアメリカ本土への日系人の移住が禁止される。一九〇七年 ニューヨークで Japan Society（日本協会）が設立される。高見豊彦が紐育日本人共済会を設立する。一九〇八年 日米両政府間で紳士協定に基づく日本人の移民制限が開始される。一九〇八年 カリフォルニア州で、Japanese Association of America（在米日本人会）が設立される。ただし、アメリカ在住の日本人の家族については、引き続き渡航が許可された。そこで、一世の男性達は、日本に一時帰国して結婚し、花嫁を連れてアメリカへと戻り、写真でしか見たことのない一世男子との結婚を決意し、アメリカへ渡って行った日本女性もいた。彼女達は「写真花嫁」と呼ばれ、何千人を越す女性達が、こうしてアメリカに渡ったといわれている。

ヒサエ・ヤマモトの短編「セヴンティーン・シラブルズ」に登場する主人公の母親はまさにこの写真花嫁であり、主人公一家はロサンゼルス近郊で大規模なトマト農園を経営し、メキシコ人の家族を雇っている。つまり農夫としてアメリカへ渡り、現在では農夫を雇う立場にまで成功した。しかし妻は寂しさをまぎらすために俳句の投稿を始めるがこれがもとで夫婦のあいだに亀裂が走る。母が日本から取り寄せた雑誌に掲載された俳句を娘のロージー、つまり二世の世代は意味がわからず、母の俳句への情熱が理解できない。

*It is morning, and lo!*  
*I lie awake, comme il faut,*  
*sighing for some dough. (Chueng 22)*  
朝に寝てそのまま金のなきを歎く



部科校名：国際関係学部

氏名：宗形賢二

## 研究結果（つづき）

しかし、そもそも、この句自体が俳句とはいえ、明らかに川柳であって、ヒサエ・ヤマモト自身が俳句の基本を理解していなかったことになる。このことによって、一世と二世のあいだの日本文化理解におけるギャップが露呈する形となる。

こうして一九二〇年までに二万人以上の日本女性が渡航した。一九一一年アリゾナ州で国籍を持たない外国人（＝一世）の土地の所有および一定年数以上の借地が禁じられる。一九一三年カリフォルニア州で、上記アリゾナ州と同様の法律（対外国人土地法一九一三）が施行される。一世の土地の購入および一定年数以上の借地が禁じられる。同時期、アリゾナ州では期限を問わず一世による一切の借地が禁じられる。その後他州に拡大する。一九二〇年二月 日本政府が「写真花嫁」に対する旅券発行を禁止する。

これらの排斥運動のもとになったのが「黄禍」論だったが、実際には一九一〇年の時点における日本からの移民数は、アメリカ太平洋側の人口のわずか一・五パーセントにしかすぎなかった。一世たちは差別的な連邦法によって、アメリカの市民権を取得することも許されず、選挙権もなく、政治的な力もない状況にあった。反目的な排斥同盟は、はさらに、日本からの移民を全面禁止することを政府に要請します。しかし結果的に一八六一年から一九四〇年の間に、約二七万五千人の日本人がハワイとアメリカ本土に移民した。アメリカ初の日本語新聞『<sup>しのめ</sup>東雲雑誌』の創刊はサンフランシスコにおいて一八八六年で、明治政府により弾圧され一時的に米国に身を寄せた自由民権運動の活動家たちによって発刊された。この新聞には、日本本国の新聞に必ずある読者投稿による文芸欄にならない、「詞林」という短詩型文学の投稿欄があったが、投稿の主なものはまだ漢詩であった。

日系移民の日本語文学については、<sup>おきなきゅういん</sup>翁久允の諸作品や俳句・短歌などの韻文がもっとも初期のものであろう。翁は一九〇七年(明治四〇)に渡米し、一九一四年までシアトルの邦字新聞『旭新聞』で活躍し、一九二四年(大正一三)に帰国した。在米中は一九二六年『週刊朝日』から編集長をつとめた。

そのほか、サンフランシスコとシアトルの邦字紙誌の文芸欄に初期一世文学作品が掲載されている。サンフランシスコ『新世界』は『日米』、『桜府日報』と並ぶ第二次大戦前のサンフランシスコの有力紙である。創刊は一八九四年で、最初の活字新聞であった。両紙は、現在まで続くサンフランシスコの日本語日刊紙二紙体制の基礎を作った。次の二句はその創刊号からあった文芸欄「文苑」に掲載された。

春雨や曙近う桜ちる 村井非物（『新世界』一九〇〇年四月三日）

「春雨や」の句は、ときは一九〇〇年、明治三三年であるが、サンフランシスコにも桜があり、春雨が降っていて、明け方近くなってきて桜がその雨で散ってしまう、という意味である。この村井非物という作者は、その作品の作風と俳号から考えて、日本を出発する前からすでに俳句に親しんでいたと言えよう。いきなりこれだけの伝統的な俳句を作ることはできるはずはない。

あけはなつ座敷句ふや土用干 葡軒（『新世界』一九〇〇年九月八日）

部科校名：国際関係学部

氏名：宗形賢二

## 研究結果（つづき）

「あけはなつ」の句は、移住したサンフランシスコの家で座敷、あるいは板の間の部屋であろうが、この窓をすべて全開にしてかび臭くなるのを防ごうというのである。「土用干し」というのは七月下旬の土用の日に、かびや虫害を防ぐために、衣服・書物などを干すことである。俳句は、紙と鉛筆があればできる遊びとして、すでに本国で親しんでいた移民にとって、気楽な娯楽としての役割を持っていた。

## テキサスの大平原や稲光り 背味丸（『新世界』一九〇六年十一月三日）

この句は、かなり遊びの要素が含まれている。俳号にしても、百人一首で知られている蟬丸を文字っている。稲光りは秋の季語であり、十月に投稿して、十一月の号に掲載されている。テキサスに移民した日本人は多くなかったと思われるが、そこを通過したときに作った俳句なのか、日本の稲妻しか知らない日本人にとって広大なテキサスの稲光りを見て驚き、かつ、感動したことは想像に難くない。カメラが日常的でなかった一九〇六年、つまり明治三九年は、広大な景色の記録として俳句で記憶にとどめてようという役割があったものと思われる。

次は『日系アメリカ文学——三世代の軌跡を読む』に引用された、二十世紀初頭に日系一世が詠んだ俳句あるいは川柳である。詩歌というのはその時代の、その地にあった人々の生活を如実に表すものである。歴史や文献には廿世紀初頭の日系移民の生活が事実通りに記録されているであろうが、そうした記録では一人一人の感情や心の動きはわからない。記録に残された時々の詩歌は、心の文明史とも言えるものである。

## Ribbons of farewell

I hold between my fingers,

Feeling blood flow through.

さよならと握るテープへ血が通い （とし子）

季語がない点、「通い」という体言どめである点から、また「とし子」という俳名ではなく、おそらく本名を使っている点でも、この句は俳句とは言えず、川柳と断言できるが、そのようなことは問題にならない。廿世紀初頭、日本を離れるとき昨今とちがって飛行機ではなく、当時はみな船で発ったから、棧橋から船にテープを投げ、両端をもって別れを告げたという情景を描いた句である。おそらく「とし子」はアメリカへ移民するにあたって、父や母が港へ見送りに来たのであろう。そして、気楽に海外へ行かれる現代と違ってこれが親子の永久の別れになるかもしれないのだ。テープの一方の端は岸壁に涙ながらに立っている母が、そしてもう一方の端は、巨大な船の甲板から身を乗り出すようにしている娘「とし子」の手に握られている。やがて汽笛が鳴って、船出の時間となり、船は次第に陸地から離れていく。母は大きな声で娘の名前を呼ぶが、汽笛の音にかき消されてしまう。テープには二度と会えないかもしれない母と娘の情愛が確かに通っている。「とし子」のみならず、カラフルな無数のテープが次第に伸びきってどちらかが持っていられなくなり、船に垂れてしまう。やがて船は次第に海の彼方に消えてしまう。

注：必要に応じて、このページをご使用ください。

部科校名：国際関係学部

氏名：宗形賢二

## 研究結果（つづき）

A trivial note —

But in my mother's hand —

Brings tears to my eyes.

母の文何でもないが泣けてくる（土偶）

土偶というペンネームは川柳作家のものであろうが、故郷の母からの手紙を読んで泣けてくる、そしてそれだけにおさまらず詩として真情を吐露せざるを得ない、感情のはけ口としての俳句、あるいは、短詩型文学の役割を感じる。まだ移民が珍しかったころ、日系の移民には楽な仕事などなかった。毎日がつらい作業の連続だった。そのようなとき、ふるさとから母の手紙が届き、お父さんは白髪が増えました、弟は中学に入りました、などというなんでもない内容がかえって胸に迫って泣けてくるのである。

Wintery seashore.

The small lantern giving off

Pale and forlorn light.

ランタンが侘びしく光る冬の磯（江陽）

江陽は俳人のペンネームを思わせ、季節もはっきり冬と言っている点で、これは俳句である。きびしい労働者の日常をよく表していると言える。廿世紀初頭の移民は現業がほとんどだったが、なかでも漁業の従事者の労働はつらかった。冬の冷たい風のなか、漁から戻ると、浜にはランタンが寂しく光っている。こうした光景は海洋国日本ではざらにあったが、作者江陽氏は侘びしく光ったランタンを見て、それを詠った句を作り、一時の慰めにしている。

On cold and wintry nights,

Sound of the boiling kettle

Of dumpling soup —blub, blub...

だんご汁たぎる音する寒い晩（太郎）

これらの作品は、漁業や農業に従事した人の作品であり、言葉が通じない国に旅立つ不安や、故郷への想い、「だんご汁」をすすめる厳しい冬の夜など、情景がまざまざと蘇る。日本からの労働者が増えたのは、アメリカ政府が明治一五（一八八二）年、中国人排斥法などで中国人労働者の締め出しをはかったためである。中国人の代わりに入ったのだから、肉体労働が移民の仕事のほとんどであった。したがって、食事も粗末なものであり、だんごをぞんざいに切ったものを鍋に入れて、それがぐつぐつと煮える音がし、冬の寒さをいっそう際立たせる。

One hundred acres

The space; and the time, one year.

All put into—onions! (四四六)

アニオンに今年をかけた百エイカ（ひかり）

注：必要に応じて、このページをご使用ください。

## 研究結果（つづき）

アニオンは、オニオンの発音通りの表記で、タマネギと言わないところが移民の表現である。ハワイの日系移民が、車を洗わずオートモビルをオトンビルと、日本語として発音しやすい形に変形させて、それが残っているというのと同じ例である。そして今年はタマネギの収穫に賭けると言うことは、去年はほかの農作物に失敗したことがわかる。農業に従事する移民のきびしい現実が伝わって来る。作者の「ひかり」氏が今年賭けようという百エイカーというのは、一エイカーが約四千平米だから、四十万平米である。これだけの広さを耕す重労働が待っているのである。しかも、たまねぎが本当に成功するかどうか、その保障はまったくないのである。

## My dreams — markers

Along a thousand open miles.

Of inland grassfields. (五七〇)

大陸の草原千里夢の塚 （八郎）

芭蕉の「旅に病んで夢は枯れ野を駆け巡る」を想起する。ただし、日本の枯れ野とはスケールが違う大陸の草原である。塚は墓であり、自分もここに骨を埋める覚悟である。アメリカ合衆国の広さを体感したことがある者にはわかるが、果てしもない広大な世界で、どこまで行ってもサトウキビ畑が延々と続くのである。稲作の日本には決してなかったものだ。この大草原に骨を埋めるかと思うと、死んでから魂だけでも帰郷したいものだという願いがこめられているように思える。廿世紀初頭に日本から移民してあつというまに数年、そして数十年が経過して、人生は夢のようだったと述懐している。

## Pioneers are they

Who changed these empty grasslands

Into fertile fields. (五八六)

草原を沃土にかえた開拓者 （九星）

一読して何も説明のいらぬそのままの句で、草原をたゆまざる努力のすえ沃土にした、自分たち開拓者の誇りを飾りなくどっかりと前に出したような句である。移民してきた当時はどこから手をつけていかかわからないような原生林の土地だったが、少しずつ着実に開拓して行って最後には広大な土地を肥沃な土地に換えたのである。

## Because of my skin

I hesitate near the pool.

O, to just plunge in!

泳ぎ度いプールへ遠慮させる皮膚 （不二夫）

現代の日本人にはおよそ想像もできないことだろうが、日系移民には黄色い皮膚をあらわにすることがはばかられた時代があった。アフリカ系アメリカ人のみならず、日系も有色人種として扱われたからこそ、第二次世界大戦時には、強制移住させられたのである。背後にはアメリカ合衆国の根強い人種差別がある。二十世紀初頭のアメリカは、皮膚の色が露出する場所、あるいは、皮膚が間接的にもで人種間で触れるようなところは、きびしく施設が分けられていた。夏の暑いとき、プールに入りたいと思っても、黄色い皮膚の人間は入りたくても入れない。したがって、水泳選手も育たない。こうした現実のなかで、日系は徐々にアメリカ社会の信頼を勝ち取り、偏見をぬぐいさっていったのである。

部科校名：国際関係学部

氏名：宗形賢二

## 研究結果（つづき）

With tiny voices

Whispering in Japanese

We ride the bus.

バスの中小声でささやく日本語（房子）

人種的迫害の中で詠まれた。プールで黄色い肌を晒すにも、バスの中で日本語を話すにも、気を使わなければならなかった。現代日本のなかでも、大きな声で外国語で話しているのを見ると、日本人は眉をひそめる。それと同じことで、二十世紀初頭の日系移民は、英語が使えず、したがって、仲間と日本語で話すほかなかった。そのようなときに、バスのなかで大声を出して日本語を話すと、周囲から鞆轆を買うことがあった。それを遠慮して小声で話すのである。日本人は欧米の人間に囲まれたとき、臆してしまうという劣等感があつた。それに代わって、人種差別の視線のなかでは日本語で話すときも小声になってしまうのも無理はない。

First bath for baby!

Dipped in carefully. O soft

Oregon water!

オレゴンの水柔かき初湯かな（葉子）

忙しい労働の合い間に、台所の片隅で、ふと心に浮かんだことを、あわただしく紙片に書き留めている。日系の移民はアメリカ西北部にあるオレゴン州への移民が多かった。そのようななかで、新しい年を迎えて、新年になって正月二日に初めて風呂に入る。これを俳句の新年の季語で、初湯という。初湯は「うぶゆ」ではないか、という読み方をすることもできるが、そうすると季語がなくなってしまう、初湯はやはり正月二日に初めて入る湯のことで「はつゆ」と読むのだろう。そのとき、気がゆるんだ一瞬に、オレゴンの水は柔らかいと感じたという一瞬の感情を捉えているのである。オレゴン州はアメリカ合衆国のなかでも環境保全には最も進んだ州のひとつで、日系移民が多く移住した頃にもその意識は高かったものと考えられ、現在でも大気、水質、土質、野生動物保護などエコロジー研究が進み、安心して暮らせる場所と言える。そのような環境のなかで、新年があけて初めて入る湯が柔らかく感じられるのは当然である。

一九〇八年、日本政府と合衆国政府の間で紳士協定が結ばれ、日本からの移民制限、ハワイから米国本土への移民禁止措置が行われ、事実上既に移民した者の親族以外の渡航が不可能となった。さらに一九二四年、排日移民法が施行され、いかなる形の新規移民も認められなくなって以降はブラジルや、ペルー、アルゼンチン、ボリビア、パラグアイやチリへの移民が盛んに行われ、アメリカ合衆国への移民は減った。そして一時期はフィリピンへも移民が行われた。

人語らずカチケンの音聞こえけり

(横山松青——一九三〇年作品『アイカネ』所収) Takagi and Kitayama

黍畑の労働を詠った句は多くある。カチケンとは cut cane のことである。つまり黍を刈り取ることである。砂糖黍の労働についての句は多くあるが、これもアメリカでの労働のきびしさを伝えている。

注：必要に応じて、このページをご使用ください。

部科校名：国際関係学部

氏名：宗形賢二

## 研究結果（つづき）

## 参考文献

Cheung, King-kok, ed. "Seventeen Syllables" by Hisaye Yamamoto. New Brunswick, New Jersey: Rutgers UP, 1994.

サトウ、ゲイル・K 「日系一世の声とビジョン」、植木照代、ゲイル・K・佐藤他著『日系アメリカ文学 三世代の軌跡を読む』（創元社、一九九七年）

逸見久美『翁久允と移民社会——在米十八年の軌跡、一九〇七—一九二四』（勉誠出版、二〇〇二年）

田村紀雄『アメリカの日本語新聞』（新潮社、一九九一年）

水野真理子『日系アメリカ年代から人の文学活動の歴史的変遷——1 一九八〇980年』（風間書房、二〇一三年）

Mariko Takagi-Kitayama 「Speaking Up! Democracy, Justice, Dignity 働いて、働いて、働いて、そして立ち上がったハワイの人びと：歌句に詠まれた日系一世の声 - その 1/2」、*Discover Nikkei* 平成二六年三月一五日。

部科校名：国際関係学部

氏名：宗形賢二

研究結果（つづき）

## 世代と境界を超えて—日系アメリカ人の結婚と文化変容

吉田正紀

はじめに

日本からアメリカ合衆国への移住は100年以上になるが、日本人・日系人は移住先への定住を目指して、自らの文化を変容させてきた。結婚形態だけを見ても、地域的な相違だけでなく、世代ごとの変容は著しい。本論では日系アメリカ人が自らの境界を越えて行く過程を、結婚行動に関する世代的変遷を通じて明らかにしようとするものである。とくに日系人が置かれてきた、政治的・社会的背景やその歴史の変容と結婚行動の関係を先行研究から明らかにしようとする。

2013年8月—9月の筆者によるアメリカ訪問は、アメリカにおけるインターマリッジ(異文化結婚)の研究と20世紀初頭の日系人社会に関する研究資料を広く収集する過程で、日系アメリカ人の結婚およびインターマリッジの研究状況を探ることになった。本稿では収集した資料をもとに、主要な研究動向や研究業績を紹介する。

日本人がアメリカに移住した当初の20世紀初頭は、人種的な偏見が強く、法的にも日本人との結婚は禁止されていた状況なので、インターマリッジから当時の社会状況を明らかにすることは適切な選択とはいえなかった。日本人一世は他の国からの一世移民と同様に、インターマリッジの割合は少なかった。インターマリッジは一世の時代よりも、むしろ三世の時代により顕著みられる現象であるからである。

それゆえ、今後の日系人の結婚研究は、インターマリッジ研究にとらわれず、日本人一世と日系人二世と三世が、アメリカで生き残るために、どのような結婚生活や結婚戦略をとってきたのかに注目すべきかと考える。日系人が他の民族とどのように関わり、自らの存在を変容させ、さらにアメリカ社会にどのように受け入れられてきたのか理解できると思う。そのため、日系人の親族、家族、親子関係の変容を明らかにした人類学者 Sylvia Junko Yanagisako の *Transforming the Past, Tradition and Kinship among Japanese Americans (1985)* をとりあえず、検討する必要がある。

## 1. インターマリッジに関する比較研究

## 1) ポール・ピッカードのインターマリッジの研究

P. ピッカードは、カルフォルニア大学バークレイ校で Ph.D. を取得し、現在ハワイの Brigham Young University の歴史学教授であり、ポリネシア研究所の所長も兼ねている。彼には日系人の移民史を扱った *Japanese Americans: The Formation and Transformations of an Ethnic Group (1996)* のほか、インターマリッジに関する大著 *Mixed Blood: Intermarriage and Ethnic Identity in Twentieth-Century America (1989)* がある。本書をまず取り上げるのは、日系アメリカ人のインターマリッジが詳細にとりあげられているからだけではない。

筆者は『混血』において、アメリカにみられる三つの主要なインターマリッジ、すなわち、日系人、ユダヤ人、黒人のインターマリッジを比較的に考察し、それぞれのインターマリッジの類似性と相違を明らかにしようとしたことが特質すべき点である。これらの考察から、アメリカが抱えるインターマリッジ全般への偏見、インターマリッジに影響を与える人種、階層、ジェンダー、エスニシティの壁を、アメリカの広いコンテキストのなかで、インターマリッジの事例とその比較研究を行った意欲的な研究書であるといえる。

## 2) キタノとカイハツのインターマリッジの比較研究

インターマリッジに関する比較的研究には、日系人のインターマリッジとアジアの他の民族のインターマリッジ（中国と韓国）と対比した Harry H.L. Kitano らの "Asian-American Interracial Marriage(1984)" や Jane B. Kaihtsu の "Asian Americans and Outmarriage"(1985) などがある。増加しつつあるアジア系アメリカ人が、アメリカに定住していく過程でみえてくるインターマリッジの比較研究は、移民集団のみならず、ホストであるアメリカの社会の特徴をも象徴するものでもある。

注：必要に応じて、このページをご使用ください。

部科校名：国際関係学部

氏名：宗形賢二

研究結果（つづき）

**2. 日系アメリカ人に関するインターマリッジ研究**

## 1) ジョン・ティンカーの日系人の同化とインターマリッジの研究

John N. Tinker は”Intermarriage and Assimilation in a Plural Society: Japanese-Americans in the United States(1982)”において、アメリカ社会における日系アメリカ人の同化の在り方に着目した。これまでの日系人に関する主要なインターマリッジの研究を整理しながら、また自らの研究を加えながら、インターマリッジの世代による変容を、日系人のアメリカ社会への同化のプロセスとしてとらえ、Milton Gordon の同化理論を実証しようとした。

ティンカーが、この課題に着目したのは、人種差別社会であるアメリカに同化するにあたって、マイノリティである日系人がどのように人種の壁を超えたかに関心をもった。

20世紀初頭以来、日本人とりわけ一世は、土地所有、市民権、白人との通婚禁止など、著しい差別を受けた。とくに日本人男性は、女々しく、性を感じさせない者として白人に軽蔑され、黒人と同じような最も低い社会的地位に置かれた。日本人女性を従属的で、エロティックとみなされていた。さらに、アメリカ人の偏見の極みが、第二次大戦中の日系人を強制的に収容する隔離政策を生み出すことになった。

しかし、1960年代から70年代にかけ、3世の日系人の中のインターマリッジの割合が50%を超えるようになった。白人は日系人をそれほど異なった存在とはみなされなくなってきた。それにはさまざまな要因があることがわかる。異人種間婚姻禁止法の廃止、両親も日系社会もインターマリッジに反対をしなくなった環境、殆どの日系人が高等教育をうけ、ホワイトカラーや専門職につくようになり、アメリカの主流社会に入っていったこと、白人との自由な交流や友人関係が樹立したこと、キリスト教に改宗するものがいたこと、日系人コミュニティへの依存度が減少したことなど、日系人三世の間に著しい文化変容や環境の変化が生まれたことなどがあげている。なによりも、大きな変化は、日系人に対するイメージがポジティブになったことである。その結果、日系マイノリティの間に、インターマリッジが増加したといえる。

日系人のインターマリッジの増加は、アメリカ社会全体にとっても意義のあることであるとティンカーは指摘する。アメリカは肌の色のために、非白人が参加できない人種主義社会とみなされてきたが、日系人は人種だけでは排除されてはいない事例を提供しているという。一世代前には、人種の壁が日本人を排除していたが、現在の日系人の存在は、人種の壁は永久なものではないことが実証されていることと示唆している。

日系人のインターマリッジの増加は、アメリカ社会全体にとっても意義のあることであるとティンカーは指摘する。アメリカは肌の色のために、非白人が参加できない人種主義社会とみなされてきたが、日系人は人種だけでは排除されてはいない事例を提供しているという。一世代前には、人種の壁が日本人を排除していたが、現在の日系人の存在は、人種の壁は永久なものではないことが実証されていることと示唆している。

## 2) ピッカードによる日系アメリカ人のインターマリッジ研究

すでにふれた532ページにおよぶ大著『混血』(Mixed Blood)は、第一部の日系アメリカ人、第二部の蝶々夫人再考、第三部のユダヤ系アメリカ人、第四部の黒人系アメリカ人から構成されるが、ここでは日系アメリカ人のインターマリッジを扱った第一部の第2章「背景とイメージ：Fu ManchuとCharlie Chan」、第3章「インターマリッジの特徴：古い障壁の崩壊」、第4章「問題と解釈：日本人、アメリカ人、その狭間に生きるこどもたち」を中心に概略する。これらの章で、日系人のインターマリッジの地理的歴史的相違と変遷の過程を、包括的に明らかにしたが、日系アメリカ人が日本人の壁を超えて、さらに世代を超えて、アメリカ社会のなかに浸透していく様が、結婚行動や他の民族へのイメージから明らかになってくる。

注：必要に応じて、このページをご使用ください。



部科校名：国際関係学部

氏名：宗形賢二

## 研究結果（つづき）

日系アメリカ人の結婚の状況を概括すると、第一世代での外婚（インターマリッジ）は極めて少なかった。男女差は男性が多かったが、外婚に関しては、女性の方がわずかながら多く、その傾向はその後も続いた。戦前の2世の間でも、外婚の割合は少なかった。彼らはアメリカに受け入れられたいという願望があっても、多くは差別を受けてきた。とくに戦争期に隔離された収容所なかで青春をすごし、結婚を選択しなくてはならなかった。

すでに他の研究でも指摘しているところであるが、戦後の1950年代から80年代にかけ、日系アメリカ人の外婚率は急速に増大する。日系アメリカ人の社会的経済的地位の向上、地理的拡散、当時のアメリカ社会の人種の壁が一般的に軟化したためによるものであった。さらにこの傾向は、アメリカ人に日本人に対して抱くイメージの変化をもたらした。

しかしながら、ジェンダーによるイメージには相違があった。二世の男性に対して抱いていた性的に脅威で、比較的醜いイメージは1960年代まで続き、それが男性の外婚を阻害していたとみられている。一方日系人女性は、戦時中でもそのエキゾチックなイメージは魅力あるものとみなされ、インターマリッジの可能性を高めていた。

一世と二世の結婚が主流な時代、日系人と非日系人はインターマリッジに強固に反対していた。彼らが生きている日系人社会の存在は、外婚を阻害するうえで効果的な役割を果たしていた。しかし三世の時代になるとそのような障害がほとんど失われてしまった。

日系人のインターマリッジのパターンに地域的差異が見られるのは興味深い。インターマリッジが受け入れやすかった文化的気風や多人種多民族社会のハワイでは、緊密な日系社会と比較的均衡していた男女差という構造的要素によって、日系人の外婚を低い割合としていた。戦時中を含め、その割合は増加の傾向があったとはいえ、本土と比べ常に低い状態を示していた。一方、構造的に強固な日系人社会が不在な地域では、近くに日系人も少なく、インターマリッジの傾向を推し進めていた。

他の構造的な要素である階級も、インターマリッジを促進する要素になったようだ。特に社会の上層部と下層部で、結婚の選択に柔軟性があったことが指摘されている。

外部者にはわからないが、移民世代は、配偶者の選択に当たり、出身地や民族性によって好ましい相手であるか区別した。通常の日本人とエタや沖縄人との区別である。さらに一世たちは、好ましい相手を選好するヒエラルヒーを作り出した。一世の場合、まず同じ村や同じ出身県さらに本土の人たち、次に考えられるのが白人、次に中国人、沖縄人、エタ、殆ど考えられない相手がフィリピン人と黒人というものである。第二世代や第三世代には、さらに白人の地位が上がり、中国人も続くが、一貫してフィリピン人と黒人は結婚相手としては低いレベルにある。結婚に関するこのような傾向は、日本人ないし日系人だけではなく、ユダヤ人も黒人も中国人も同じであることは興味深い。

少数とはいえ、一世のインターマリッジで生まれた子供たちは、彼らのエスニックアイデンティティについて、かなり厳しい戦いを強いられた。半日本人として自覚せざるをえなかったり、どちらかを全く否定する場合もみられた。1950年代から60年代にかけて、人種的に寛容な雰囲気なかで生まれ育った世代は、アンビバレントなエスニックアイデンティティにさまざまな反応をしている。前世代が経験してきたような仲間はずれなどで苦しむ者はめったにいなくなった。1970年から80年になると、かなりの日系人が二つのアイデンティティを主張するようになっている。

## 3) 他の日系アメリカ人のインターマリッジに関する研究

その他日系人のインターマリッジを概観した研究に、Kikumura, A.と Kitano, L.H.の“Interracial Marriage: A Picture of the Japanese Americans” (1973)がある。また二世のインターマリッジに注目し、その類型化を行った研究に、Ross, Robert H & Emory S. Bogardusによる“Four Types of Nisei Marriage Patterns”(1940)がある。

部科校名：国際関係学部

氏名：宗形賢二

## 研究結果（つづき）

著者がこれまで入手した日系人のインターマリッジに関する地域的な研究には、以下のようなものがある。

- 1) ロスアンゼルス Bloom, L et al. *Marriage of Japanese-Americans in Los Angeles County, A Statistical Study* (1945)
- 2) フレスノ John N. Tinker "Intermarriage and Ethnic Boundaries: The Japanese American Case"(1973)
- 3) 東部 Michiji Ishikawa "A Study of the Intermarried Japanese Families in U.S.A" (1938)
- 4) デンバーコロラド Endo, Russell and Dale Hirokawa "Japanese American Intermarriage" (1983)
- 5) ユタ州 東元 春夫 「在米日系人のインターマリッジ—ユタ州での調査から」(1996)

## 3. 日系アメリカ人の結婚と未来

UCLAの初代日系人研究の教授であったHarry Kitanoは、“Marriage and the Future of Japanese Americans”(1993)において、日系アメリカ人の結婚と日系アメリカ人の未来を概観した。彼によれば、日系人のような移民は、主流社会にどのように溶け込んでいくべきか、祖先の遺産や文化をどのように維持していくべきか、あるいはアイデンティティを維持していくべきか常に問われる問題であるが、日系人の存続そのものが問われていく将来、彼らの生活と文化の変容が課題であると指摘する。

アメリカの歴史は人種偏見と法的差別に満ちており、そのターゲットが結婚の領域であった。長らく、異人種結婚禁止法があり、実質上「人種のるつぼ」はヨーロッパ出身者のためのもので、黒人やアジア人は結婚の領域で長らく排除されてきた。

しかしながら、1970年代、80年代に入ると、日系人のインターマリッジの割合が50%を超えるようになった。とくにどの世代でも、男性より女性のほうが多い傾向がみられること、また世代とインターマリッジの強い関連性が指摘されているという。

三世は、他の民族と隔離されていない環境のなかで生活している者が多い。住居、教育、職業の面で多様な民族集団と頻繁に関わり合いをもっている。彼らは日本人というよりも、「アメリカ人的」になり、家族による拘束も、デートや結婚による干渉もなくなった。見合いなどは時代遅れとなった。収入も高くなり、寛容的な異人種的な関係の社会に生きている。これまでのようにインターマリッジが禁止されることはなくなり、今後はそれぞれ人種や民族や宗教の異なるカップルやその子どもたちが増え、多民族多人種の人々からなる集団が形成されていくと日系アメリカ人の現在と、未来を予測している。

## 付録 日系アメリカ人のインターマリッジに関する文献目録

本セクションでは、米国滞在中に収集した、アメリカにおけるインターマリッジの研究書、日系人に関する基本的な研究書、日系人の地域ごとの結婚やインターマリッジに関する資料に関する文献リストをあげる。今後の日系人の結婚一般およびインターマリッジの研究に寄与できればと思う。

## (1) Intermarriage

Goldon, Albert I. *Intermarriage: Interfaith, Interracial, Interethnic*, Beacon Press. Boston. 1964.

\* Heer, David M. "Intermarriage"

*Harvard Encyclopedia of American Ethnic Groups*. 1980

部科校名：国際関係学部

氏名：宗形賢二

## 研究結果（つづき）

## (2) Intermarriage in USA, including New York

- \*Adams,Romanzo. *Interracial Marriage in Hawaii. A Study of the Mutually Conditioned Processes of Acculturation and Amalgamation*, The Macmillan Co. 1937
- \*Cheng,C.K.and Douglas S.Yamamura."Interracial Marriage and Divorce in Hawaii", *Social Forces*, 36(1957), 77-84.
- Cretser, Gary A.and Joseph J.Leon eds. *Intermarriage in the United States. Marriage and Family Review*. Vol.5,No.1, Haworth Press.1982
- \*Glenn, Norval D. "Interreligious Marriage in the United States" *J.of Marriage and Family* 44(1982) 555-65.
- \*Fu, Xuanning "Inter-Racial Marriage and Family Socio-economic Status:A Study among Whites, Filipinos, Japanese and Hawaiians in Hawaii." *Journal of Comparative Family Studies*. 38.4:833-844
- Glick, Clarence E."Interracial Marriage and Admixture in Hawaii." *Social Biology*, 17(1970),278-81.
- Lind.Andrew.W. "Interracial Marriage and Divorce in Hawaii". *Social Force*, 49 (1964) 17-20.
- \* Pascoe,Peggy. "Race, Gender and Intercultural Relations: The Cause of Interracial Marriage" eds. by Elizabeth Jameson and Suzan Armitage. *Writing the Range: Race, Class and Culture in the Women's West*.University of Oklahoma Press. 1997:69-80
- Prakman, Margaret A. and Jack Sawyer. "Dimension of Ethnic Intermarriage in Hawaii" *ASR*,32(1967)
- Schmitt, Robert C."Interracial Marriage and Occupational Status in Hawaii." *ASR*,28(1963) 809-10.
- \*Yamamoto, George K. "Interracial Marriage in Hawaii." In Irving R.Stuart And Lawrence E.Abe. eds. *Interracial Marriage*, New York. 1967.
- \* Wood, Sachiko K." Interracial and Interethnic Dating and Marriage." *Encyclopedia of Asian American Issues Today*. Vol.2. Ed. by Wen-Chu Chen and Grace J.Yoo. Greenwood Press. 2010.920-925

## (3) Intermarriage in West Coast

- \*Barnett,L.D. "Interracial Marriage in California." *Marriage and Family Living* 25(1963)424-27
- \*Panunzio, Constantine. "Intermarriage in Los Angeles, 1924-1933." *American Journal of Sociology*. 47(1942) 690-701.

## (4) Intermarriage of the Japanese Americans in USA including NY.

- \* Bogardus, Emory S. "Stereotypes Versus Sociotypes." *Sociology and Social Research* 34(1950):286-291
- \*Conner, John.W. " American-Japanese Marriages-How Stable Are They?" *Pacific Historian*, 13(Winter 1969) 25-36.
- \*Endo,Russell, and Dale Hiraoka, "Japanese American Intermarriage". *Free Inquiry in Creative Sociology*, 11(1983) 159-62.
- \*Ishikawa, Michiji. "A Study of Intermarried Japanese Families in USA." *Cultural Nippon*. 3(1938) 457-87.
- \*Kaihatsu, Jane.B."Asian Americans and Outmarriage." *Pacific Citizen*, December 20-27,1985,A-8.

部科校名：国際関係学部

氏名：宗形賢二

## 研究結果（つづき）

- \*Kitano, Harry H.L;Yeung, Wai-tsang;Chai, Lynn;Hatanaka, Herbert  
“Asian-American Interracial Marriage.”. *Journal of Marriage and the Family*  
February, 1984:179-190
- \*Kitano, Harry. “Marriage and the Future of Japanese Americans.” *The Rafu*  
*Shimpo Ninetieth Anniversary Special Edition*. September 18, 1993.
- \*Ross, Robert H. and Emory S.Bogardus, “Four Types of Nisei Marriage Patterns.” *Sociology*  
*and Social Research*, 25(1940),63-66.
- \*Tinker, John N. “Intermarriage and Assimilation in a Plural Society:  
Japanese Americans in the United States.” *Marriage and Family*  
*Review*, 5 (1982)61-74.
- \*Tinker, John.N “ Intermarriage and Ethnic Boundaries: The Japanese American Case”.  
*Journal of Social Issues*. 29(1973) 49-66
- \*Wagatsuma, Hiroshi, “Some Problems of Interracial Marriage for the Japanese” In Irving  
R.Stuart and Lawrence E. Abe, eds. *Interracial Marriage* ,247-64.New York, 1967
- \*東元春夫 「在米日系人のインターマリッジ—ユタ州での調査から」  
『移民研究年報』 日本移民学会 1996 (2) 65-88.
- \*山田千香子 「日系カナダ人のインターマリッジに関する一考察 仏教会における通婚パター  
ン分析を中心に」『長崎県立大学論集』2000、33 (4) 121-150 長崎県立大学学術  
研究会

## (5) Marriage of the Japanese Americans in Hawaii.

Yamamoto, George K. “Social Adjustment of Caucasian-Japanese Marriages in Honolulu.”  
M.A.Thesis. University of Hawaii. 1949.

## (6) Marriage of the Japanese Americans in the West Coast.

\*Bloom,Leonard, et al. *Marriage of Japanese Americans in Los Angeles*.  
*A Statistical Study*. Berkeley. 1945

## (7) Ethnic Identity and Ethnic Relations

- Hall, Christine,C.I. “Ethnic Identity of Racially Mixed People: A study of Black-Japanese .”  
Ph.D.dissertation.UCLA, 1980.
- Hirobe, Izumi, *Japanese Pride, American Prejudice:Modifying the Exclusion Cause of the 1924*  
*Immigration Act*. Stanford UP. 2001.
- Holliday,Margaret.”Social Relations between the Japanese and the Californian  
M.A.Thesis. Columbia University, 1921.
- \* Lynch, Robert Newton. “The Development of the Anti-Japanese Movement.”  
*Annals of the American Academy of Political and Social Science*, 93(1921)47-52.
- McWilliams, Carey.*Prejudice Japanese-Americans. Symbol of Racial Intolerance* . Little, Brawn  
and Co. 1945.
- 蓑原俊洋 『排日移民法と日米関係』 岩波書店 2002
- Tamura, Ellen H. *Americanization, Acculturation, and Ethnic Identity*.  
*The Nisei Generation in Hawaii*. University of Illinois Press. 1994.
- Yamashiro, Jane H. “Racialized national identity construction in the ancestral  
homeland:Japanese American Migrants in Japan”  
*Ethnic and Racial Studies*. Vol.34, No9 2011:1502-1521

部科校名：国際関係学部

氏名：宗形賢二

## 研究結果（つづき）

- (8) Japanese and Japanese Americans in USA
- \* Asakawa, Gil. *Being Japanese American*. Stone Bridge Press. Berkeley, CA. 2004
  - \* Adams, Romanzo C. *The Japanese in Hawaii*. New York, 1924
  - \* Boddy, Manchester. *Japanese in America*. Los Angeles. 1921, 1970  
Kessinger Publishings Rare Reprints. 978-0548628638, 0548028637
  - Conner, John W. *Tradition and Change in Three Generations of Japanese Americans*. Chicago, 1977.
  - \* Fujita, Stephen S. and David J. O'Brien. *Japanese American Ethnicity: The Persistence of Community*. Seattle: University of Washington Press. 1991
  - Ghrie, Mark Joshua. *Sansei. An Ethnography of Experience*.  
Ph.D. Dissertation. Northwestern University. 1973.
  - \* Glenn, Evelyn Nakano. *Issei, Nisei, Warbride. Three Generations of Japanese Women in Domestic Service*. Temple University Press. 1986.
  - Harden, Jacalyn D. *Double Cross. Japanese Americans in Black and White Chicago*. University of Minnesota Press. 2003.
  - \* Ichihashi, Yamato. *Japanese in the United States*. New York. 1960: org. 1932.
  - \* 伊藤一男著 『シカゴ日系百年史』 シカゴ日系人会 1986
  - The Japanese Association of the Pacific Northwest, *Japanese Immigration, An Exposition of its Real Status*. Seattle, Washington, 1907.
  - \* Kanzaki, Kiichi. *California and the Japanese*. 1921(1971) Robert D. Reed.
  - Kikumura, Akemi. *Through Harsh Winters. The Life of a Japanese Immigrant Women*. Chandler and Sharp. 0-88316-543-0
  - Kimura, Yukiko. *Issei, Japanese Immigration in Hawaii*. University of Hawaii Press. 1988
  - \* Kitano, Harry H.L. and Akemi Kikumura, "The Japanese American Family" In Charles Mindel and Robert Habenstein, eds. *Ethnic Families in America*. 41-60. New York, 1976.
  - Kotani, Roland. *Japanese in Hawaii. A Century of Struggle*. The Hawaii Hochi. 1985
  - \* Kurashige, Lon. *Japanese American: Celebration and Conflict. A History of Ethnic Identity and Festival in Los Angeles, 1934-1990*. University of California Press. 2002.
  - \* ナカノ、メイ・T 『日系アメリカ女性 三世代の100年』 サイマル出版会 1992
  - \* Levine, Gene N. & Colbert Rhodes, *The Japanese American Community: A Three-Generation Study*. Praeger Publishers. 1981.
  - \* Matsumoto, Valerie "Desperately Seeking "Desire": Gender Roles, Multicultural Relations, and Nisei Women Writers of the 1930s" In *Writing the Range*. 1997:461-474. University of Oklahoma Press.
  - \* Mclemore, S. Dale, Susan Gonzalez Baker and Harriot D. Romo. "Japanese Americans" *Racial and Ethnic Relations in America*. Allyn & Bacon 2001:150-185.
  - \* McClatchy, V.S. "The Japanese in the Melting Pot: Can They Assimilate and Make Good Citizens?" *Annals of the American Academy of Political and Social Science*, 93(1921)28-34.
  - Montero, Darrel, *Japanese Americans: Changing Patterns of Ethnic Affiliation over Three Generations*. Westview Press. 1980
  - Murata, Alice. *Japanese Americans in Chicago*. Arcadia, Chicago. 2002
  - National Japanese American Historical Society *Due Process: Americans of Japanese Ancestry and the United Constitution 1787-1994*. San Francisco. 1995
  - \* Niiya, Brian ed. *Japanese American History, An A-to-Z Reference from 1868 to the Present*. Japanese American National Museum. 1993.

部科校名：国際関係学部

氏名：宗形賢二

## 研究結果（つづき）

- \* Niiya, Brian "Japanese Americans." Ed. by Wen-chu Chen and Grace J. Wood  
*Encyclopedia of American Issues Today. Vol. 1*, Greenwood Press. 2010
- David J. O'Brien and Fujita, Stephen S. *The Japanese American Experience*.  
Indiana University Press. 1991 0253-20656-1
- Okamura, Jonathan Y. *The Japanese Americans :Contemporary Experience in Hawaii. Social Process in Hawaii*. Vol. 41, 2002. University of Hawaii Press.
- Gary Okihiro. *Cane Fire. The Anti Japanese Movement in Hawaii. 1865-1945*,  
Temple UP, 1991.
- Gary Okihiro. *Margins and Mainstreams. Asians in American History and Culture*. University  
of Washington Pres. 1994.
- \*Pickard, Paul R. *Japanese Americans: The Formation and Transformations of an Ethnic  
Group*, Twayne Publishers, Prentice & Hall Institute. 1996
- Smith, William C, *The Second-Generation Oriental in America*. Honolulu. 1927
- \* Soyeda, Juichi, and T. Kamiya. *A Survey of the Japanese Question in California*.  
San Francisco, 1913.
- \*Strong, Edward K., *Second-Generation Japanese Problem*. Stanford, 1934.
- Takahashi, Jere, *Nisei/Sansei: Sifting Japanese American Identities and Politics*. Temple UP,  
1997.
- Ueki, Eugene S. *Process and Patterns of Nisei: Adjustment to Chicago*. U of I  
Ph.D. Dissertation. 1953.
- T.K. ウォーレス 『テキサスの日系人』 間宮國夫訳 芙蓉書房出版 1997
- \*Yanagisako, Sylvia Junko, *Transforming the Past: Tradition and Kinship among the Japanese  
Americans*. Stanford UP, 1992. paper
- \*Yoo, David K. *Growing up Nisei: Race, Generation, and Culture among Japanese Americans  
of California, 1924-1949*. University of Illinois Press. 2000

## (9) War Brides

Crawford, Miki W, Katie Kaori Hayashi and Shizuko Suenaga.

*Japanese War Brides in America: An Oral History*. Praeger ABS/Clio. 2010

Tamura, Keiko

*Michi's Memoirs: The Story of a Japanese War Bride*. Pandanus Books.

Australian National University. 2003

\*澤祇 悦子

『オキナワ 海を渡った米兵花嫁たち』 高文研 2000

\*植木武編

『「戦争」五十年を語る 草の根の親善大使』 勉誠出版 2002

\*安富成良、スタウト・梅津和子 『アメリカに渡った戦争花嫁 日米国際結婚パイオニアの記録』  
明石書店 2005

\*林かおり 『私は戦争花嫁です』 北國新聞社出版局 2005

\*林かおり・田村恵子・高津文美子 『戦争花嫁 国境を越えた女たちの半世紀』  
芙蓉書房出版 2002

\*島田法子編著 『写真花嫁・戦争花嫁のたどった道 女性移民史の発掘』 明石書店 2009

部科校名：国際関係学部

氏名：宗形賢二

## 研究結果（つづき）

## (10) Asian Americans

Zhou, Min and James V. Gatewood *Contemporary Asian American a Multipledisciplinay Reader*, New York University Press. 2000 0-8-9691-514 paper

\* Lott, Juanita Tamayo *Asian Americans: From Racial Category to Multiple Identities*. Altamira Press. 1998

## (11) DVD

\* *Picture Bride* Miramax, Lionsgate

\* *Japanese American History Unknown* 誰も知らない日系アメリカ人の歴史  
by Junichi Suzuki Terasaki Family Foundation. 2013

\* *Unknown Story of Ralph Carr and the Japanese*

(知られざる政治家ラルフ・カーと日本人) Fujisankei Communications International, Inc. 2011

『TBS 99年の愛 DVD』

## (12) その他

\* 『アダムス・シュレイガー日系人を救った政治家ラルフ・カー』水声社 2013

\* 工藤美代子 『写婚』ドメス出版 1983

阪田安雄編 『日系移民資料集 北米編』 日本図書センター

\*は著者所有


以上 平成 25 年度学術研究助成金〔総合研究〕実績報告書

課題番号	総 13-006 継続 総 12-008
------	----------------------------

平成 25 年度 学術研究助成金〔総合研究〕実績報告書

平成 26 年 4 月 16 日

日 本 大 学 学 長

氏 名 佐 藤 秀 人  印

所属・資格 短期大学部・准教授

下記のとおり報告いたします。

1 研究課題 沿岸漂着プラスチックから発生する化学物質汚染の実態調査と再資源化技術に関する研究		
2 研究組織		
氏 名	所属部科校・資格	役割分担
○研究代表者名 佐 藤 秀 人	短期大学部／准教授	沿岸調査／回収システム開発／再資源化システム開発
○研究分担者 岡 部 顕 史	理工学部／准教授	沿岸調査／回収装置製作／再資源化装置製作
登 川 幸 生	理工学部／教授	沿岸調査／因子分析／漂着プラスチックの定量化
山 本 和 清	理工学部／専任講師	沿岸調査／因子分析／回収システム開発
山 本 守 和	芸術学部／准教授	マッピングシステム開発／データベース開発
小 泉 公 志 郎	理工学部／専任講師	沿岸調査／化学分析／再資源化システム開発
3 本研究に関連して外部資金への申請状況，獲得状況		
○ 佐藤秀人 平成 26 年度（2014 年度）科研費 基盤研究（A）（一般） 「合成高分子由来の化学物質による沿岸環境汚染の実態調査と汚染除去方法の検討」 一否一		

※「6 研究結果」について，ホームページ等での公開  可  否 いずれかを○で囲んでください。  
否の場合は，理由書を添付して下さい。



部科校名：短期大学部

氏名：佐藤秀人

## 4 研究目的

我が国の沿岸に漂着する海ごみは毎年 11～15 万トンに上っており、その約 70%がプラスチックである。一般にプラスチックは化学的に安定であり、自然環境温度では分解しないと考えられてきた。しかし、申請者らの調査によれば、漂着現場では風や波などの機械的作用により 1mm 以下の細粒に破砕され、さらに現地の砂や沿岸海水からは、スチレンモノマー、ノニフェノール、ビスフェノール A、フタル酸エステルなどの毒性が懸念されるプラスチック由来の化学物質が検出されている。

プラスチック由来の化学物質による沿岸域汚染を除去・削減するためには、沿岸に漂着したプラスチックが化学物質を発生する前に回収することが有効であり、同時にそれを資源として再利用するための検討が必要であると考えられる。そこで、本研究では平成 24～25 年度の 2 年間にわたって、以下の 3 つの課題を研究目的として掲げ上記問題の解決をはかる。

- 1) 沿岸に漂着する海ごみプラスチックの実態調査：日本の本土（北海道，本州，四国，九州）および離島沿岸でのフィールド調査を実施し、漂着量とプラスチックの組成，劣化状態などを明らかにする。さらに、GIS とデータベースを利用して漂着プラスチックの実態を解明し、その影響因子を分析する。
- 2) 沿岸域での発泡スチレンに由来する化学物質による汚染調査：沿岸漂着プラスチックのなかで最も漂着量の多い発泡スチレンにターゲットを絞り、スチレンから分解発生する化学物質による汚染状態を明らかにし、その発生メカニズム，拡散過程を検討する。
- 3) 沿岸漂着プラスチックの再資源化技術の開発のための基礎データの収集：プラスチックの再資源化に関して、漂着プラスチックの効果的な回収方法と再資源化処理に必要な技術的手法を検討する。そして、漂着プラスチックの回収装置および再資源化装置（油化装置）を試作し、回収効率，稼働特性などの基礎データを収集し、実用化に向けた検討を行う。

## 5 研究概要

本研究は平成 24 年度から 25 年度の 2 カ年で行った。各年度の研究課題と実績は以下である。

[平成 24 年度]

- 1) フィールド調査および GC/MS 化学分析（8 地区，68 地点）
- 2) データベースと GIS を用いた汚染状況の検討（システム開発を含む）
- 3) 沿岸漂着プラスチックの現地回収システムの検討
- 4) 再資源化装置開発のための資料収集とシステムの検討
- 5) WWW（World Wide Web）による研究内容の発信
- 6) 国内外での論文発表（国内：12 件， 国外：1 件）
- 7) 研究セミナーの開催

[平成 25 年度]

- 1) フィールド調査および GC/MS 化学分析（8 地区，65 地点）
- 2) データベースと GIS を用いた汚染状況の把握
- 3) 漂着ごみ集積状況の検討方法の開発
- 4) 沿岸漂着プラスチックの現地回収装置の検討と試作
- 5) 再資源化装置の開発のための装置試作と基礎データ収集
- 6) WWW（World Wide Web）による研究内容の発信
- 7) 国内外での論文発表（国内：17 件， 国外：4 件）
- 8) シンポジウムの開催
- 9) 外部資金への応募（文部科学省（科研費）基盤研究(A)（一般））

部科枝名：筑波大学部

氏名：佐藤秀人

## 6 研究結果 (4,000字以上記入してください)

## 1. フィールド調査とGC/MS化学分析

平成24～25年度の2か年にわたり、図1に示す日本の本土沿岸および離島沿岸の348地点(本土76、離島57地点)のフィールド調査を実施し、各地の海洋ごみの漂着状況を観測するとともに、浜浜砂および沿岸海水のサンプリングを実施した。化学分析サンプル数は、浜浜砂523体、沿岸海水209体であった。また、平成24年度には、東京大学大気汚染研究所と海洋開発研究機構が共同運営する、研究航海プログラムに採択され、西部太平洋での海洋水サンプリングを実施した。

## 1) フィールド調査

① 太平洋中区(千葉県南総半島：H24.5.19～20, H25.6.14, 愛知～三重～和歌山：H24.10.26～27, H25.7.20～21)、船橋三磨瀬：H24.5～H26.8, 1回/月で実施)

千葉県館山市の平砂浦および近郊沿岸では、計11地点の現地調査とサンプリングを実施した。平砂浦海岸は、車でのアクセス路がなく、一般の利用者は少ない漁岸であるが、南西から流れる悪潮と偏西風の影響を受け、大きな流木、廃棄物などが多く漂着していた。また、プラスチックをはじめとする入て物も多く、自動車のタイヤ、缶胴体、ガラス瓶、漁具(ロープ、浮き)、ペットボトル、洗剤容器、ゴム艇、発泡スチレン製品など多様なごみが漂着していた。相浜海岸は、夏季は海水浴場として利用されているが、調査時(H25.6)は閉鎖され、漂着するごみも回収されずに多くのごみが集積していた。流木、廃棄物、漁具(ロープ、浮き)、ペットボトル、小さく破砕されたプラスチック(原材料不明)が多かった。館山市北条海岸、南房総市千倉海岸は、海水浴場として利用されているが、ごみ量は少なく、満潮線上に細かな流木と海藻が散見される程度であった。

船橋市三磨瀬は、厄日本大震災後の閉鎖期間を除き、計22回の調査を実施した。浜浜部に未帰者が投機するとホリ袋、ペットボトル、空き缶が多いが、海浜端部に大量の流木とプラスチック(発泡スチレン製品トレイ、ペットボトル、ロープなど)が大量に蓄積していた(写真2)。

愛知～三重調査で計、愛知県内4地点および三重県内4地点で調査を実施した。豊橋市高塚海岸は遠州灘に面し、遠浅の直線的な砂浜が続く地点である。大きな漂着ごみは少ないが、満潮線沿いに細かい木片と微細化プラスチックが集積しているごみだまりが多く存在していた(写真1)。三河湾内の白谷海岸(豊橋市)では、波も比較的穏やかな漁区であるが、大量の漂着ごみ(木材、発泡トレイ、ペットボトル、破砕小片、あなごかごなど)が存在した(写真2)。紀伊半島の熊野灘は非常に潮流が強くて玉石によって荒浜されているが、ごみはほとんどなく、きれいな状態であった。

## ② 太平洋北区調査(H24.10.11～12)

岩手～宮城の太平洋北地区の4地点の現地調査と分析資料サンプリングを実施した。太平洋北区では震災の影響が残っており、海岸を震災がれきの集積場として使用している場所も多かった。大谷海岸



図1 沿岸および離島のフィールド調査



写真1 千葉県・三磨瀬海浜公浜

部科校名：短期大学部

氏名：佐藤 秀人

研究結果（つづき）

（宮城県本吉町）では、建て仮室のものと見られる柱・梁材（木材）とともに、プラスチックバケツ、ウレタンチューブ、発泡スチレンコンテナ、漁具（網、浮き）などが集積されていた。松島湾内の櫃が沢漁港は、細長い湾奥部に設置しているが、流木、海藻、金属缶、ガラス、プラスチック製品とその破砕片などが大量に漂着し、腐敗臭もしていた。

⑧ 北海道北区および北海道南区（H25.9.7～11）

奥尻部～斜里の北海道南区 6 地点と紋別～管内の北海道北区 3 地点の調査を実施した。苫小牧ではフコートや網などの大型の漁具、スチレントレイ、あなごかご、ペットボトルなど非常に多くのごみが漂着しており、韓国製ラベルが貼られたものも多数確認された。襟裳では、スチレン缶、ペットボトル、空き缶が多く漂着していたが大型のものは見当たらなかった。知床半島西側の斜里では、漂着ごみは比較的少なく、ペットボトル、漁具類が散見される程度であった。

オホーツク海に面した紋別は、比較的きれいで、スチレンコンテナの破砕片、ペットボトルが数個確認されたのみであった。空谷岬および稚丹半島西側の友那町海岸では、満潮線に沿って漂着した海藻中や緩流のブッシュ中に、多くのプラスチック破砕小片、レジンベレットが確認された。

⑨ 日本海北区および日本海西区（H24.7.10～13、H24.11.5～8、H25.11.14）

日本海北区では、秋田～富山の 7 地点で調査を実施した。秋田県能代海岸では、旧海水浴場であったが、現在は閉鎖中である。大きな流木やタイヤ、ステンレス容器などが散乱している状態であった。新潟県島見海岸では、専断河川による海洋漂着ごみの回収作業をしていたが（写真2）、ヒザリングによる、装備されているコンベア式やバケット式回収装置は不具合が多く、手作業によって作業しているとのことであった。

日本海西区では、島根～福井の 13 地点で調査を実施した。島根県～鳥取県の海岸では、漂着物のラベルなどから韓国・中国（台湾）から漂着したと思われるものが多く、薬品ボトル（プラスチック、ガラス）もあった。ただし、比較的集積が滞りしていると思われ、大きなものは少なく、流木小片とプラスチック破砕片が多かった。

⑩ 瀬戸内海区、太平洋南区、九州西区（H25.7.20～22、H25.7.24、H25.10.17～18）

瀬戸内海区は、淡路島～広島～松山の 11 地点で調査を実施した。瀬戸内海沿岸では、フコート、漁網などの漁具、スチレンコンテナ、ペットボトルなど、他の地区で多くみられるごみに加え、PE 袋、ガラス瓶、空き缶、食品トレー、ライターなどの生活ごみが多く確認された。

太平洋南区は、和歌山県 4 地点および鹿児島～宮城の 3 地点を調査した。友の湖海岸（和歌山県有田市）、燧ヶ岳（和歌山県美浜町）では、満潮線に沿って流木小片とともにプラスチック破砕片、食品トレー、ストローなどが集積しており、レジンベレットも多数確認された。鹿児島～宮城の東海岸では、比較的きれいな海岸であったが、志布志湾内の益丸海岸では、満潮線沿いに流木小片が集積し、その中に大量のプラスチック破砕片（スチレン、ウレタン含む）が確認された。

九州西区は鹿児島県南部と東シナ海沿岸の 3 地点を調査した。鹿児島湾内の浜田海岸、薩摩半島西側の吹上浜、西方海岸は、比較的きれいであり、満潮線上に流木小片がわずかに散見される程度であった。

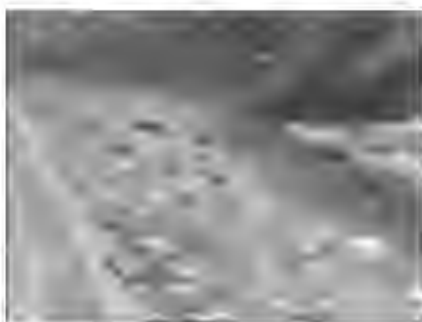


写真2 豊橋市・高浜海岸（瀬州灘）

写真3 苫小牧・真砂町海岸

写真4 松島湾・クジカ浜

部科校名：短期大学部

氏名：佐藤秀人

## 研究結果（つづき）

## ⑥ 対馬（H24.8.7～11, H25.11.5～8）

対馬は対馬海流の日本海への流入口にあたり、漂着ごみが多く問題になっている島である。対馬は、H24とH25の2回にわたって計13地点の現地とサンプリングを実施した。また、対馬市役所環境保全課を訪ね、島内での海ゴミの状況、回収作業および再資源化への取り組みなどについてヒアリングを行い、島内に設置されている発泡スチレン資源化プラントを視察した。漂着ごみ量は、島内全般に多いが、とくにアクセス路のない海岸の後浜部に、フロート、漁網、コンテナ、ペットボトル、ポリエチレン製タンク、ガラス瓶など、大量の漂着ごみが集積しており（写真3：対馬・小茂田）、対馬海流の日本海への入り口に位置することから、中国、韓国などのアジア圏からの漂着物も多く確認された。

## ⑦ 沖縄地区（H24.11.25～30）

沖縄本島8地点、石垣島6地点、西表島8地点の計22地点の現地調査とサンプリングを実施した。石垣・西表は、人口は少ないが、黒潮の流路上にあり、近海では漁業も盛んである。このためか、沿岸の漂着ごみは、食品トレイなどの一般のごみは少なく、ロープ、網、浮きなどの漁具とペットボトルが大半を占めていた。

## ⑧ 種子島（H25.3.12～15）および八丈島（H25.3.12～15）

種子島と八丈島は黒潮の流路上にあり、島内の人口が少ないことから、漂着するごみのほとんどは外洋から流れ着くものが多いと考えられる。種子島では4地点で調査を実施したが、調査時は風が強く前浜にはフロート、コンテナなどの軽く大きなものは少なく、漁網や砂中に破砕したプラスチック小片が目立った。しかし、後浜の低木帯や風裏となる部分にスチレンコンテナ、ペットボトル、フロートなどが大量に集積している場所もあった。

伊豆諸島八丈島は、7地点の現地調査とサンプリングを実施した。八丈島は、火山島であり、砂浜は少ないが、黒潮の流路（大蛇行時）上に位置する。沿岸の漂着ごみは比較的少ないが、網、ロープ、浮きなどの漁具とペットボトルが多かった。

## ⑩ 隠岐諸島（H25.3.12～15）

隠岐諸島は、西ノ島4地点、隠岐の島7地点で調査とサンプリングを実施した。隠岐諸島は火山島で海岸線の多くは崖となっており、陸路からアクセスできる海岸は、湾奥部に位置している地点が多かった。西ノ島の耳浦は、耳浦湾の最奥部に位置しており、漁網、フロート、ロープなどの漁具やスチレンコンテナ、ペットボトルなどが大量に集積していた。隠岐島の重栖湾内の福浦海岸でも同様に、漁具のほかウレタンチューブ、ポリタンク、ガラス瓶、アルミ缶なども大量に漂着していた。

## ⑪ 西部太平洋での海洋水汚染調査（H24.7.6～8.14）

東京大学大気海洋研究所が管理する白鳳丸KH-12-3次航海に参加し、西部太平洋19か所での表層水サンプリングならびに10か所での深層海水サンプリング（計56体）を実施した。水深5000m超の深層海水中のプラスチック由来化学物質の分析は、世界でも初めてのことであり、非常に貴重な分析資料を得ることができた。

## 2) GC/MS 分析

GC/MS分析は、日本大学薬学部の分析センターおよび理工学部船橋校舎一般化学実験室で実施した。分析ターゲットは、発泡スチレンから分解発生する三量体までのスチレンオリゴマー（SO：スチレンモノマー（SM）、スチレンジアマー（SD）、スチレントリマー（ST）の総量）である。海水は、原位置にて有機溶媒抽出したサンプルに対して、実験室で減圧蒸留後に残差を溶媒に再溶解して分析試料とした。海浜砂は、現地で採取したサンプルを、減圧乾燥の後に溶媒抽出して分析試料とした。

図2～3に、本土沿岸のスチレンオリゴマーの定量値の平均値を示す。ただし、このデータは本研究課題で得たデータ（H24～25）にこれまで蓄積したデータを加えて、地区ごとに平均化したものである。海浜砂サンプルでは、太平洋南区、瀬戸内海区、九州西区の日本列島の西側が500µg/kg以上の大きな

研究結果（つづき）

直を示した。沿岸域では、日本海北域および西側の日本海側全体、太平洋北域、瀬戸内海域で  $5\mu\text{g/L}$  以上の直を示した。海浜砂と沿岸域水の平均値は、それぞれ、およそ  $300\mu\text{g/kg}$ 、 $5\mu\text{g/L}$  程度であった。

なお、これらの研究成果は、環境省のシンポジウム第15回研究発表会（H24.12.18-19）、衛生薬学・環境トキシコロジー（H24.10.24-25）、7th European Conference on Pesticides & Related Organic Micropollutants in the Environment（H24.11.7-10）、日本化学会第93春季年会（H25.3.22）、第28回沿岸域学会（H25.7.20-21）、The 23rd International Ocean and Polar Engineering Conference（H25.6.30-7.5）および理工学部学術講演会などで研究発表を行った。

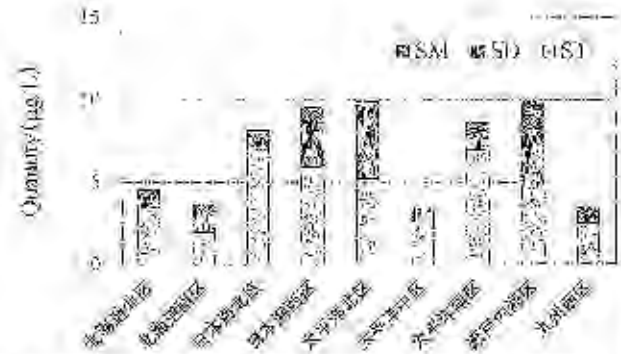
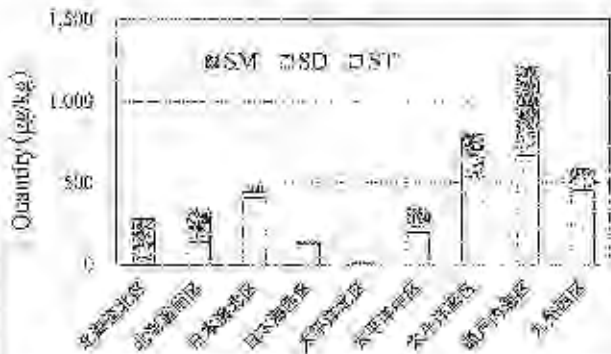


図2 海浜砂中のステレオオリゴマー量（平均値）

図3 沿岸域水中のステレオオリゴマー量（平均値）

2. データベースシステムおよびフィールド調査支援システムの開発

本研究では、多数の現地調査とGC/MS分析を行うが、これらのデータ管理で重要なことは、欠損・誤記入を防ぎ、必要な情報を効率的に参照・使用できるようにすることである。そこで、フィールドでの調査データ、写真撮影画像およびGC/MSによる化学分析結果を一元的に集積・管理することで、調査・分析の効率化を図るとともに、地理情報システム（GIS）と連携させることで、調査データの集積傾向や化学物質の汚染・拡散状況などの分析・考察をサポートできるデータベースシステムの開発を行った。

本システムでは化学分析データを追加入力して一元管理し、調査・分析結果のグラフ化や地図上へのマッピングが可能である。調査データとGISを連携させて作成した出力例を図4に、分析結果をグラフ化した出力例を図5に示す。

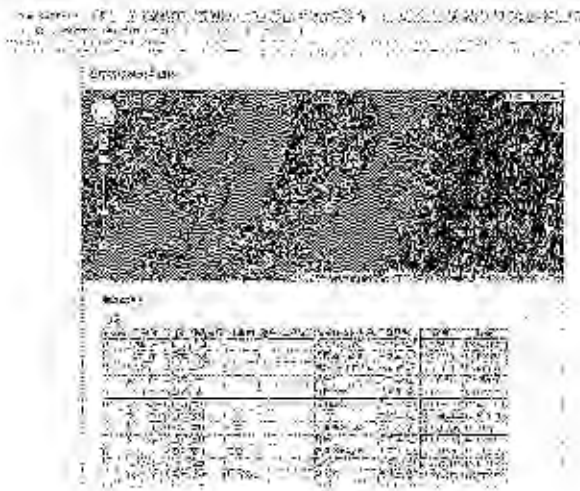


図4 調査データのマッピング



図5 化学分析データのグラフ化

研究結果（つづき）

また、現在ではスマートフォンによって位置情報の取得や、テキスト・画像データの送受信が容易にできる。そこで、スマートフォンを利用したフィールド調査支援システムの開発も行った（図4）。これは、フィールド調査の位置情報や気象・海象などの基本データ、標着ごみの状況、写真などをスマートフォンによってサーバに送信・管理するもので、調査者以外の研究メンバーでもフィールド調査の状況を即座に確認することが可能となった。

なお、上記研究成果は、第75回情報処理学会全国大会（H25.8.6-8）およびFIT2018 第12回情報科余技節フォーラム（H25.9.4-6）および理工学部学術講演会で発表発表を行った。

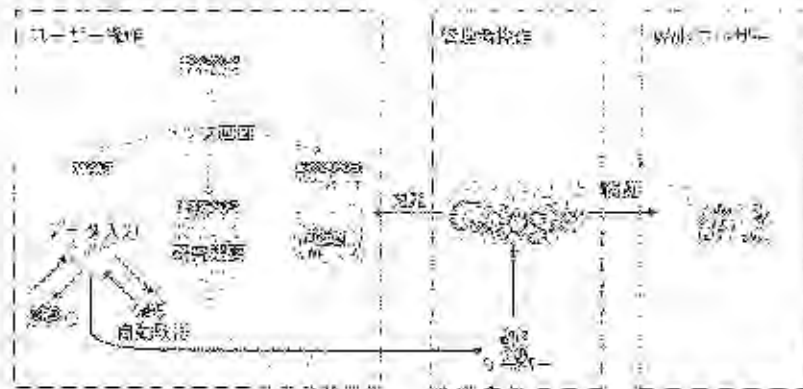


図6 スマートフォンを利用したフィールド調査支援システム

8. 標着ごみ集積状況の検出方法について

現状の現地調査では、標着ごみの量や種類などについての調査は、調査者の主観的なコメントのみを記録する方法としていた。これは、標着ごみが広範囲に集積あるいは点在し、かつ多種多様なものが混在しており、定量的な測定が困難なためである。そこで本研究では、画像認識技術新を応用した新たな評価手続の開発を試みた。これは、一般的なデジタルカメラで撮影した海岸部の画像を透視投影変換し（図7）、垂直方向の画像に変換した後、画像認識技術を用いてプラスチックなどの人工物を抽出するものである。システムを作成して試写を実施したところ、投写投影変換時の誤差は面積出で5～10%程度であった。また、標着ごみの例としてペットボトルの認識に関する検証実験を行ったところ（図8）、原形をとどめたものについては容易に認識可能なことが確認された。ただし、現時点では、破砕したものや大きく変形したものについては認識するケースもあった。今後は、認識プログラムの改修を行うことで認識精度の向上をはかるとともに、各種標着ごみを対象とした認識実験を実施することで、標着ごみの総量測定などに利用可能なシステムになるとと思われる。



図7 透視投影変換による変換画像



図8 ペットボトルの認識画像の一例

部科校名：短期大学部

氏名：松藤秀人

研究結果 (つづき)

4. 沿岸漂着プラスチックの現地回収システムの検討

海岸漂着プラスチックには大きく異なるものと微細なものがある。大きなものは重機や人力で比較的容易に回収可能であるが微細なものは砂中に埋もれていることも多く入力による回収は困難である。そこで本研究では回収ターゲットを1cm以下の微細なプラスチックとして、効果的な回収システムを検討する。H24年度は、吸引方式(写真5)、ブラシ回転方式、静電気吸着方式、フルイ方式の4種の装置を試作し、回収率を検討した。H25年度は、これらのうち、フルイ方式を利用した現地回収装置(写真6)を試作し、三浦新海浜公園および幕張浜で現地実験を行ったところ、貝殻と本片、プラスチック小片などが混在した海浜砂試料から、プラスチックと貝殻を分別して取り出すことに成功した(写真7)。現地での移動や試料の投入方法などを効率化することで実用可能なものになると考えられる。

上記の成果は、自動車技術会関東支部学術研究講演会(H25.3.18、H26.3.7)および理工学部学術講演会において研究発表を行った。また、H24年度の発表は、ベストポスター賞を受賞した。



写真5 プロブ型吸引装置



写真6 海ごみ回収装置



写真7 現地回収実験

5. 再資源化装置開発のための資料収集とシステムの検討

我が国における一般的なプラスチックの処理サイクルは、年間生産量約1160万トンに対して、約30%がマテリアルリサイクルあるいはケミカルリサイクルによって再資源化されている。しかしながら、海岸漂着ごみに対しては、ほとんどが単純焼却あるいは焼却時の熱のみを利用するサーマルリサイクルでの処理に留まっている。そこで、H24年度は、発泡スチレンの再資源化施設を実際に運用している対馬市役所へ赴き、再資源化の現状と課題点をアライングした。また、全国の都道府県レベルでの沿岸漂着ごみに対する取り組みを調査した。

H25年度は、産業技術総合研究所が所有する廃プラスチックの再資源化装置(油化装置:写真8)を借用し、装置の基本性能について検討を行った。本装置は、発泡スチレンなどのプラスチックを粉砕して砂と一緒に投入して、熱分解により液化させるものである。本年度は、熱分解に要する反応時間と実験時間との関係を調べるための基礎実験を行い、その成果を自動車技術会関東支部学術研究講演会(H25.3.18、H26.3.8)および理工学部学術講演会において発表した。



写真8 油化装置

部科校名：短期大学部

氏名：佐藤秀人

## 研究結果（つづき）

## 6. WWW（World Wide Web）による研究内容の発信

本研究プロジェクトを紹介するホームページ（HP）を作成し、H24.10に公開した。H25年度は、研究サイトに加え、研究ブログ、Facebookのページを加え、研究プロジェクトの意義、目標、経過報告などを発信し、沿岸環境問題に関する意識啓発を図るとともに、広く意見や情報を求めるものである。

研究サイト <http://www.media.art.nihon-u.ac.jp/umigomi-project/>

研究ブログサイト <http://www.media.art.nihon-u.ac.jp/blog/>

FaceBook <https://www.facebook.com/umigomiproject>

## 7. シンポジウム（H25.11.30）

平成25年11月30日に、日本大学理工学駿河台校舎121教室において、「海ごみ・プラスチック由来の海洋・沿岸環境汚染を考える」と題したシンポジウムを開催した。当日は、本研究プロジェクトのメンバーが研究の経過および成果を発表するとともに、韓国・全南大学 鄭宜龍 教授、富山県立大学 楠井 隆 教授、（独）産業技術総合研究所 主任研究員 小寺洋一 氏の3名を講師に招き、それぞれ、「韓国沿岸における有機フッ素化合物類による汚染状況とFPOSの生体変換の可能性」、「海洋ごみ問題のトピックス：溶出化学物質と発生抑制の取り組み」、「廃プラスチック再資源化の現状と将来の展望」と題する講演を行った。本学内外から約50名の出席者があり、有意義な意見交換を行うことができた。

## 8. 発表論文（H24年度、H25年度）

本研究プロジェクトの成果として、下記の論文（国内27編、海外5編）を発表した。

- 1) Keiji Amamiya, Akifumi Okabe, Morikazu Yamamoto, Sachio Togawa, Hideto Sato, Katsuhiko Saïdo, "Analysis of New Chemical Contamination Generated from Debris Polystyrene in Yaeyama Islands", 7th European Conference on Pesticides & Related Organic Micropollutants in the Environment, October 7-10, 2012, CD-ROM, Portugal
- 2) 西野晃充, 小泉公志郎, 佐藤秀人, 岡部顕史, 山本守和, 鄭 宜龍, 西村昌彦, 道祖土勝彦, 「漂流・漂着ポリスチレン由来の化学物質による西日本沿岸の汚染」, フォーラム 2012, 衛生薬学・環境トキシコロジー講演要旨集 pp. 307, 2012年10月24-25日, 名古屋
- 3) 秋山翼, 佐藤秀人, 岡部顕史, 山本和清, 登川幸生, 宮崎渉, 鄭 宜龍, 道祖土勝彦, 「漂流・漂着プラスチックから発生する化学物質とその毒性」, フォーラム 2012, 衛生薬学・環境トキシコロジー講演要旨集 pp. 307, 2012年10月24-25日, 名古屋
- 4) 佐藤秀人, 道祖土勝彦, 岡部顕史, 登川幸生, 山本守和, 山本和清, 小泉公志郎, 「沿岸漂着プラスチックから発生する化学物質汚染に関する研究, 1.研究プロジェクトの概要および東日本大震災被災地区沿岸の汚染調査」, 平成24年度（第56回）日本大学理工学部学術講演会, CD-ROM, 2012年11月28日
- 5) 道祖土勝彦, 小泉公志郎, 岡部顕史, 佐藤秀人, 「沿岸漂着プラスチックから発生する化学物質汚染に関する研究, 2. 発生要因解明法の開発」, 平成24年度（第56回）日本大学理工学部学術講演会, CD-ROM, 2012年11月28日
- 6) 秋山翼, 登川幸生, 佐藤秀人, 山本和清, 宮崎渉, 荒木雄一, 大橋雅樹, 堀翔太郎, 「沿岸漂着プラスチックから発生する化学物質汚染に関する研究, 3. 海水浴場における海ごみの実態に関するアンケート調査について」, 平成24年度（第56回）日本大学理工学部学術講演会, CD-ROM, 2012年11月28日
- 7) 西野晃充, 道祖土勝彦, 登川幸生, 佐藤秀人, 小林尚史, 「沿岸漂着プラスチックから発生する化学物質汚染に関する研究, 4. 西部北太平洋での海洋調査」, 平成24年度（第56回）日本大学理工学部学術講演会, CD-ROM, 2012年11月28日
- 8) 道祖土勝彦, 小泉公志郎, 西野晃充, 山本和清, 山本守和, 奥川光治, 木暮一啓, 佐藤秀人, 「プラスチックから発生する化学物質による北太平洋域汚染の分析」, 環境ホルモン学会第15回研究発表会, PA-3, 2012年12月18-19日, 東京



部科校名：短期大学部

氏名：佐藤秀人

## 研究結果（つづき）

- 9) 小泉公志郎, 佐藤秀人, 岡部顕史, 登川幸生, 鄭 宣龍, 釜谷保志, 楠井隆史, 西村昌彦, 道祖土勝彦, 「日本沿岸に漂流・漂着するポリスチレンから発生するスチレンオリゴマー汚染実態」, 環境ホルモン学会第15回研究発表会, PA-4, 2012年12月18-19日, 東京
- 10) 小泉公志郎, 佐藤秀人, 岡部顕史, 登川幸生, 道祖土勝彦, 「漂流・漂着ポリスチレンから発生するスチレンオリゴマーによる新たな化学汚染」, 日本化学会第93春季年会, 2013年3月22-25日, 滋賀
- 11) 山本守和, 登川幸生, 佐藤秀人, 道祖土勝彦, 岡部顕史, 山本和清, 小泉公志郎, 宮崎渉, 「海岸漂着プラスチックごみを対象とした海洋汚染調査データベースの開発」, 情報処理学会第75回全国大会, CD-ROM, 2013年3月6-8日, 仙台
- 12) 原嶋功芝, 小泉涼, 岡部顕史, 佐藤秀人, 道祖土勝彦, 「海ごみ回収装置に関する基礎研究」, 自動車技術会関東支部学術研究講演会, CD-ROM, 2013年3月8日, 神奈川
- 13) 山下達彦, 田中瑛大, 田中智大, 岡部顕史, 佐藤秀人, 道祖土勝彦, 「廃プラスチックの再資源化装置(油化装置)に関する基礎的研究, -珪砂を用いた反応時間および実験時間-」, 自動車技術会関東支部学術研究講演会, CD-ROM, 2013年3月8日, 神奈川
- 14) 西野晃充, 佐藤秀人, 小泉公志郎, 岡部顕史, 道祖土勝彦, 「プラスチック由来の化学物質による海洋汚染に関する研究-西太平洋での調査と分析-」, 沿岸域学会研究討論会2013, CD-ROM, 2013年7月19日, 大阪
- 15) 小林 尚史, 佐藤秀人, 登川幸生, 山本和清, 西野晃充, 「プラスチックの分解生成物による沿岸域汚染に関する研究」, 沿岸域学会研究討論会2013, CD-ROM, 2013年7月19日, 大阪
- 16) Hideto Sato, Katsuhiko Saido, Akifumi Okabe, Tsubasa Akiyama, Akimitsu Nishino, "Study on Chemical Contamination in Japanese Coastal Area Derived from Marine Debris Plastics", Proceedings of the 23rd (2013) International Offshore and Polar Engineering Conference (ISOPE), Anchorage, Alaska, USA, pp. 716-721, 2013.7
- 17) 山本守和, 登川幸生, 望月宏樹, 「画像処理技術を用いた海浜部における廃棄物検出手法に関する基礎的研究 その1画素操作フェイズ」, 日本建築学会学術講演会, CD-ROM, 2013年8月30日-9月1日, 北海道
- 18) 望月宏樹, 登川幸生, 山本守和, 「画像処理技術を用いた海浜部における廃棄物検出手法に関する基礎的研究 その2検出フェイズ」, 日本建築学会学術講演会, CD-ROM, 2013年8月30日-9月1日, 北海道
- 19) 道祖土勝彦, 小泉公志郎, 佐藤秀人, 楠井隆史, 奥川光治, 西野晃充, 小寺洋一, 「海洋環境におけるビスフェノールA汚染実態の調査」, 環境科学会2013年会, P-56, 2013年9月3日, 静岡
- 20) 小泉公志郎, 佐藤秀人, 岡部顕史, 登川幸生, 小川直人, 釜谷保志, 小寺洋一, 道祖土勝彦, 「海洋廃棄ポリスチレンによる日本沿岸のスチレンオリゴマー汚染の実態調査」, 環境科学会2013年会, P-57, 2013年9月3日, 静岡
- 21) 望月宏樹, 登川幸生, 山本守和, 「漂着ごみの実態調査を目的としたスマートフォン用アプリケーションの開発」, FIT2013第12回情報科学技術フォーラム, CD-ROM, 2013年9月4-6日, 鳥取
- 22) Koshiro Koizumi, Hideto Sato, Sachio Togawa, Seon-Young Chung, Koji Okugawa, Takashi Kusui, Masahiko Nishimura, Katsuhiko Saido, "Analysis of New Chemical Contamination Generated from Debris Polystyrene Surround on Japan", 246th American Chemical Society (ACS) National Meeting, September 8, 2013, USA
- 23) Katsuhiko Saido, Hideto Sato, Kazukiyo Yamamoto, Koshiro Koizumi, Akifumi Okabe, Yasushi Kamaya, Naoto Ogawa, Masahiko Nishimura, Kazuhiro Kogure, "New Global Contamination Generated from Plastics", 246th American Chemical Society (ACS) National Meeting, September 9, 2013, USA
- 24) Katsuhiko Saido, Akifumi Okabe, Koshiro Koizumi, Morikazu Yamamoto, Akimitsu Nishino, Hideto Sato, Yukio Togawa, Seon-Young Chung, Kazuhiro Kogure, "New Global Contamination Generated from Plastic", 246th American Chemical Society (ACS) National Meeting, September 10, 2013, USA
- 25) 西野晃充, 佐藤秀人, 道祖土勝彦, 小泉公志郎, 山本和清, 小林尚史, 「沿岸漂着プラスチックから発生する化学物質汚染の実態調査と再資源化技術に関する研究 1. 瀬戸内海および紀伊半島での沿岸汚染調査」, 平成25年度(第57回)日本大学理工学部学術講演会, CD-ROM, 2013年12月7日

部科校名：短期大学部

氏名：佐藤秀人

## 研究結果（つづき）

- 26) 山本守和,佐藤秀人,岡部顕史,登川幸生,西野晃充,小林尚史,「沿岸漂着プラスチックから発生する化学物質汚染の実態調査と再資源化技術に関する研究 2. 北海道沿岸での調査」,平成 25 年度 (第 57 回) 日本大学理工学部学術講演会, CD-ROM, 2013 年 12 月 7 日
- 27) 小林尚史,佐藤秀人,小泉公志郎,道祖土勝彦,西野晃充,登川幸生,「沿岸漂着プラスチックから発生する化学物質汚染の実態調査と再資源化技術に関する研究 3. スチレンオリゴマーの発生要因に関する室内実験」,平成 25 年度 (第 57 回) 日本大学理工学部学術講演会, CD-ROM, 2013 年 12 月 7 日
- 28) 小泉公志郎,佐藤秀人,岡部顕史,権 凡根,小川直人,釜谷保志,小寺洋一,道祖土勝彦,「漂着ポリスチレンによる日本沿岸のスチレンオリゴマー汚染の実態調査」,環境ホルモン学会第 16 回研究発表会, PA-2, 2013 年 12 月 12 日, 東京
- 29) 道祖土勝彦,岡部顕史,佐藤秀人,楠井隆史,奥川光治,鄭宣龍,小寺洋一,「日本沿岸におけるビスフェノール A 汚染の実態」環境ホルモン学会第 16 回研究発表会, PA-3, 2013 年 12 月 12 日, 東京
- 30) 道祖土勝彦,小泉公志郎,小川直人,楠井隆史,鄭宣龍,木暮一啓,「北太平洋におけるビスフェノール A 汚染の実態」,環境ホルモン学会第 16 回研究発表会, 2-A-6, 2013 年 12 月 12 日, 東京
- 31) 久保田誉史, 早川未来, 原直槻, 岡部顕史, 佐藤秀人, 道祖土勝彦,「海ごみ回収装置に関する基礎研究」,自動車技術会関東支部学術研究講演会, CD-ROM, 2014 年 3 月 7 日, 東京都新宿
- 32) 久保田誉史, 早川未来, 原直槻, 岡部顕史, 佐藤秀人, 道祖土勝彦,「沿岸漂着プラスチックから発生する化学物質汚染の実態調査と再資源化技術に関する研究(4.海ごみ回収装置に関する基礎研究)」,平成 25 年度 (第 57 回) 日本大学理工学部学術講演会, CD-ROM, 2013 年 12 月 7 日
- 33) 望月宏樹, 登川幸生,「画像処理を用いた海浜部における漂着ゴミの判別手法の提案」,情報処理学会第 76 回全国大会, CD-ROM, 2014 年 3 月 11-13 日, 東京

## 9. まとめ

本研究は,平成 24~25 年度の 2 年間にわたって実施したが,順調に研究工程を遂行することができた。特に,学部の異なる 6 名 (H24 年度は 5 名) の研究者間での調整や情報交換を円滑に進めることができ,貴重な研究成果を得て目標件数以上の論文を発表することができた。今後は,各研究課題をより一層充実させて本研究プロジェクトを進めるとともに,外部資金の獲得に向けた努力を継続していく予定である。

## 平成25年度 学術研究助成金〔総合研究〕実績報告書

平成26年4月11日

日本大学学長

氏 名 増田 光一



所属・資格 理工学部・教授

下記のとおり報告いたします。

1 研究課題		
巨大地震・津波災害時のための医療支援浮体システムに関する研究		
2 研究組織		
氏 名	所属部科校・資格	役割分担
○研究代表者名 増田光一	理工学部／教授	医療支援浮体システム全体シミュレーションの統括
○研究分担者 小林昭男	理工学部／教授	浮体係留計画統括
畔柳昭雄	理工学部／教授	浮体意匠設計統括
居駒知樹	理工学部／准教授	浮体波浪中性能, エネルギー
坪井壘太郎	理工学部／准教授	地域防災・リスク評価
惠藤浩朗	理工学部／助教	浮体構造設計統括
登川幸生	理工学部／教授	水上搬送システム統括
丹正勝久	医学部／教授	災害時救命医療問題検討
木下浩作	医学部／教授	災害時広域搬送拠点計画
齋藤俊克	工学部／助教	コンクリート材料設計
高田昌子	短期大学部／准教授	海上における水生成
谷米温子	生物資源科学部／助教	海上における水生成
3 本研究に関連して外部資金への申請状況, 獲得状況		
なし		

※「6 研究結果」について, ホームページ等での公開  可  否) いずれかを○で囲んでください。  
否の場合は, 理由書を添付して下さい。

部科校名：理工学部

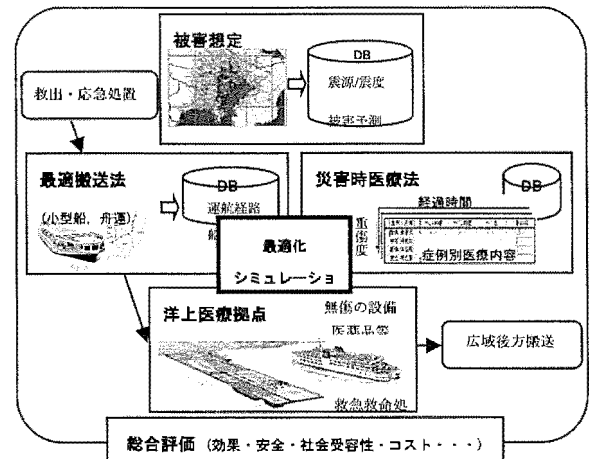
氏名：増田 光一

## 4 研究目的

首都直下大地震や東海・東南海・南海地震と津波災害は中央防災会議では最大の懸念事項である。医療現場からはこれらの災害が発生した直後、医療体制はほとんど機能できず、DMATに期待するところ大であるが、その拠点がどうなるかも現時点では明らかでないことと危惧している。また、広域搬送拠点となる空港への搬送手段が発災時には極めて困難な状況になり得ることと、空港での二次救命処置がどの程度できるかは現状では極めて疑問であるといえる。これらの問題を解決するための医療支援拠点が1つでも存在していることは医療現場のみならず人々へ安心をもたらす。また、救命医療現場は経験者が不足しており、その訓練センターを同時に設置可能である提案である。工学技術としては合理的海上利用の具体案が示され、さらに船舶とは異なる浮体式構造物設計法を開発・提案することができる。本研究が遂行されることにより、外部へのアピールと外部資金による研究開発支援の必要性そのものを訴えることができる。これらの成果は結果的に、特に首都防災・減災に直接役立つことになる。

以下に、本研究で明らかにすることを列挙する。

- 1) 地震・津波災害時医療支援浮体の利用方法の提案
- 2) 支援浮体システムの耐津波性能評価と安全性検証
- 3) 平常時の利活用方法の具体的提案
- 4) 支援浮体の基本計画と構造計画
- 5) 支援浮体の構造的・波浪中性能の成立性の検証
- 6) 災害時患者搬送シミュレーション法の開発
- 7) 災害時医療物資輸送評価
- 8) 支援浮体上での飲料水と生理食塩水生成技術の検討
- 9) 支援浮体を与える地域社会への影響



## 5 研究概要

具体的な施設の仕様を検討するために、東京湾に医療支援浮体を設置することを想定する。その際、中央防災会議で検討されている首都直下型大地震での推定死亡者数の5~10%にあたる600~1200人を発災後3日間での最優先治療群の重症者と想定し、これに対応できる支援体制と支援浮体を具体的に提案するための研究を進める。そのため、東京消防庁等が実施している方法を用いて、被害想定を独自にし直したうえで、首都圏の地域ごとの傷病者数データベースを構築し、それに応じた患者搬送法と医療支援浮体機能仕様を検討・決定する。またDMAT等の医療支援チーム受入と医療物資搬送の現実的問題点を明らかにして、どのような対策が必要なのかを提示する。さらに医療支援浮体と支援体制が構築されることでの地域社会への影響について国内外の事例から総合的に調査研究を実施する。本研究は以下の研究内容ごとに実施される。

## A) 総合戦略の確立 (増田, 丹正, 畔柳, 小林, 木下, 居駒, 坪井, 佐藤, 渡部, 増田 (光))

被害想定シミュレーションを、既存プログラムを用いて実施しデータベースを作成する。その際GISを活用して効率的なデータ抽出を可能とするシステムを構築する。並行して、発災直後に1200名程度の重症患者と広域搬送が必要な患者に対する処置を支援可能な浮体仕様を改めて決定する。

## B) 浮体上医療対策法の確立 (丹正, 木下, 長田, 高田, 谷米)

浮体式施設上での一次救命と二次救命の可能性を具体的に明らかにする。その際、医療物資のストック方法と医療物資補給方法についても医薬品メーカーや赤十字へのヒアリングを実施して問題点を明らかにし、医療物資搬送に関して必要な具体的検討項目を提示する。

## C) 浮体施設計画と利用可能性 (増田, 畔柳, 木下, 小林, 居駒, 恵藤, 齋藤, 佐藤)

患者が利用し、医療行為が行われる浮体の波浪中性能と耐津波性能を理論計算、数値計算および水槽実験から明らかにするためのプログラムを開発し性能評価を実施する。また、波力発電や風力発電設備が搭載された際の波浪中性能評価を行えるようにし、水槽実験により検証する。そして医療支援浮体としての施設計画を具体的に実施・提案する。提案される支援浮体は広域搬送拠点となり得ることを前提とするために、関係省庁へのヒアリングと医療機関へのヒアリングを行いながらその成立性を調査・検証する。

## D) 海上利用の地域防災を含む社会的影響の評価 (畔柳, 小林, 坪井)

海洋の利用が地域社会に与える影響は極めて大きいと考えられる。本提案では地域社会防災の一環として医療支援浮体が検討されるが、地域の社会基盤としてあるいは設備設置場所として海上を含む水上が利用された場合の影響を客観的に評価する必要がある。そこで水上利用施設を防災の観点から調査を実施する。

部科校名：理工学部

氏名：増田 光一

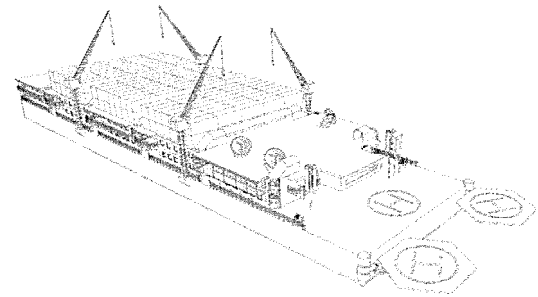
6 研究結果 (4,000字以上記入してください。)

災害時医療支援浮体の波浪中性能と耐津波性能を理論計算、数値計算および水槽実験から明らかにするため、また被害想定および医療物資のストック方法と医療物資補給方法など医療物資搬送に関する具体的検討を実施するために、まず本研究では医療支援浮体としての基本計画および施設計画の具体的実施に取り組んだ。以下に具体的に取り組んだ2つの医療支援浮体について、その研究結果を記載する。

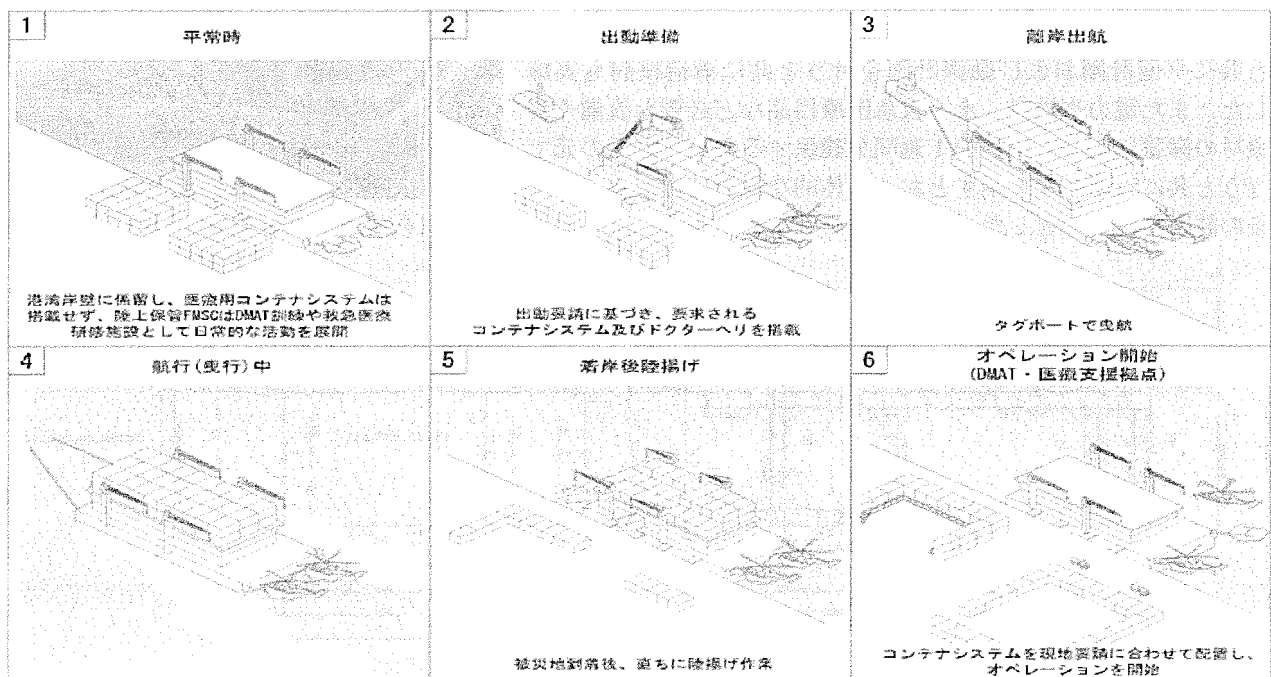
・コンテナを活用した浮体式災害時医療支援システムに関する計画構想

本計画構想は、海洋空間の有効利用を念頭に置き、今後想定される首都直下地震や南海トラフ地震による津波被害を想定し、医療機関の被災による負傷者救済機能の停止に対する支援活動を海側から行う「活動拠点形成」を図るものである。そのため現状における各種課題が整理されシステムの構想案がまとめられた。

- ①緊急時の活動は災害拠点病院の補完施設として機能するものとし、管理運営は特定のDMATが行う。通常は災害拠点病院の日常的医療活動の中の一施設として位置づけると共に、慢性疾患（透析患者）の治療や健康診断等及び勤務する医師・看護婦やDMATの訓練等に活用する。
- ②本施設は、平常時は港湾部の外郭施設により静穏度の保たれた水域に係留され、万一の地震や津波来襲時でも海面の免震性を活かすと共に水位上昇を浮体構造物で回避することで、施設本体の安全性を維持する。
- ③本施設は、被災地へ向けた救援活動にも対応を可能とし、この場合はタグボートによる曳航となる。被災地では本施設を用いた医療支援活動と別途搭載して持ち込むコンテナ型の医療モジュールによる仮設型医療コミュニティを形成し、医療支援活動の拠点として機能展開する。
- ④本施設は、避難者の被災地における生活を支援するための救援活動に要される設備を備えることとし、特に雑生活における健康維持のための、食事、飲料水、清潔なトイレ、風呂、衛生管理、安全・安心、ライフケアなどを提供する。こうした要件整理と新たな計画的要因を付加すると共に、災害時医療支援施設構想では「浮体式構造物」の活用を念頭に置き、構想立案が行われた。右に医療支援浮体のコンセプトデザイン、下にコンテナを活用する際の運用方法を図で示す。本施設は、コンテナを活用した医療支援浮体であり、浮体式



コンセプトデザイン



コンテナを活用した医療支援浮体のコンセプト

部科検名：理工学部

氏名：増山 光一

研究結果（つづき）

構造物を基盤とし、基盤内にエネルギー供給や淡水化装置を設置し、甲板上に主要機能を二層階置し、その上部にコンテナ積載スペースを設置。また、船舶よりも喫水が浅いため、被災地の港湾水域内の岸壁に接近できる利点がある。被災地における浮体式医療施設の利用方法を以下列挙する。

- (1) SCU (Staging Care Unit：広域搬送拠点臨時医療施設) よりも長期待機が可能 (24 時間～48 時間程度) な一時収容医療施設としての利用 (SCU は空港格納庫等を利用のため診察は限定的)。
- (2) 疾病に特化した一時収容医療施設としての利用  
 ① 震度 5 以上の地震で増加が懸念される熱傷 (爆傷) 及び Crush Syndrome に対する一時収容医療施設としての利用。
- (3) 被災地医療用レジスティックセンターとしての利用。

このように医療支援浮体の利用方法をまとめると共に医療浮体への傷病者の搬送問題などについても具体的に傷病者収容までの時間、収容人数などに関して数値計算をもとに研究を進めている。

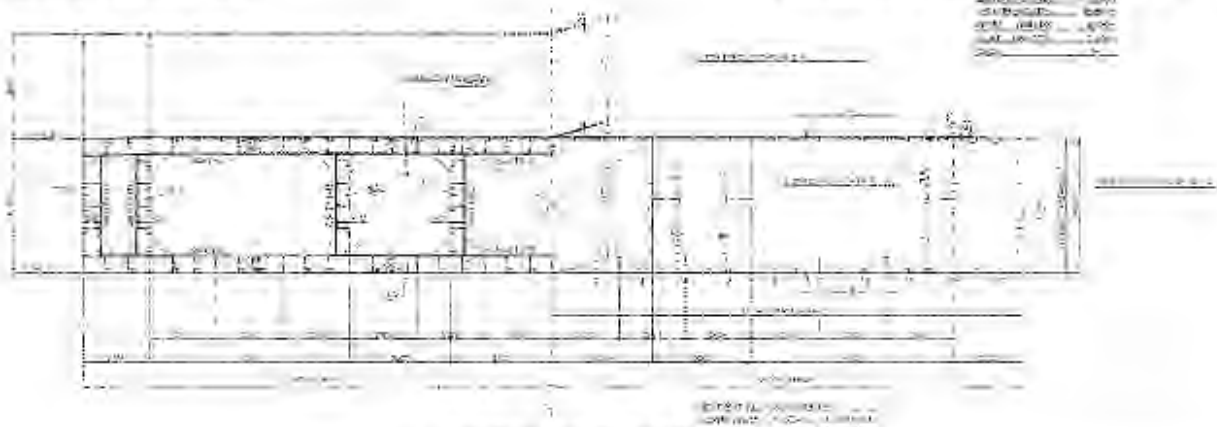
・河川を活用した浮体式災害時医療支援システムの構造計画に関する基礎的検討

ここでは首都直下地震に対して内陸部における迅速な医療支援を実施可能な河川上に設置するといった仮定において、災害弱者救済や健康維持支援を念頭ににおいた緊急医療支援体制の構築を目指し、津波を含む地震災害に対して免震性に優れ、移動可能な浮体構造形式を採用した災害時医療支援システムを提案した。

河川を利用した災害時医療支援基地を提案し、効率的に機能するための搬送手段と情報ネットワーク機能に関する検討や、河川において瓦礫の堆積などの障害物が少なくアクセスが自由であるなどの河川の有効性は示されているが、具体的な河川を利用した医療浮体の提案は行われていないことから構造計画を進め、設計上の課題を整理した。医療浮体は全く新しいコンセプトの施設であることから単にハードウェアとしての構造体や設備、安全性を提示しても成立は難しい。そこで本研究では具体的に医療浮体の基本計画として河川に設置する際の制約条件を加味し、その運用方法も含まれた平面計画や動線計画、規模計画および重量の算定、設備および資機材の備蓄に関する検討、浮体基盤部の構造強度の検討など、これまでに建造された例のない浮体式構造物である医療浮体の実現可能性に関する基礎的な検討を行った。設置場所については、首都直下地震の被害想定から荒川周辺の内陸部で最も被害が大きいことから墨田区四つ木村近の荒川を選定し、荒川へ設置する上での制約条件と要求性能。そして 100 床の病院を仮定した運用方法から、85[m]×28[m]×4[m]といったサイズを 1 つのコニットとした病棟ユニットと診療ユニットの 1 層ユニット連結型で構成する形式で医療支援浮体を提案すると共に平面計画および動線計画を行うと共に構造検討も実施した。また電力や燃料、水、救急医療用品など必要な設備や資機材の備蓄に関する検討を 1 週間分確保するという計画の元で行うと共に、下の図で示すとおり具体的な設計を行うことで今後の課題を明らかにした。



河川を活用した医療支援浮体のイメージ



医療支援浮体の基礎部構造図

注 必要に応じて、このページをご使用ください。

## 平成25年度 学術研究助成金〔総合研究〕実績報告書

平成 26 年 4 月 15 日

日本大学学長

氏 名 岩田 展幸

所属・資格 理工学部・准教授



下記のとおり報告いたします。

1 研究課題 酸化物人工超格子界面での革新的多機能発現と超低消費社会への還元		
2 研究組織		
氏 名	所属部科校・資格	役割分担
○研究代表者名 岩田 展幸	理工学部・准教授	人工超格子作製、結晶評価、 ナノ領域物性評価、総括
○研究分担者 山本 寛	理工学部/教授	面内・面直電気抵抗測定
高野 良紀	理工学部/教授	ホール効果測定、磁場中電気抵抗測定
高瀬 浩一	理工学部/教授	磁化測定、電界印加磁化測定
橋本 拓也	文理学部/教授	人工超格子作製のためのペッチーニ法による原料 ターゲットの作製
石田 浩	文理学部/教授	エムベディッド Green 関数法を用いた人工超 格子の第一原理計算
清水 耕作	生産工学部/教授	電流電圧特性、温度特性、電子光-光電子吸収
合計 7 名		
3 本研究に関連して外部資金への申請状況、獲得状況		
1. (公財) カシオ科学振興財団 研究協賛事業 平成25年度 (総額 100万円) 研究代表者: 岩田展幸、 共同研究者: 橋本拓也「酸化物人工超格子構造における強誘電性強磁性マルチフェロイック特性および巨大 電気磁気効果の室温発現」		
2. 科学研究費助成事業 (学術研究助成基金助成金 (基盤研究 (C))) 平成25年度~平成27年度 研究課題 25420295 (総額 380万円) 研究代表者: 岩田展幸、研究分担者: 山本寛、橋本拓也、高瀬浩一「ヘテ ロ接合界面によって可能となる磁化反転および強誘電性強磁性特性の室温電界制御」		
3. (公財) 双葉電子記念財団 自然科学研究助成 平成25年度 (総額 200万円) 研究代表者: 岩田展 幸、共同研究者: 高瀬浩一「電界誘起型磁化反転のブレイクスルー」		
4. 科学研究費助成事業 (学術研究助成基金助成金 (基盤研究 (C))) 平成24年度~平成26年度 研究課題 24560383 (総額 400万円) 研究代表者: 山本寛、研究分担者: 岩田展幸「共鳴光励起による単層カーボ ンナノチューブのカイラリティ制御法の新提案」		
5. 科学研究費助成事業 (学術研究助成基金助成金 (基盤研究 (C))) 平成24年度~平成26年度 研究課題 24540328 (総額 300万円) 研究代表者: 石田浩「トポロジカル絶縁体の電子構造の理論計算」		
6. 科学研究費助成事業 (科学研究費補助金 (新学術領域研究)) 平成25年度~平成29年度 研究課題 25110006 (総額 2080万円) A02 表面・界面構造の設計・作製、「吸着ナノ分子系の界面原子構造と電子・ スピン物性研究代表者」研究代表者: 石田浩		
7. 科学研究費助成事業 (学術研究助成基金助成金 (基盤研究 (C))) 平成25年度~平成27年度 研究課題 25400382 (総額 120万円) 研究代表者: 高野良紀「リチウム硼炭化物における物性探索と応用」		

※「6 研究結果」について、ホームページ等での公開  (可) 否  いずれかを○で囲んでください。

否の場合は、理由書を添付して下さい。

4 研究目的

従来の固相反応法と比較し粒子サイズが約 1/10 となるペッチーニ法によりターゲット作製用粉末を作製する。この粉末を用いて超高密度(95%以上)ターゲット<sup>[1]</sup>を作製する。パルスレーザー堆積(PLD)法<sup>[2]</sup>を用いて、原子レベルで成長制御された清浄な界面を持つ酸化物人工超格子<sup>[3]</sup>を作製する。その際、超高密度ターゲットを用いることで、ドロップレットの付着を回避することができる。酸化物人工超格子が室温で①巨大電気磁気効果<sup>[4]</sup>および②強誘電性強磁性マルチフェロイック特性<sup>[5]</sup>を示すことを実験的に明らかにする。さらに、エムベディッド Green 関数法<sup>[6]</sup>を用いた第一原理計算により超格子界面の電子状態・スピン分極密度を明らかにし、超格子の最適な組み合わせを予想すると共に特性発現の原因を明らかにする。

人工超格子は上記①,②の特性を持つため、昨今の電子デバイスの常識をくつがえし、新たなエレクトロニクスステージを牽引するパイオニア的材料=スマートマテリアル<sup>[7]</sup>となる。

語句説明

[1]超高密度(95%以上)ターゲット：通常 90%を超えることは難しい。 [2]パルスレーザー堆積(PLD)法：ターゲットにレーザーを照射し瞬時に原料を蒸発・昇華させ、組成ズレ無く基板に堆積させる成膜手法。 [3]人工超格子：材料「A」と「B」を交互に積層させた交互積層膜。 [4]巨大電気磁気効果：電界印加によって、測定できるほど磁化が大きく変化する現象。 [5]強誘電性強磁性マルチフェロイック：強誘電性、強磁性のような長距離秩序を同時に二つ以上併せ持つ非常に貴重で多機能な物質。 [6]エムベディッド Green 関数法：電子のエネルギーを計算する際に用いる波動関数のことで異種材料で構成され界面を有する結晶に適する。 [7]スマートマテリアル：複数の実用的な特性を併せ持ち、それらを個別に、相互に制御できる材料。

5 研究概要

【ペッチーニ法による超高密度ターゲットの作製】 材料「A」として、LaFeO<sub>3</sub>(LFO)、BiFeO<sub>3</sub>(BFO)、BiFe<sub>0.9</sub>Mn<sub>0.1</sub>O<sub>3</sub>(BFMO)、材料「B」として CaFeO<sub>x</sub>(CFO)をペッチーニ法によって得た粉末を用いてターゲットを作製した。それぞれ、95.5%、95.2%、96.6%、96.4%の超高密度を達成した。

【パルスレーザー堆積(PLD)法による酸化物人工超格子の作製】 材料「A」LFO、BFO、BFMO、材料「B」CFO、CaMnO<sub>3</sub>(CMO)、LaMnO<sub>3</sub>(LMO)を表面処理した SrTiO<sub>3</sub>(STO)(100)、(110)基板上に材料「A」、「B」を7層交互積層し人工超格子を作製した。超格子作製前に LFO との堆積速度比を求めた。超格子作製の際には、バッファ層として LFO を7層成膜し、照射パルス数と堆積速度比から超格子各層が7層成長するパル数を算出して成膜を行った。STO(100)基板上にはすべての組み合わせである9種類の超格子、STO(110)基板上には、[CFO/BFO]、[CFO/BFMO]、[CMO/BFO]、[CMO/BFMO]の4種類の超格子を作製した。単相膜は両者の基板上に成長させた。STO(100)上では、すべての超格子がステップ-テラス構造を示し、X回折ではラウエ振動、超格子反射を確認し、清浄な超格子界面、超構造が形成されていることを確認した。特に[CMO/BFMO]超格子では、弱強磁性転移温度が約 450K と室温以上で、飽和磁化がバルク BFMO の約 4 倍であることがわかった。[CMO/LFO、BFO、BFMO]では界面に強磁性・反強磁性的結合が共存し、CMO 層で伝導するキャリアが強磁性領域にトラップされながら伝導するマグネティックポーラロン伝導を示唆する結果を得た。マグネティックポーラロン伝導が発現する温度は超格子の組み合わせに依存しており、その違いは、材料「A」の結晶対称性の良さ、界面の清浄性に起因すると考えている。STO(110)上では、BFO、BFMO 単相膜が[001]方向に強い異方性を持った短冊状のグレインが成長した。各グレイン表面ではユニットステップ、バンチングステップを確認した。この形状を反映して超格子表面でも[001]方向に強い異方性を持ったグレイン形状を観測した。STO(100),(110)上に人工超格子を作製することに成功したが、LFO をバッファ層として成長させた場合、各層を7層堆積させることが困難であることもわかった。

【第一原理計算】平面波近似、ハミルトニアンに局所密度近似汎関数およびスピン軌道相互作用にギャップエネルギーを付加した LSDA+U、疑似ポテンシャルを用いて第一原理計算をバルク LFO について行った。



部科枝名：理工学部

氏名：岩田 展幸

## 6 研究結果 (4,000字以上記入してください。)

1. 【ペッチーニ法による超高密度ターゲットの作製】 材料「A」として、 $\text{LaFeO}_3$ (LFO)、 $\text{BiFeO}_3$ (BFO)、 $\text{BiFe}_{0.9}\text{Mn}_{0.1}\text{O}_3$ (BFMO)、材料「B」として  $\text{CaFeO}_x$ (CFO)をペッチーニ法によって得た粉末を用いてターゲットを作製した。出発原料は、それぞれ、 $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{Mn}_2\text{O}_3$ 、 $\text{La}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Bi}_2\text{O}_3$ である。希硝酸や過酸化水素水等を用いて溶解し水溶液とし後に混合した。クエン酸を導入しキレート錯体を形成した後、エチレングリコールでポリマー体とした。この時、各原子が原子レベルで均一なネットワークを作製する。続けて  $450^\circ\text{C}$  程度まで昇温し、有機物および水分を蒸発させた。仮焼き後、本焼成を行った。LFO(95.5%)、BFO(95.2%)、BFMO(96.6%)、CFO(96.4%)の超高密度を達成した。

## 2. 【PLD法による酸化物人工超格子の作製】

2. 1 【単層膜】 STO(100)基板に直接成長した単層膜について簡略的に述べる。LFOは基板と面内で格子整合し Tetragonal で成長した。BFOは  $2\theta$ - $\theta$ 、RSM 測定結果から  $\langle 110 \rangle$  方向に傾いた monoclinic( $a=0.5489\text{ nm}$ ,  $b=0.5525\text{ nm}$ ,  $c=0.4071\text{ nm}$ , and  $\beta=89.03^\circ$ )であることがわかった。BFMOは結晶面が基板面から約  $2^\circ$  傾いた Orthorhombic、もしくは Rhombohedral であった。CFOは、面内[100]に基板格子整合し、[110]方向には整合しない双晶構造であった。また、初期3~4unitsは、 $\text{CaFeO}_3$ であったが、その後面直方向に周期性が2倍の  $\text{Ca}_2\text{Fe}_2\text{O}_5$  となって成長した。CMOは格子ミスマッチが大きいため、完全に格子緩和した CMO 薄膜が成長した。格子歪みは残留していたが表面はステップ-テラス構造を示した。LMOはブラッグピークが現れず結晶構造の同定は出来なかったが、ステップ-テラス構造を示したことから Tetragonal 成長していると予想している。特に LFO 薄膜においては、高速電子線回折(RHEED)の反射強度振動が成膜終了時(135units)まで観測でき、成膜速度のばらつきは3.98%と非常に均一であった。表面像はステップ-テラス構造を示し、RHEED 強度振動と併せて Layer-by-Layer 成長していることがわかった。ターゲット表面が成膜中常に平坦でアブレ-ションごとに等量の原料を基板に供給することができているためであると考えられる。上記 LFO の均一な成長速度を活かし、超格子作製用のキャリブレーションレイヤーとして利用した。通常、超格子作製時には、電子密度や表面状態が大きく変化するために、RHEED 反射強度振動を明瞭に観測し、1層ごとに異なった材料を堆積させることは非常に困難である。よって、超格子の各材料と LFO(7units)との2層膜を作製し、成長速度比をあらかじめ算出しておいた。超格子作製時には、7unitsのLFOを成膜し、その照射したパルス数から超格子各材料のパルス数を成長速度比から計算して超格子を作製した。速度比からすべての超格子は、各層7unitsを14回繰り返して作成した $[\text{CaBO}_3(\text{B}=\text{Fe}, \text{Mn})-7\text{units} / \text{REMO}_3(\text{RE}=\text{La}, \text{Bi}, \text{M}=\text{Fe}, \text{Fe}_{1-x}\text{Mn}_x)-7\text{units}] \times 14$ とした。

2. 2 【人工超格子作製】 STO(100)基板には材料「A」「B」すべての組み合わせである9種類の超格子、STO(110)基板には、[CFO/BFO]、[CFO/BFMO]、[CMO/BFO]、[CMO/BFO]の4種類の超格子を作製した。STO(100)基板上に作製した。

CFOシリーズ人工超格子の表面像はステップ-テラス構造を示し、RHEED像はストリークパターンとなった。2次元的に平坦な表面が得られたことを示している。CMOシリーズ超格子表面においては、直径数十  $\mu\text{m}$ 、高さ10~15nmの微粒子が付着していた。ただし、同時にステップ-テラス構造も確認した。RHEEDパターンはストリークとスポットの両者が現れ、2次元と3次元が混在していることを示唆し、表面形状と一致した結果となった。[LMO/LFO]超格子ではステップ-テラス構造が明瞭に確認できた。[LMO/BFO、BFMO]超格子でもステップ-テラス構造を確認できたものの、ファセット面が多く現れた。特に[LMO/BFMO]超格子では長周期と考えられるような長方形のグレインがステップ端に観測できた。RHEEDパターンからは、(10)、(00)、(-10)間に強度の弱い二つのストリークが観測され、長周期構造が存在していることを示していた。

LMOシリーズ超格子を除いたすべての人工超格子において、 $2\theta$ パターンにラウエ振動、超格子反射が現れ、超格子が形成されていることを確認した。ロックンクカーブの半値幅はCFOシリーズ超格子においては  $0.07^\circ$  以下、CMOシリーズ超格子においては  $0.1^\circ$  以下、LMOシリーズ超格子においては  $0.2^\circ$  以下と非常に結晶性が良いことがわかった。特に、[CFO/BFO]超格子では、 $-4 \sim +5$ の超格子反射が観測でき、CFOのユニット数も6.94と7層に対し0.84%の誤差で一致した。STO(003)、STO(103)、STO(113)周辺で取得した逆格子マップ(RSM)において、CFOシリーズ超格子は、面内格子間隔が基板と

部科校名：理工学部

氏名：岩田 展幸

一致し、歪みを受けながら成長していることがわかった。また、このマップ上でもラウエ振動と超格子反射が明瞭に確認できた。6種類のCMO、LMOシリーズ人工超格子のRSMは同様の結果を示した。CMOシリーズ超格子では、面内格子定数が0.382 nmと基板より2.18%小さい値を示した。すべての超格子においてCube-on-Cube成長していることを確認した。

[CFO/BFMO]超格子に関する磁性原子1個(BFMO層内 $\text{Fe}_{0.8}\text{Mn}_{0.2}$ )あたりの飽和磁化の温度依存性を測定した。この時、CFOはネール温度115Kの反強磁性体であるのでCFO層内のFeはカウントせず、膜厚を[CFO/BFMO]超格子のBFMOと等膜厚と仮定して計算した。弱強磁性が発現していることがわかった。飽和磁化は300Kで $0.055\mu_B$ 、10Kで $0.077\mu_B$ であった。バルク値と比較すると4~5倍の値であった。界面の $\text{Fe}^{3+}$ - $\text{Fe}^{4+}$ およびBFMO層内の $\text{Fe}^{3+}$ - $\text{Mn}^{3+}$ 間の強磁性的結合が起因していると考えている。[CFO/BFMO]人工超格子に関する飽和磁化の温度依存性に対して、強磁性キュリー温度 $T_C$ を450K、全角運動量 $J$ を5/2として、Brillouin関数を用いてフィッティングした結果、強磁性結合のエネルギーは室温(約450K)以上であることがわかった。

LMO、CMOシリーズ超格子のシート抵抗はいずれも半導体的挙動を示した。CFOシリーズ超格子の抵抗は装置の測定限界以上の高抵抗であった。CMOシリーズ超格子のシート抵抗が小さな値を示した。REMO(RE=La,Bi, M=Fe,  $\text{Fe}_{1-x}\text{Mn}_x$ )の違いより、LMO、CMOの違いによってシート抵抗の大きさが大きく依存した。i) REMOは絶縁体もしくは強誘電体であること、ii)単層膜と超格子のギャップエネルギーが同程度であること、iii) LMOシリーズ、CMOシリーズ超格子によってシート抵抗が大きく変化すること、iv) LMO、CMOは少量のキャリアドープで電気抵抗が大きく減少することを考慮すると、シート抵抗は主にLMO、CMOの抵抗温度依存を示していると考えて良い。また、ギャップエネルギー $E_g$ の変化は伝導するキャリアが強磁性領域にトラップされながら伝導するマグネティックポーラロン伝導に起因していると考えている。この温度は超格子の組み合わせに依存しており、その違いは、材料「A」の結晶対称性の良さ、界面の清浄性に起因していると考えている。

CMOシリーズ超格子のシート抵抗 $R_S$ 、ホール効果測定によりキャリア密度、移動度の温度変化を算出した。温度低下とともにキャリア密度、移動度共に減少した。特に $E_g$ が変化した温度では、キャリア密度が急激な減少を示した。[CMO/BFMO]超格子は約200K以下の温度から、ホール抵抗 $R_H$ は磁場に対して直線ではなく2次曲線を示した。約150K以下では、 $R_S$ 、 $R_H$ 共にヒステリシスを示した。 $R_H$ は磁場に対して対称的な2次曲線となった。この時、キャリア密度は極大値を示し急激に減少した。移動度はこの温度以下でほぼ一定の値を示した。[CMO/BFO]超格子においては、 $E_g$ が変化した温度以下で、 $R_S$ 、 $R_H$ 共にヒステリシスを示した。キャリア密度は急激に減少し、移動度はほぼ一定値を示した。異常ホール効果を観測し、室温で強磁性的磁化の存在を示唆する $R_S$ の結果を得た。超格子界面では $\text{Fe}^{3+}$ - $\text{Mn}^{4+}$ 間の強磁性的相互作用が原因で、CMO層の反強磁性および強磁性秩序が共存していると考えている。この強磁性的結合は温度低下とともに変化し低温で安定化することを示唆している。これが上記したマグネティックポーラロン伝導の原因である。

STO(110)基板上では、BFO、BFMO単相膜が[001]方向に強い異方性を持った短冊状のグレインが成長した。グレイン表面はユニットステップ、バンチングステップを示した。この形状を反映して超格子表面では、ステップ-テラス構造は確認できるものの[001]方向に強い異方性を持った針状のグレインを観測した。 $2\theta$ - $\theta$ 、RSM測定では薄膜に起因するピークは確認できたが、超格子反射のピーク強度は非常に小さく、超格子構造の形成が不十分であることを示唆する結果となった。一方、低角反射では膜全体と超格子形成を示唆する振動を観測した。STO(100),(110)上に人工超格子を作製することに成功したが、LFOをバッファ層として成長させた場合、各層を7層堆積させることが困難であることもわかった。

**3. 【第一原理計算】** 平面波近似、ハミルトニアンに局所密度近似汎関数およびスピン軌道相互作用にギャップエネルギーを付加したLSDA+U、疑似ポテンシャルを用いて第一原理計算をバルクLFOについて行った。Fe-3d軌道はフェルミ面に対して約5~11eV低エネルギー側に局在していることがわかった。

## 平成25年度 学術研究助成金〔総合研究〕実績報告書

平成26年4月16日

日本大学学長 殿

氏 名 鷲見 浩一



所属・資格 生産工学部・准教授

下記のとおり報告いたします。

1 研究課題		
多重災害対策による安全・安心なまちづくりに関する研究		
2 研究組織		
氏 名	所属部科校・資格	役割分担
○研究代表者名 鷲見 浩一	生産工学部 /准教授	研究全体
○研究分担者 落合 実	生産工学部 /教授	津波実態調査, 災害文化の定着, 避難対策の提案と災害対策の在り方(表-1 参照)
福田 敦	理工学部 /教授	津波実態調査, 避難対策の提案と災害対策の在り方(表-1 参照)
田中 將義	生産工学部 /教授	津波実態調査, 避難対策の提案と災害対策の在り方(表-1 参照)
小田 晃	生産工学部 /教授	津波実態調査, 避難対策の提案と災害対策の在り方(表-1 参照)
長谷川 正江	生物資源科学部/教授	災害文化の定着(表-1 参照)
後藤 浩	理工学部 /准教授	津波実態調査, 災害文化の定着, 避難対策の提案と災害対策の在り方(表-1 参照)
加納 陽輔	生産工学部 /助教	津波実態調査, 避難対策の提案と災害対策の在り方(表-1 参照)
朝香 智仁	生産工学部 /助教	津波実態調査, 災害文化の定着, 避難対策の提案と災害対策の在り方(表-1 参照)
山口 晋 合計 10 名	生産工学部 /助教	津波実態調査, 避難対策の提案と災害対策の在り方(表-1 参照)
3 本研究に関連して外部資金への申請状況, 獲得状況		
平成26年度 基盤研究(A) (一般) 津波災害発生時に住民が「自ら考えて避難する」ことを支援する防災教育の開発と展開, 研究代表者: 鷲見浩一, 不採択		
平成26年度 若手(B) (一般) 「水」を抽出溶媒とした環境調和型アスファルト抽出試験の開発と展開研究代表者: 加納陽輔, 採択		

※「6 研究結果」について, ホームページ等での公開 (☑・否) いずれかを○で囲んでください。  
否の場合は, 理由書を添付して下さい。

部科校名：生産工学部

氏名：鷺見浩一

## 4 研究目的

本研究課題が社会に果たす重要な役割は、「経験・体験が継承される災害文化の定着」を図ることにより、「効果的な災害対応・津波避難対策」を検討し、巨大な自然災害から海岸背後に集中している尊い人命やその資産を防護することにある。

東日本大震災では津波災害が甚大であった。巨大津波に際しては、ハード対策の限界を補うソフト対策の重要性が明白となり、巨大災害に対する安全性の向上に配慮したハード対策とソフト対策の連携的な整備が急務とされている。このような背景を鑑みて、本研究課題は、経験・体験が継承される災害文化を沿岸中小都市に定着させ、効果的な津波避難対策を展開するソフト災害対策の充実を図るものである。本研究課題におけるソフト災害対策とは、住民が主体的に災害体験に向き合うことで、正常性バイアスの増幅を制御し、自助・共助により安全を確保するという考え方に基づいた災害教訓伝承モデルの立案と展開、ならびに住民アンケートに基づいた効果的な津波避難対策の構築を示す。したがって、本研究課題の遂行は、既存のハード対策との連携を図ることによって、ハードとソフトを組み合わせた多重防災機能を持つ災害に強い地区の構築に寄与するものとなる。

本研究課題は東日本大震災の巨大津波災害において、津波を対象とした水理実験と数値計算、ならびに津波の実態調査を実施して「何がおこったのか」を解明し、これらの結果により「経験・体験が継承される災害文化の定着」を検討し、その後「効果的な災害対応・津波避難対策」を考究するものである。すなわち、以下の 1) と 2) を解明し、3) と 4) を提案・構築する。

## i) 東北地方太平洋沖地震における津波の実態調査

1) 巨大津波による被災メカニズムは、津波が造波可能な鉛直 2 次元造波水槽を使用した水理実験と気液二相流の 3 次元数値計算、ならびに現地調査により明らかにする。そして、2) 巨大津波に対して機能を発揮した社会基盤施設の減災効果を検証する。気液二相流の数値計算では津波来襲前に強風が発生したという証言もあることから、煽り風についても検討する。これらの成果を反映させて次に示す ii) と iii) の研究を遂行する。

## ii) 経験・体験が継承される災害文化の定着

国・都道府県などの公からの災害支援が機能しない時間的・空間的な状況下において、住民が災害教訓伝承などの取り組みにより災害体験に向き合い、自主・自立的に自身の安全を確保する新たな概念を導入して、災害からの安全を維持する機能を持つ施設や体制を整備する必要がある。したがって、住民が災害体験と向き合い、今後の災害に備えるソフト的な災害対策に基づいて、3) 地域全体としての災害教訓伝承に対する取り組みを推進することが重要となる。

## iii) 効果的な津波避難対策の提案

津波が来襲する場合には、平野部において浸水領域が海岸線から岸側 5km の広範囲に達する場合もあることから、要介護者や児童が時間的・精神的に余裕を持ちながら避難を可能とする対策を検討しなければならない。すなわち、4) 避難施設へ容易に避難することを支援する防災教育を開発する。

上記の 1)～3) については、平成 24 年度の実績報告書にて詳述している。したがって、本実績報告書では 4) 的を絞って報告する。

## 5 研究概要

巨大災害発生時に人命被害を最小とする災害に強いまちづくりを可能にするためには、既存の津波防波堤・防潮堤などのハード対策の東日本大震災における減災への効果を検証し、その結果に基づいて、「効果的な災害対応・津波避難対策」と「経験・体験が継承される災害文化の定着」のソフト対策を考究し、ハードとソフトを総合的に考慮して「複数の震災が連続して発生する場合の中小都市の防災の在り方」を提案しなければならない。そこで、H24 年度は現地観測と実験、ならびに数値計算により、研究目的で述べた 1)～2) を解明し、3) を開発・提案することに主眼を置いて、研究を実施した。さらに、H25 年度は H24 年度の研究成果に基づいて 4) を考究する。活動計画を表-1 に具体的な研究方法を i)～iii) に示す。

表-1 平成 24・25 年度の活動計画

検討課題	H24 年度	H25 年度	事項	主な担当者
i)津波の実態調査	調査・実験・計算		1)～2)	鷺見・落合・福田・田中・小田・後藤・加納・朝香・山口
ii)災害文化の定着	調査・分析・提案	調査・分析・提案	3)	鷺見・落合・長谷川・後藤・朝香
iii)津波避難対策の提案と災害対策の在り方		調査・分析・創出	4)	鷺見・落合・福田・田中・小田・後藤・加納・朝香・山口

部科校名：生産工学部

氏名：鷺見浩一

## 6 研究結果 (4,000 字以上記入してください。)

## 1 はじめに

東北地方太平洋沖地震では、甚大な津波被害が発生し、巨大津波の来襲に対しては、ハード対策の限界を補うソフト対策の構築とその展開の重要性が明らかとなった。防災計画においては、津波災害の体験と経験を経て、従来の社会基盤の配備に基づいたハード対策に加えて、種々の立場における個人の主体的な防災活動を支援する防災教育体制の構築といったソフト対策の整備が望まれている。

近い将来に発生が懸念されている 3 連動地震津波や竜巻、ならびにゲリラ豪雨などは、短時間で甚大な被害をもたらす、個人に瞬時の判断を要求し、その判断が生命の維持に大きく影響する災害である。

したがって、災害対応活動が機能しない時間的・空間的な状況下において、学習者が「災害対応力」を獲得することを支援する教育プログラムの構築と展開が極めて重要となる。

H25 年度における本研究課題では、4) 避難施設へ容易に避難することを支援する防災教育の開発をするために、H24 年度の研究成果である地方公共団体の防災課・危機管理課を対象に実施したアンケート結果に基づいて、「災害対応力」の育成について検討した。

## 2 研究の内容

H24 年度に実施した市町村の防災課・危機管理課を対象に実施したアンケートの概要を示す。本研究課題では、国交省・気象庁・消防庁・大学などが地方公共団体と住民を対象として行った既往の 21 の防災に関わるアンケートについて、設問項目の特性について調査し、アンケートを立案した。アンケートは質問紙形式として、2012 年 12 月～2013 年 1 月に調査した。また、アンケート分析の信頼性を向上させるために、対象とした市町村を外房・内房・内陸・茨城県沿岸の 4 地域、浸水地域と非浸水地域に分類し、市町村の防災対策・意識を地理条件と浸水条件により検討した。アンケートの回収率は、地理条件では外房が 73%、内房が 75%、内陸が 44%、茨城県沿岸が 83%であり、浸水条件では浸水地域が 76%、非浸水地域 75%であった。

災害対応力を涵養する防災教育では、津波災害直後の東北地方整備局と相馬市建設部の初動対応、仙台空港の復旧の 3 つのケースメソッド教材から、災害対応に関連する課題を達成する際に重要であった知識・能力について調査し、課題解決の過程に沿って能力要素を整理した。

## 3 研究の結論

## 3.1 市町村を対象とした防災アンケート

調査地域での人的被害は、太平洋側に位置する外房と茨城県沿岸が、内房や内陸よりも多い一方で、建物被害は住宅が比較的密集し液状化が顕著であった内房が、外房よりも多数であった。また、津波発生時の職員の参集基準の有無は、海岸線を有するすべての市町村で基準が、規定されていた。津波来襲時に初動体制の「あまり機能しなかった」の回答割合は、被害が大きな地域ほど高い傾向にあった。

H25 年の千葉県各市町村では、避難勧告・指示の発令基準と発令プロセスの有無について、地域間において有意な差違が存在していた。すなわち、人的被害が大きい外房では「規定が有る」とした市町村の割合は 4 割 5 分であり、人的被害が少数であった内房の約 8 割と比較して少なかった。被害が他地域と比較して小規模であった内陸では「規定が有る」とした市町村の割合は約 2 割であった。また、津波知識の学校教育の実施についても、同様に地域的な相違があり、地域間の防災対策の水準と準備の差違を是正する必要性が明らかとなった。

各市町村が避難勧告・指示の発令を決めかねる主要な要因は、「発令の必要性に確信がなかった」、「空振りした際の住民の反応を危惧した」であり、両者をあわせた回答割合は外房で 6 割、内房で 8 割であった。これより、災害対応の判断が困難な状況が存在し、学習者の防災教育による災害対応力の育成の重要性が判明したことから、次節に災害対応力の育成について詳述する。

部科校名：生産工学部

氏名：鷺見浩一

## 研究結果 (つづき)

## 3.2 「災害対応力」についての提案

3 連動地震・首都圏直下型地震などの巨大災害への備えのために「災害対応力」を育成することは防災・減災対策の実施と同様に重要な課題である。また、その育成手法としては、学習者が主体的となるケースメソッド手法が有用であると考えられる。ケースメソッドは、主に経営能力の育成に活用される教育方法であり、経営力は「専門知識」と「統合力・洞察力・戦略力など」から構成され、経営力の向上にはケースメソッドが有効であるとされている。

本研究課題が涵養を図る「災害対応力」は、災害発生後の防災活動・整備が機能していない時間的・空間的な状況下において、災害対応に関わる課題に対して、資源を有効的に活用し、早急に円滑な災害対応活動を実行するにあたって、極めて重要な「力」である。災害発生直後の困難な状況下において、災害対応に関わる課題を達成するには、主として個人が土木工学に関わる「専門的知識」と体験・経験に基づく「能力」の双方を十分に駆使・総合しながら、他者との協働により解決策を見出し、さらに実行することが必要となる。

そこで、本研究課題では「災害対応力」として、以下のような提案をする。

「災害対応力」=災害についての「専門的知識」×体験・経験に基づく「能力」

上記のように、「災害対応力」が「専門的知識」と「能力」から成るとすると、「専門的知識」と「能力」の育成に的を絞ったケースメソッドを用いた教育プログラムの構築と展開が、「災害対応マネジメント力」の涵養に寄与すると推測できる。

## 3.3 「災害対応力」における各能力

「災害対応力」は、「専門的知識」と「能力」から成るとする。

日本技術者教育認定機構(JABEE)が加盟する Washington Accord を含有するエンジニアリング教育認定の3協定は、高等教育機関における教育の質保証・国際的同等性の確保と、専門職資格の質の確保・国際流動化は技術者の質保証の観点から重要であるという認識のもと、International Engineering Alliance (IEA)において、教育や専門職資格同等性確保について検討し、2009年に Graduate Attributes(GA) and Professional Competency Profiles (PC)の第2版が翻訳されている<sup>1)</sup>。以下に Graduate Attributes(GA) and Professional Competency Profiles (PC)のからの引用を示す。

## GA：卒業生としての知識・能力

GAは、認定プログラムの卒業生に期待される知識・能力の模範である。GAは、期待される知識・能力の明瞭で簡潔な記述であり、必要に応じて、それぞれの種類のプログラムに適した難度を表す一般的記述で修飾されている。

## PC：専門職としての知識・能力

PCは、GAとほぼ同様の内容の知識・能力の要素を用いて規定することができるが、力点のおき方が異なる。例えば、専門職レベルでは、実際の仕事の場面で責任を取る能力が不可欠の要素といえる。PCは、GAとは異なり、個別に達成度を示すことのできる一連の知識・能力の組み合わせにとどまらない。PCは、包括的にアセスメントしなければならないものである。

災害対応に関わる課題を達成するプロセスを考慮しつつ、2013年土木学会研究討論会における「東北地方整備局の初動対応」と「相馬市の初動対応」、ならびに「仙台空港ターミナルビルの復旧」の3つのケースメソッド事例に基づいて設定した「災害対応力マネジメント力」の能力を以下の1)~9)に示す。

○「災害対応力マネジメント力」の体験・経験に基づく「能力」

- 1) 断片的な情報を収集・分析する力
- 2) 分析した情報を課題解決に向けて体系化する力
- 3) 俯瞰的に情報や知識を駆使・総合して、論理的思考に基づいて自ら複数の解決策を創出できる力

注：必要に応じて、このページをご使用ください。

部科校名：生産工学部

氏名：鷺見浩一

## 研究結果 (つづき)

表-1 能力と IEA の PC のプロフィールとの関係

「能力」	PC のプロフィール
1) 断片的な情報を収集・分析する力	1 普遍的知識を理解し応用する 3 問題分析
2) 分析した情報を課題解決に向けて体系化する力	1 普遍的知識を理解し応用する 3 問題分析
3) 俯瞰的に情報や知識を駆使・総合して、論理的思考に基づいて自ら複数の解決策を創出できる力	1 普遍的知識を理解し応用する 2 特定の国又は地域に関する知識を理解し応用する 3 問題分析 4 解決策のデザインと開発
4) 直面している課題に対して、倫理・制約条件を考慮して客観的に解決策を決定する力	5 評価 7 法と規則 8 倫理
5) 課題解決へ向けて活動をマネジメントする力	9 エンジニアリング活動のマネジメント
6) 構想した事項を集団(チーム)に説明し賛同を得る力	10 コミュニケーション
7) 課題達成のために自らを律し継続的に協働し達成する力	11 継続研鑽
8) 慣習・規則にとらわれず状況に応じて、自らの考え・行動を適正化できる力	12 判断
9) 責任の所在を判断し、自らの考え・行動を決定できる力	13 決定に対する責任

- 4) 直面している課題に対して、倫理・制約条件を考慮して客観的に解決策を決定する力
- 5) 課題解決へ向けて活動をマネジメントする力
- 6) 構想した事項を集団(チーム)に説明し賛同を得る力
- 7) 課題達成のために自らを律し継続的に協働し達成する力
- 8) 慣習・規則にとらわれず状況に応じて、自らの考え・行動を適正化できる力
- 9) 責任の所在を判断し、自らの考え・行動を決定できる力

Washington Accord に加盟している JABEE は、2019 年度までに GA を模範として認定基準の改定が義務づけられている。このように、GA と PA は高等教育機関における国際的な知識・能力を保証するための模範であることから、1)~9)にわたる「災害対応力」の体験・経験に基づく各「能力」と PC のプロフィールの関係を表-1 に示し、「災害対応力」の妥当性を検討する。

GA には情報収集力についての記載はないが、都市防災学<sup>2)</sup>では、地域防災において求められる能力に情報収集伝達力を挙げている。また、社会人基礎力育成事業においても情報収集は教育活動として位置づけられている。

災害対応力は、土木工学や防災工学などに基づく専門的知識を基礎として、災害対応に関わる課題に対応する各能力を組合せながら発揮することによって、解決策を創出する活動をマネジメントし、他者に活動を説明し、責任の所在を確認しながら課題を達成するための「力」である。

注：必要に応じて、このページをご使用ください。

部科校名：生産工学部

氏名：鷺見浩一

## 研究結果（つづき）

表-2 災害対応力の「能力」と各ケースの関係

災害対応力の能力	各ケース		
	東北地方整備局の初動対応	相馬市の初動対応	仙台空港ターミナルビルの復旧
1) 断片的な情報を収集・分析する力	◎	○	◎
2) 分析した情報を課題解決に向けて体系化する力	○	○	◎
3) 俯瞰的に情報や知識を駆使・総合して、論理的思考に基づいて自ら複数の解決策を創出できる力	◎	○	○
4) 直面している課題に対して、倫理・制約条件を考慮して客観的に解決策を決断する力	○	○	◎
5) 課題解決へ向けて活動をマネジメントする力	◎	◎	◎
6) 構想した事項を集団(チーム)に説明し賛同を得る力	◎	◎	◎
7) 課題達成のために自らを律し継続的に協働し達成する力	◎	◎	◎
8) 慣習・規則にとらわれず状況に応じて、自らの考え・行動を適正化できる力	◎	○	○
9) 責任の所在を判断し、自らの考え・行動を決定できる力	◎	◎	○

(◎：強い関連有，○：関連有)

表-2に1)～9)の「災害対応力」の各能力と「東北地方整備局の初動対応」と「相馬市の初動対応」，ならびに「仙台空港ターミナルビルの復旧」の3つのケースメソッドの関係を示す。

災害社会学入門<sup>3)</sup>では、1990年代から災害研究において、地域の脆弱性についての研究数が増加したと報告されている。脆弱性を促進させる原因に着目することにより災害による影響を軽減させ、軽減のための糸口として復元＝回復力の概念が考えられたとされている。また、復元＝回復力の概念は、地域や集団の内部に蓄積された結束力やコミュニケーション能力、問題解決能力などに目をむけていくための概念装置であるとも指摘している。これは、回復力概念とは脆弱性概念と一対であり、回復力による問題解決は、自然災害により拡大された脆弱性を軽減するために有用であることを示している。表-3に回復する力と1)～9)の「災害対応力」の関係を示す。

表-3 災害対応力の「能力」と回復する力

災害対応力の能力	備える力	回復する力
1) 断片的な情報を収集・分析する力	◎	◎
2) 分析した情報を課題解決に向けて体系化する力	◎	◎
3) 俯瞰的に情報や知識を駆使・総合して、論理的思考に基づいて自ら複数の解決策を創出できる力	○	○
4) 直面している課題に対して、倫理・制約条件を考慮して客観的に解決策を決断する力	○	◎
5) 課題解決へ向けて活動をマネジメントする力	○	◎
6) 構想した事項を集団(チーム)に説明し賛同を得る力	○	◎
7) 課題達成のために自らを律し継続的に協働し達成する力	○	◎
8) 慣習・規則にとらわれず状況に応じて、自らの考え・行動を適正化できる力	○	◎
9) 責任の所在を判断し、自らの考え・行動を決定できる力	○	◎

(◎：強い関連有，○：関連有)

注：必要に応じて、このページをご使用ください。



部科校名：生産工学部

氏名：鷺見浩一

研究結果 (つづき)

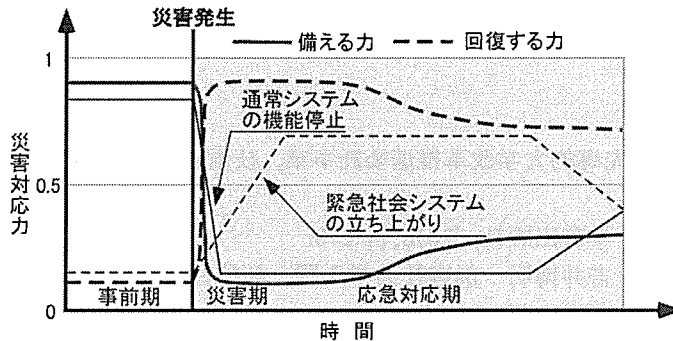


図-1 災害対応力の時間的変化

表-4 災害対応力と能力要素

災害対応力の能力	能力要素
1) 断片的な情報を収集・分析する力	情報収集力, 分析力
2) 分析した情報を課題解決に向けて体系化する力	課題発見力
3) 俯瞰的に情報や知識を駆使・総合して, 論理的思考に基づいて自ら複数の解決策を創出できる力	思考力, 総合力, 創造力
4) 直面している課題に対して, 倫理・制約条件を考慮して客観的に解決策を決断する力	計画的実行力, 決断力, 検証力
5) 課題解決へ向けて活動をマネジメントする力	調整力
6) 構想した事項を集団(チーム)に説明し賛同を得る力	提案力, 議論力
7) 課題達成のために自らを律し継続的に協働し達成する力	バランス力, 傾聴力, 協働
8) 慣習・規則にとらわれず状況に応じて, 自らの考え・行動を適正化できる力	主体性, 実行力, 倫理, 判断力
9) 責任の所在を判断し, 自らの考え・行動を決定できる力	率先力, 決定力, 役割認識力, 責任感

災害情報と社会心理<sup>4)</sup>では、災害による通常システムの機能低下を補うための緊急社会システムの稼働について概念が示してある。災害直後に緊急社会システムの機能を発揮するためには、災害対応に関わる各課題に対しての解決策の実行が必要となる。したがって、災害発生時に結束力やコミュニケーション能力、問題解決能力を含有する復元＝回復力により、課題を達成し緊急社会システムを構築していくことから、復元＝回復力と緊急社会システムの時間変化に伴う過程は、位相差が存在するものの相似形であると考えられ、「災害から回復する力」は図-1に示すようになる。また、災害情報と社会心理<sup>4)</sup>では、通常社会システムは、通常レベルから災害発生に伴い急速に低下し、応急対応期を経て通常レベルの機能に復帰することが示してある。これは、災害に備える力の時間的変化と相似していると考えられる。すなわち、災害に備える避難訓練・DIGなどの防災教育は、種々の機関・組織が主体となって、災害前にある一定レベルで実施しているが、災害発生後は備えのレベルは低下し、復興期以降に通常レベルに復帰する 경우가多数となるからである。

ケースメソッドを活用した防災教育により、i) 災害発生直後からの初動活動における規則・規定を超える行動と決断、ii) 復旧活動での課題達成へ向けての解決策創出と組織・個人の連携・協働などを疑似体験により学習することができる。その学習効果は、災害時における自身の行動規範の熟慮に帰結することから、正常性バイアスの増幅を制御し「自ら考えて行動する」ことを支援するものとなる。表-4には災害対応力の各能力と能力要素の関係を示す。「災害対応力」の体験・経験に基づく各「能力」は、学習者が災害発生後の状況下において、災害対応に関わる課題に対する解決策を制約条件を考慮して創出し、コミュニケーションを図りながら課題を達成するという疑似体験の各プロセスにおける能力獲得を意図して、前述の1)～9)のように設定した。

注：必要に応じて、このページをご使用ください。

部科校名：生産工学部

氏名：鷺見浩一

## 研究結果（つづき）

また、災害時の臨機の行動と責任所在を示す 8)と 9)は、高度に深化を重ねた幅広い知識と十分な経験を根底として、慣習・規則にとらわれず瞬時に最適解を決定することが要求される「災害対応力」に独自の「力」である。

## 【参考文献】

- 1) 文部科学省 平成 22, 23 年度 先導的の大学改革推進委託事業, 技術者教育に関する分野別到達目標の設定に関する調査研究, pp.292.
- 2) 梶秀樹, 堀越巧: 都市防災学, 学芸出版社, 2013, pp.278.
- 3) 大矢根淳, 浦野正樹, 田中淳, 吉井博明: 災害社会学入門, 弘分社, 2007, pp.279.
- 4) 廣井脩: 災害情報と社会心理, 北樹出版, 2007, pp.177.

## 平成25年度 学術研究助成金〔総合研究〕実績報告書

平成26年5月9日

日本大学学長

氏名 長林久夫



所属・資格 土木工学科・教授

下記のとおり報告いたします。

1 研究課題 河川・湖沼における放射性物質による魚類・飲料水に関する環境リスク評価		
2 研究組織		
氏名	所属部科校・資格	役割分担
○研究代表者名 長林久夫	工学部・教授	総括, 放射性物質の水域に及ぼす面源負荷評価
○研究分担者 古河幸雄	工学部・教授	底質の組成と含有放射性物質の関係評価
平山和雄	工学部・教授	放射線物質の微量金属への吸着特性の検討
中野和典	工学部・准教授	放射線物質の存在形態と水域負荷の把握
高井則之	生物資源科学部・准教授	食物連鎖による放射線核種の魚類への濃縮過程の検討
合計 5名		
3 本研究に関連して外部資金への申請状況, 獲得状況		
長林久夫:平成26年度(2014年度)基盤研究(B)(一般)低線量地域の湖沼流域における放射性物質の負荷と魚類に及ぼす長期的影響の評価, 19,019千円 (否)		

※「6 研究結果」について, ホームページ等での公開(可・否) いずれかを○で囲んでください。  
否の場合は, 理由書を添付して下さい。

部科校名：工学部	氏名：長林 久夫
----------	----------

4 研究目的

河川、湖沼における放射能汚染は降雨に伴う流域からの堆積物を含む土砂の流出に強く依存しており、長期間にわたり持続することになる。また、河川、湖沼、ダム湖等の水域における水中放射線量は検出限界以下となつているが、底質の放射線量は増加傾向を示す地点が多く存在することが農林水産省および環境省の水域モニタリングデータより明らかである。これは検出限界値以下とはいえ、陸上からの微量の放射性物質の流入が継続し、河川や湖沼がそのシンクとなっていることを示唆している。さらに、低線量地域の河川流域のイワナ、ウグイなどの内水面魚種からも基準値を超える放射線量が検出されており、釣等による採捕が禁止されているために、内水面漁業の被害は甚大である。広大な山地面積を有する福島県では、山林を含む全域の除染は困難とされ、流域に沈積した放射性物質は降雨流出による長期的な汚染をもたらすことになり、湖沼、ダム流域への放射性物質の集積過程と生物相への長期的汚染の機構解明については今後の検討を必要としている。これらのことより、河川流域における放射性物質の動態と湖沼への放射性物質の蓄積、放射線核種のプランクトンから魚類に至る高次生物への移行過程を調べることは、流域の放射線性物質の動態解明に向けての基礎的かつ重要な検討課題であるとともに、早急に取り組むべき喫緊の課題である。

本研究は低線量地域の河川・湖沼流域における放射性物質による魚類・飲料水に関する環境リスク評価を行い、放射線による環境影響の現状把握と低減予測を行うことを目的とする。研究対象をイワナ、ウグイに基準値を超えた放射線量が検出されている檜原湖流域と郡山市の水道水源となっている三春ダム流域として、湖沼、ダム湖への放射線物質の蓄積過程と水道水への放射線リスク評価、魚類への放射線核種の移行過程に関する研究を分担者間で知見を共有して実施する。さらに、福島県に位置する工学部を拠点として研究者が集い情報を集約する放射性物質の環境動態に関する研究拠点を形成することも目的とする。

5 研究概要

平成 25 年度の研究項目と研究者間の関係を表-1 に示す。研究は低線量地域の湖沼における放射物質の魚類への長期的影響に関する調査分析と水道水源のダム湖における飲料水への放射線リスク評価の検討、魚類への放射線影響評価の研究の 3 テーマで構成している。調査フィールドをイワナ、ヤマメが基準値を超える放射線量が検出されている檜原湖流域と郡山市の水道水源である三春ダム流域を対象とした。研究展開を図-1 に示す概念図のように構成した。流域における放射性物質の動態把握のために、流域堆積物及び河川堆積物、湖の懸濁物質及び底質の放射性物質の測定と輸送機構の検討（長林、古河）、検出下限値以下の湖沼水や河川水の放射性物質の濃縮による検出と負荷の把握の検討（中野）、湖沼・ダム湖の水溫構造による物理的、化学的環境と放射性物質の負荷特性の検討（中野、長林、手塚、平山）、含有される放射性物資と微量金属及び各種元素との結合の検討（平山、柳原、手塚）、ワカサギ等の魚類の生息環境や給餌行動と放射性物質の分布との関係の検討（河合、富谷、原、長谷川）、炭素・窒素安定同位体 ( $^{13}C$ ・ $^{15}N$ ) の生物濃縮を利用した食物網の解析による放射性物質の動態の検討（高井、河合、富谷）で構成する研究を展開した。現地計測は研究者間の連携をもとに福島県檜原漁協及び国土交通省三春ダム管理事務所の協力を得て実施した。成果は関係学会で発表するとともに、平成 25 年 6 月と平成 26 年 2 月に日本大学工学部において公開の研究集会を開催して成果の公表とした。

表-1 研究項目と分担

分類	研究項目	担当者
調査検討	流入河川及び湖沼の水理条件と水溫構造に依存する土砂と水の放射性物質特性の評価	中野、長林
	閉鎖性水域への放射線核種の蓄積過程	長林、古河、手塚
	閉鎖性水域における水溫構造とワカサギ等の行動特性の検討	河合、高井、富谷
	イワナ、ヤマメ、ウグイの行動特性と放射線環境調査	河合
	海産生物への放射線核種の移行過程の検討	原、長谷川
解析	流域における放射線核種の面源負荷の算定	長林、古河
	河川・湖沼の底質組成と放射線核種の線量評価	古河
	河川・湖沼水に含有される微量放射性物質の評価	中野
	河川水及び底質の主要元素と放射線核種の吸着特性の検討	平山
	量子化学分子動力学計算による放射線核種の吸着特性検討	柳原
	食物連鎖による放射線核種の魚類への濃縮過程の検討	高井
研究拠点	放射線核種の水域動態解析	長林、手塚
	データ収集管理	長林、中野、研究員
	ホームページ構築	
	研究会・シンポジウム開催	

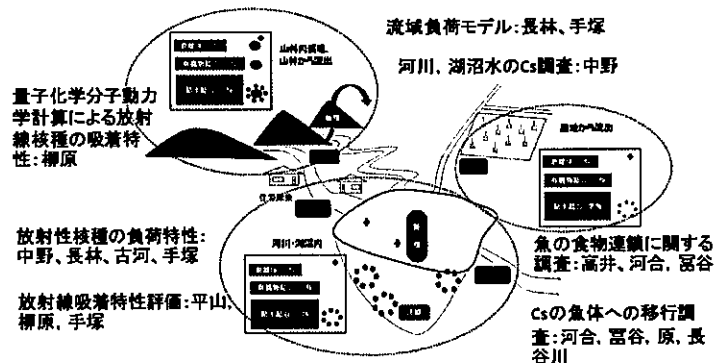


図-1 研究展開の概念図

部科校名：工学部

氏名：長林 久夫

6 研究結果 (4,000字以上記入してください。)

1. 檜原湖流域における放射性物質の動態観測

檜原湖流域の調査測定地点概略図を図-2に示す。観測は河口部における河岸堆積物の採取，河川水と底質の採取，湖内4点の水質，濁質構造と底質調査で構成している。長林，古河，中野，手塚は流域から河川を通じ湖内へと流下し，堆積する放射性物質の負荷の検討を行った。河口部の底質の放射性セシウム(Cs)濃度を図-3に示す。平成24年は大早稲沢川や会津川で放射性Cs濃度が高く，北部の湖底(No.1)の底質と同程度であったが，平成25年は前年に比べて大きく減少し，最大値で500Bq/kg程度までに低下した。河口堆積物の75 $\mu$ m以下の分級粒度からは500~2000Bq/kgが計測されており，湖底質と同程度のCs濃度であり，微細粒子に吸着するCsの湖底への負荷源となる。図-4は湖底の底質の放射性Cs濃度であり，原粒径は250 $\mu$ m以下であり，500~2500Bq/kgの濃度であった。また，75 $\mu$ m，35 $\mu$ mに分級した粒径もほぼ同程度の濃度であり，場所や季節によって変化する。底質のCs濃度が高い地点は流出部の檜原川に近いNo.3であり，流れの集積による濃縮が示唆される。底質測定点には2Lのペットボトルを組み合わせた4Lの沈降物質の捕集器(セジメントトラップ)を湖底から5mと10mに設置して，湖内沈降物質の発生量とその放射性Cs濃度を計測した。沈降物質のフラックスは0.07~0.7mg/m<sup>2</sup>/day程度であり，濃度は図-5に示すように500~2000Bq/kgで底質と同程度であった。また，水温成層が発達する8月から10月の沈降物質のCs濃度が高いことから，水温躍層下部に放射性物質が滞留することが示された。これらのことから，降雨流出に伴う流域からの微細粒子が湖への放射性物質の負荷源となり，温度構造にともなう濁質の挙動と魚類等の生息環境との関連を研究することが必要となる。

中野は河川水，湖沼水に含有され放射性Csの観測を行った。低線量の放射性Csを測定するため図-6のラドディスクパック(住友スリーエム(株))を使用して約2Lのサンプル水に含まれる放射性Csを固相抽出し，ディスクに捕捉し，放射性Cs濃度をゲルマニウム半導体検出器によって定量した。測定時間は720分とした。2012年10月22日及び2013年6月9日の檜原湖及び8ヶ所の流入河川を調査対象とした。2012年10月では，図-7の8河川中3河川において定量可能レベルの放射性Csが検出された。特に長井川の放射性Cs濃度が高く3.76Bq/Lであった。これに対し2013年6月では，定量可能レベルの

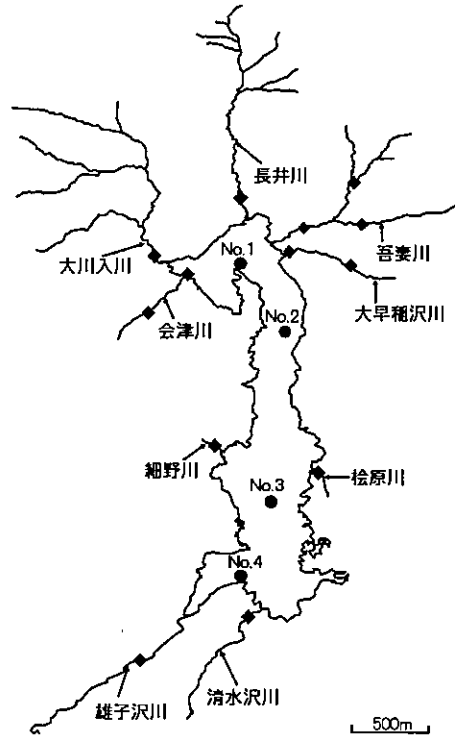


図-2 檜原湖流域測定地点概略図

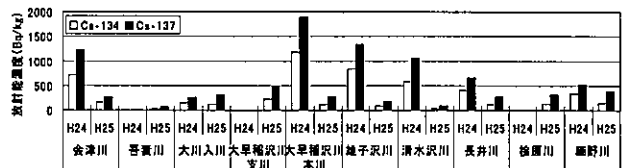


図-3 檜原湖周辺河川底質の放射性Cs濃度

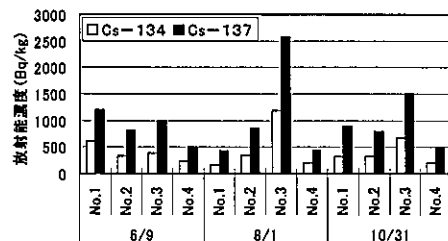


図-4 檜原湖底質の放射性Cs濃度 (H25)

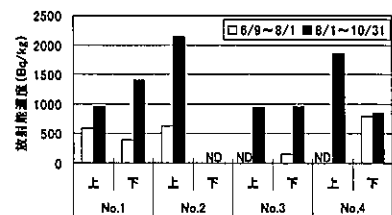


図-5 檜原湖沈降物質の放射性Cs濃度 (H25)

部科校名：工学部  
氏名：長林 久夫

放射性 Cs が検出されたのは、8 河川中 1 河川のみであった。唯一定量可能であった細野川の放射性 Cs 濃度は 0.065Bq/L であった。2012 年と 2013 年を比較すると、2012 年に最も高い数値であった長井川の放射性 Cs 濃度は、2013 年には定量限界 (0.055Bq/L) 未満に減少し、細野川では 10 分の 1 以下に放射性 Cs 濃度は減少していた。図-8 に檜原湖最深部 (No. 2) の湖水の放射性 Cs の比較を示す。2012 年 10 月は、4m から 13m 付近に成層があり、2013 年 6 月も 6m から 12m 付近に成層がある。10 月の放射性 Cs の濃度分布は、表層 (0m) で 0.043Bq/L、中層 (10m) で 0.051Bq/L で、放射性 Cs 濃度が流入部の表層と同レベルであったのに対し、下層 (14m) では 1.767Bq/L と高い濃度が検出されおり、底層は成層により表層及び中層から隔離されている。これに対し 2013 年 6 月の放射性 Cs 濃度は表層 (0m)、中層 (8m) 及び下層 (28m) とともに定量限界未満であった。表層と中層の放射性 Cs 濃度の減少は、10 月から 6 月の間に成層が破壊して希釈されたことと、流入部からの放射性 Cs の負荷が少なくなってきたことが要因としてあげられる。本手法はこれまで検出下限値以下であった河川水や湖沼水に含有される放射性物質を計測可能であることを示すとともに、水域における放射性物質の負荷機構を検討する上の大きな援助となる。

2. 三春ダム流域における放射性物質の動態観測

三春ダム流域の概要図と流域における放射性 Cs 濃度の分布図を図-9 に示す。三春ダム流域は流域面積 226.4k m<sup>2</sup> で大滝根川、桧山川、牧野川などの支川が流入している。三春ダム湖は総貯水容量 42,800 千 m<sup>3</sup> の多目的ダムで、郡山市の水道水源ともなっている。長林、古河、中野、手塚、平山は 2013 年 11 月 4 日に流域 15 地点を選定し、河川の河岸堆積物 (-15cm 下層) と森林内堆積物を採取し放射性 Cs 濃度と粒度、主要元素を測定した。湖内観測は大滝根川流入部からダムサイトまでの 3 点と蛇石地点 1 点、前貯水池 2 点の全 6 地点とした。6 月 28 日、8 月 30 日、9 月 26 日、11 月 14 日の計 4 回調査実施した。河岸堆積物の Cs-137 濃度は、大滝根川の上流部は 600~1730Bq/kg、下流部で 100~700Bq/kg で、

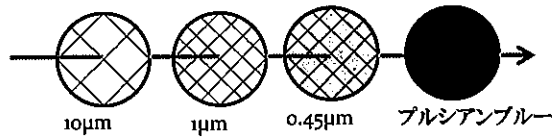


図-6 放射線濃縮ディスクフィルター模式図

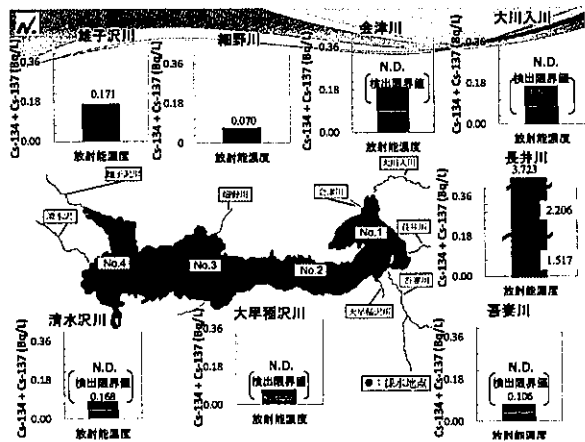


図-7 流入河川水中に含有される放射性 Cs 濃度

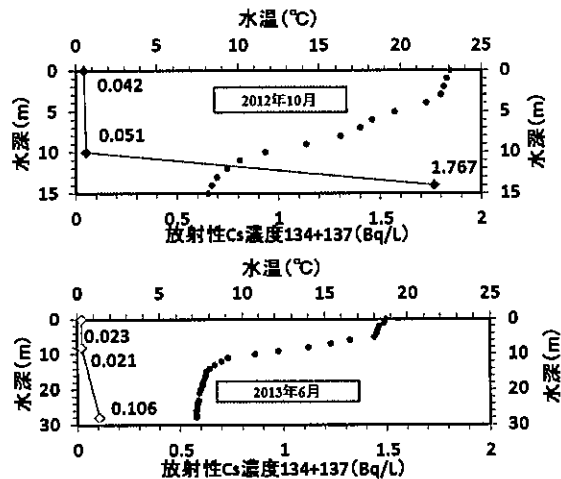


図-8 檜原湖最深部 (No. 2) の湖水の放射性 Cs 比較  
◆Cs 測定値, ◇Cs 測定限界値以下, ●水温

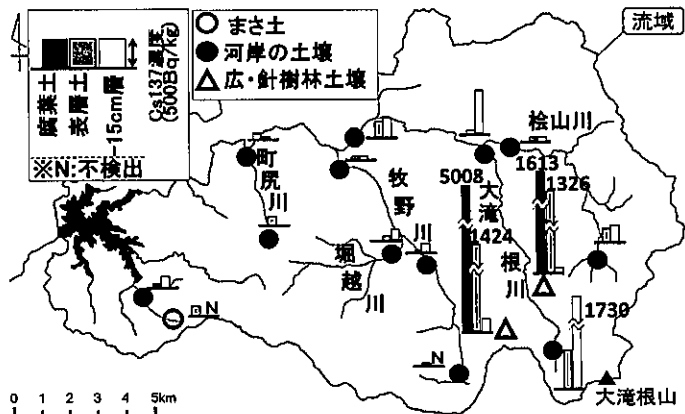


図-9 三春ダム流域概要図及び流域放射性 Cs 濃度

部科校名：工学部

氏名：長林 久夫

桧山川の上流部は 200~270Bq/kg, 下流部で 50Bq/kg である。牧野川の上流部は不検出~20Bq/kg, 堀越川と牧野川の合流地点前では 30~130Bq/kg, 下流部では不検出~30Bq/kg, 堀越川の下流部では 70~160Bq/kg, 町尻川の上流部では 150Bq/kg, 下流部では 80~160 Bq/kg となっており, 流下方向への Cs-137 濃度の減少傾向が確認された。大滝根川上流域の森林内堆積物では, 針葉樹林の堆積葉は 5000Bq/kg, 表層土は 1400Bq/kg であり, 広葉樹林の堆積葉は 1600Bq/kg, 表層土は 1300Bq/kg であった。蛇石川の上流では崖地のマサ土における Cs-137 濃度の表層は 40Bq/kg, -15cm 層では不検出であった。

湖内と前貯水池の底質の Cs-137 濃度を図-10 に示す。大滝根川前貯水池では 541Bq/kg, 蛇石川前貯水池では 1423Bq/kg で, 前貯水池の滞留時間は大滝根川で 0.5 日, 蛇石川で 12.5 日と長い。流域面積の 90%以上は大滝根川本川の流域であり, 大滝根前貯水池の滞留時間は短い。湖内底質の粒径はダムサイトに近い No.3 が最も小さく, 次に No.4 の蛇石川に近い測点である。底質の Cs-137 は No.1 で 448Bq/kg, No.2 で 932 Bq/kg, No.3 で 3810 Bq/kg と下流に向かって高い傾向にある。図-11 に示すダム湖底質の時間的な推移から, No.3 は期間を通じて高い値であり, 他地点は 1000Bq/kg 程度で時間的な濃度の減少は小さい。セジメントトラップの沈降物質フラックスは図-12 より 10~50mg/m<sup>2</sup>/day であり, 檜原湖の 100 倍程度の沈降量であった。Cs 濃度は No.1, No.4 が 1000Bq/kg 程度であり, No.3 は最大 2000 Bq/kg 程度で, 湖の底質より低い値である。図-13 の底質の原粒度の放射性 Cs-137 濃度は 1000~4000Bq/kg であり, No.3 は 6 月を除いて高い濃度を示した。

中野は三春ダム湖の水中の放射性物質を観測しており, 図-14 に示すように春田大橋 (No.2) における成層時の水深の 20m でのみ放射性 Cs を検出した。三春ダムは水質改善を目的として, 湖内 5 か所に浅層循環曝気装置を設置し, 稼働している。20m 以浅で検出されなかったのは浅層曝気によって水深 17m を境に浅部は強制混合され, 希釈によることが推定できる。また, 20m で検出されたのは採水時以前の降雨時に流入し放射性 Cs が, 浅層曝

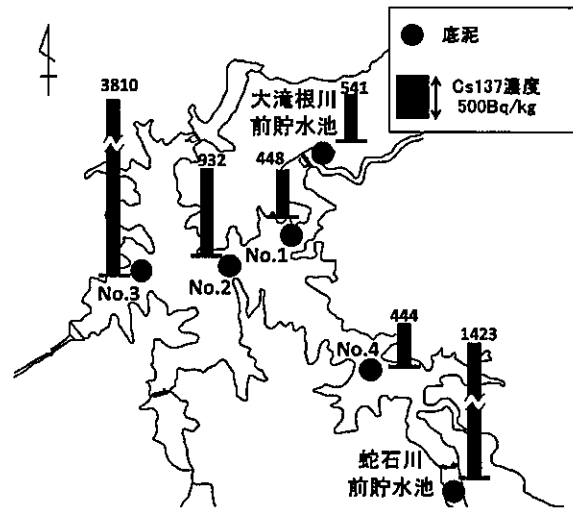


図-10 三春ダム湖底質の Cs-137 濃度 (11/14)

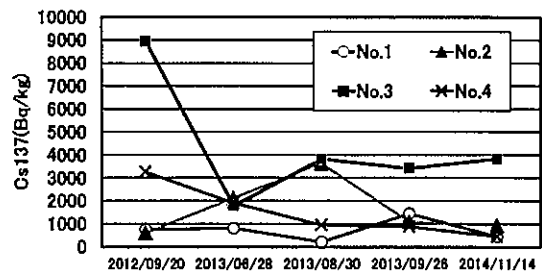


図-11 ダム湖底質の Cs-137 濃度の時間的推移

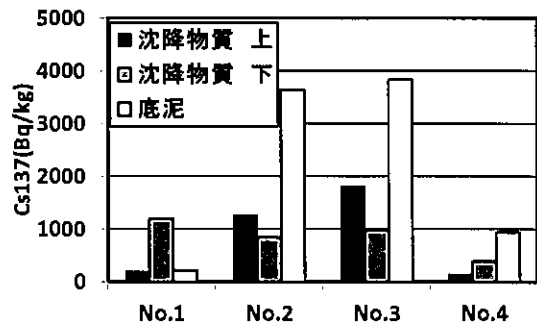


図-12 沈降物質の Cs-137 濃度比較 (8/30)

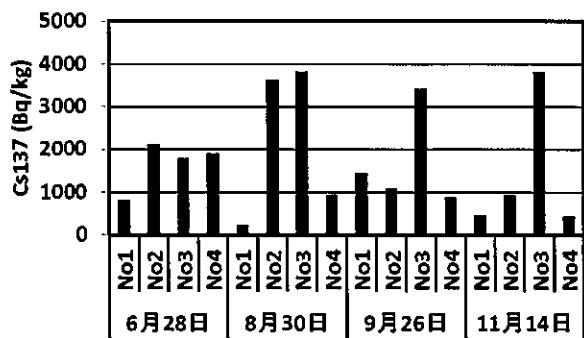


図-13 底質の原粒度の放射性 Cs-137 濃度

部科校名：工学部	氏名：長林 久夫
----------	----------

気に伴う成層により隔離された層に混入し閉じ込められたことが原因であると考えられる。成層によって放射性 Cs を含む層が分離するのであれば、数値が高い層の選択放水により、ダムへの蓄積リスクが低減でき、数値が低い層から選択取水すれば浄水汚泥への蓄積が抑えられる。

3. 土壌構成元素と放射性物資との結合特性の検討

平山、古河、手塚、長林は三春ダム湖底質の構成元素と Cs-137 濃度の相関関係は Al に正の相関、Ca には負の相関があることを示した。手塚、長林、平山は低線量地域の流域面積が小さい池沼を選定して、白河市にある史跡名勝の南湖における底質の構成元素と Cs-137 相関を検討した。南湖の底質の構成元素は、Si が 21.8~24.2%、Fe が 7.6~8.3%、Al が 5.3~7.3%、Ca が 1.0~1.3%、K が 0.6~1.0% となっていた。Cs-137 濃度との相関は Al と K でやや強く、相関係数は Al では 0.833、K では 0.937 であった。Al と K を含む粘土鉱物には、雲母類 (2:1 型層状ケイ酸塩鉱物) があり、雲母類が風化すると、Cs に対して選択性の高いフレイド・エッジ・サイト (FES) が形成されることから、底質に含まれる雲母類の量や風化の割合が多い地点で放射性 Cs 濃度が高くなることを推測した。

柳原は分子軌道計算による放射性 Cs 化合物の選定と、種々の物質への吸着特性を検討している。これまで、地殻主成分の SiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、CaO、FeO (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)、MgO、K<sub>2</sub>O、Na<sub>2</sub>O についての結晶を計算機上に形成し、構造適正化計算によって安定構造にした後、Cs、CsCl、CsO<sub>2</sub> を配置し、Cs 化合物として CsCl、CsO<sub>2</sub> を選定し吸着状態を調べた。結果、SiO<sub>2</sub>、K<sub>2</sub>O、CaO に強く結合することを示した。図-15 に紺青と CaO<sub>2</sub>、SiO<sub>2</sub> と Cs の反応例を示す。

4. ワカサギ等の魚類の生息環境や給餌行動と放射性物質の分布との関係の検討

河合、富谷は檜原湖をはじめとする県内の河川、湖沼における内水面魚種への放射線影響に関する調査を実施している。檜原湖のワカサギに含有される放射能濃度は事故後 1 年で大幅に減少したが、図-16 に示すように、400 日以降は増減を繰り返して容易に低下しない

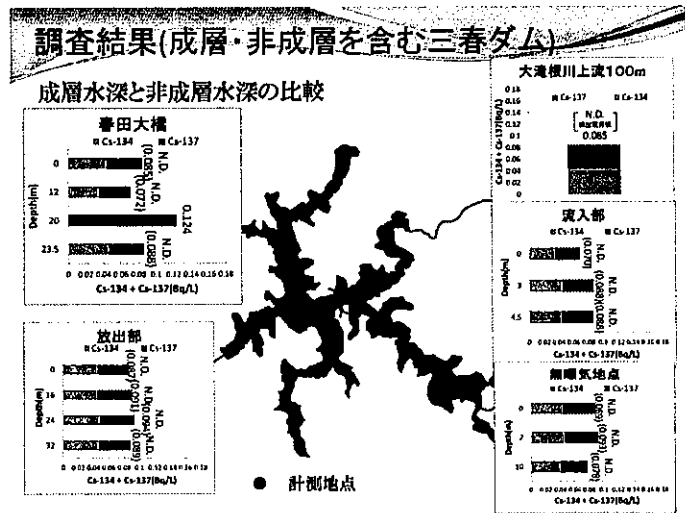


図-14 三春ダム湖の湖水に含有される放射性 Cs 特性

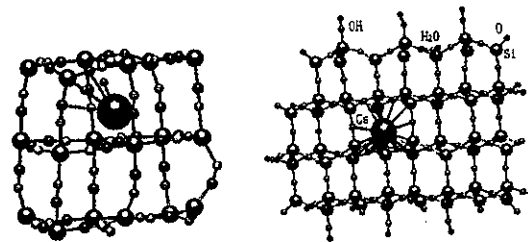


図-15 量子化学分子動力学計算による放射線核種の吸着特性 (左)紺青と CsO<sub>2</sub> (酸加セシウムの反応、(右)二酸化ケイ素 SiO<sub>2</sub> 上のセシウム Cs の反応

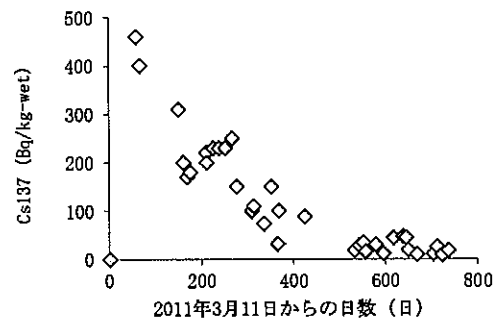


図-16 檜原湖に生息するワカサギの Cs-137 の推移

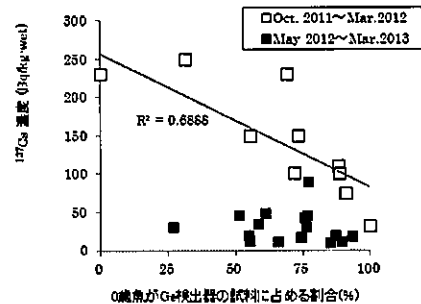


図-17 ワカサギの Cs-137 の年度別比較



部科校名：工学部

氏名：長林 久夫

ことを示した。魚体に着目して、放射線に感度を有するイメージングプレート法を用いた結果、魚体の大きいものは放射能濃度が高く、魚体の小さな0歳魚は濃度が低いことを見出している。図-17のように0歳魚の占める割合が高いほどCs-137の濃度は減少することを示しており、檜原湖のワカサギの放射能濃度の減少は魚齢の若年化が起因していることを示した。檜原漁協と沼沢漁協魚種の放射性Cs濃度の推移を図-18に示す。沼沢漁協の中心魚種はヒメマスであり、放射性Csは濃度減衰が小さい。一方、檜原漁協ではワカサギは低下したが他の魚種の減少傾向は明確でなく、魚種ごと放射性物質の減衰特性については今後の検討を要する。

原、長谷川は海産生物の放射線吸収の影響を調べるとともに、臓器や骨、筋肉組織への放射性物質の移行・蓄積に関する研究を行っている。また、海洋生物研究所では海産生物と淡水魚類の放射線測定を実施しており、図-19のように低線量地域においても広い範囲で淡水魚から放射線量が検出されており、低線量地域における放射性物質の動態観測とその負荷の推移を研究する必要性を指摘している。

高井は食物連鎖系による生物濃縮を炭素と窒素の安定同位体比を利用して図-20に示すように食物網を調べる手法を提案している。主にCとNについて、重い元素(C13, N15)と軽い元素(C12, N14)の存在比を求めて、魚類に含まれる放射性物質の量が多い場所と少ない場所で $\delta^{13}\text{C}$ - $\delta^{15}\text{N}$ マップを描き、それぞれの場所で採れた魚類がどのような食物連鎖系列に属しているかを推定する。高井は河合、富谷と協力して檜原湖、沼沢湖のワカサギ、ウグイ、ヒメマスの採捕を行い、同位体分析を実施し食物網解析を実施している。その結果、図-21に示すように、沼沢湖のヒメマスは表層の微細粒子(ナノ-マイクロプランクトン)の食物連鎖系列に属している可能性が高いことを指摘した。食物網解析により魚類の餌となるプランクトンの同定が可能となれば、魚類への放射性物質の蓄積過程を検討することが可能となる。

5. おわりに

環境中の放射性物質の動態や生物および農産物への放射性物質の移行に関する研究、除染

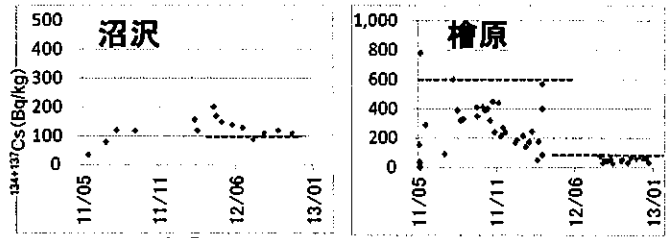


図-18 会津地区の漁業魚種の放射性物質濃度の推移

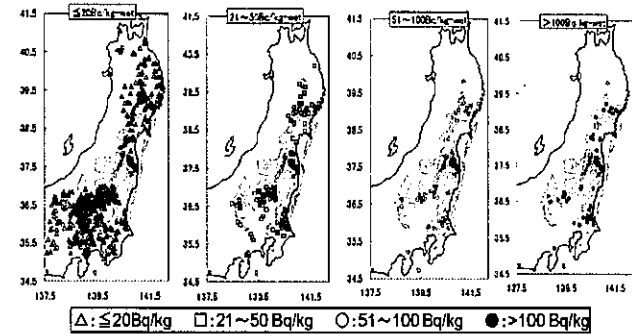


図-19 淡水生物の漁獲位置と放射性Cs濃度

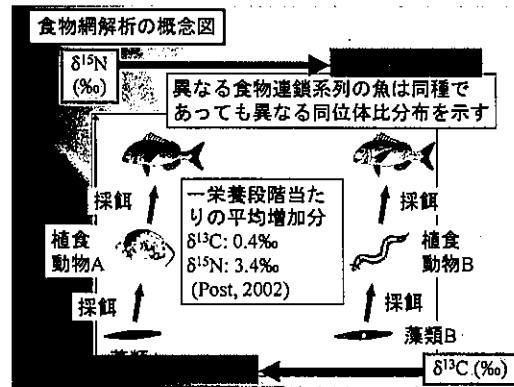


図-20 食物網解析の概念図

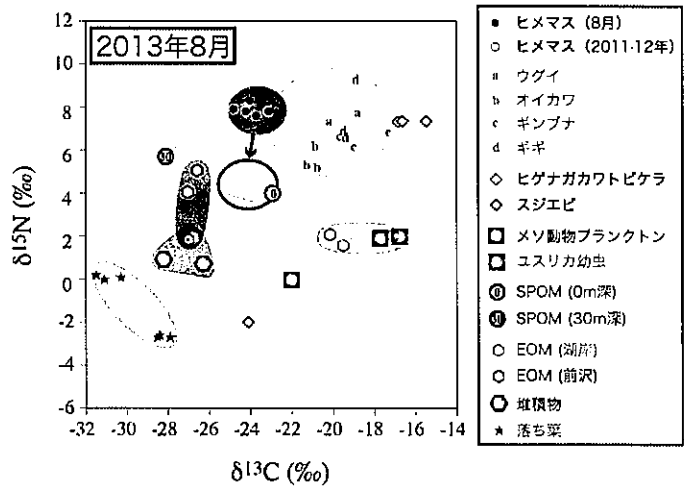


図-21 沼沢湖の $\delta^{13}\text{C}$ - $\delta^{15}\text{N}$ マップ

部科校名：工学部	氏名：長林 久夫
----------	----------

研究結果（つづき）

に関する研究は大学や研究機関、民間等の多くの機関によって実施されており、多大な成果が報告されている。しかし、これらの研究成果は助成金の報告先や関係学会等に個別に提出されており、福島県に一元化されることは少なく、県としても精力的な情報収集を必要としている。多くの成果がある中において、低線量地域の放射線リスクに着目した研究は少なく、内水面漁業の復活に向けても本研究の成果の還元が待たれている。福島県内水面水産試験所においても県内のワカサギ等に移行する放射性物質の調査研究を実施しているが、共同研究の実施による多方面からの科学的知見の集積を必要としている。本総合研究においては日本大学のネットワークを用い、多くの研究者が参加でき、情報の共有化を可能とする研究展開を図っている。その一環として、共同研究の推進と研究活動の広報及び成果の公表として、平成25年4月26日に図-22の第1回研究集会を、12月13日に図-23に示す第2回研究集会を公開で開催した。

研究業績

査読付き論文

1. 中野和典, 手塚公裕, 長林久夫, 亀田豊, 玉田将文: 低線量地域における水中放射性セシウム濃度の計測, 生物工学会誌, vol.92, No.6, pp.217-221, 2014年5月。
2. 平山和雄: 日本大学工学部キャンパスの除染と放射性物質汚染土壌処理システム, 生物工学会誌, vol.92, No.6, pp.222-224, 2014年5月。

口頭発表

1. 長林久夫, 古河幸雄, 中野和典, 手塚公裕, 平山和雄, 高井則之: 河川・湖沼における放射性物質による魚類・飲料水に関する環境リスク評価の総合研究の展開, 第56回日本大学工学部学術研究報告会土木工学部会講演要旨集, pp.53-56, 平成25年12月14日, 日本大学工学部
2. 古河幸雄, 長林久夫, 手塚公裕: 2011年3月11日東北太平洋沖地震を原因とする東京電力第一原子力発電所爆発に伴う楡原湖における放射性物質濃度について, 第56回日本大学工学部学術研究報告会土木工学部土

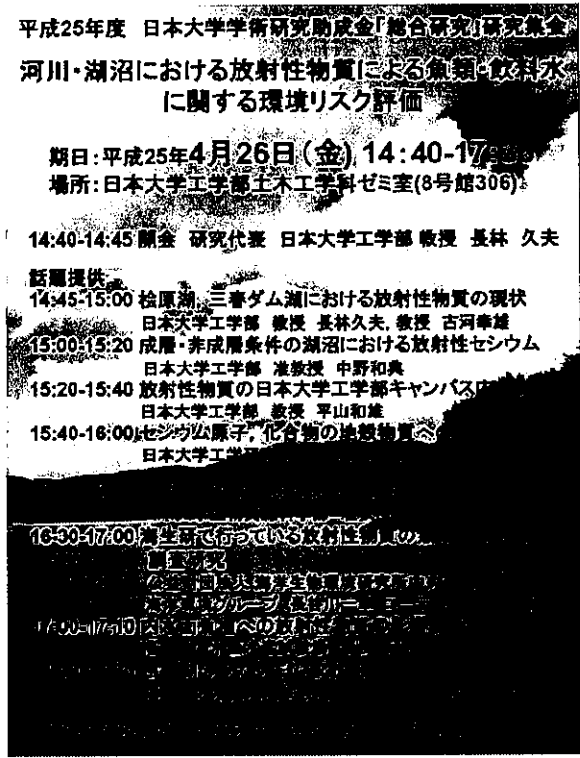


図-22 第1回研究集会（平成25年度4月26日開催）

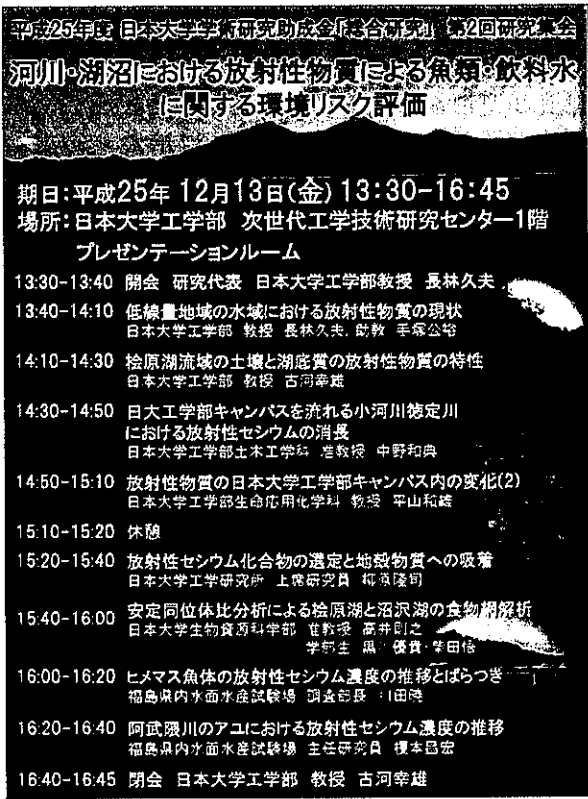


図-23 第2回研究集会（平成25年度12月13日開催）

部科校名：工学部

氏名：長林 久夫

## 研究結果（つづき）

木工学部会講演要旨集, pp.57-60,平成 25 年 12 月 14 日, 日本大学工学部

3. 中野和典, 長林久夫: 徳定川流域における放射性セシウムの挙動, 第 56 回日本大学工学部学術研究報告会土木工学部会講演要旨集, pp.61-63,平成 25 年 12 月 14 日, 日本大学工学部
4. 藤田豊, 佐藤洋一, 中村玄正, 中野和典: 猪苗代湖の低質の放射線量調査, 第 56 回日本大学工学部学術研究報告会土木工学部会講演要旨集, pp.49-52,平成 25 年 12 月 14 日, 日本大学工学部
5. 山下翔平・手塚公裕・中野和典・古河幸雄・長林久夫・宮城昂平: 低線量地域の三春ダム流域における放射性物質の環境動態に関する調査・検討, 平成 25 年度土木学会東北支部技術研究発表会, 講演概要集 CD-ROM, II-92, 平成 26 年 3 月 8 日, 八戸工業大学
6. 宮城昂平・手塚公裕・長林久夫・中野和典・古河幸雄・山下翔平: 低線量地域の桧原湖における放射性物質の環境動態, 平成 25 年度土木学会東北支部技術研究発表会, 講演概要集 CD-ROM, II-93, 平成 26 年 3 月 8 日, 八戸工業大学
7. 阿部慎也, 中野和典, 長林久夫, 手塚公裕, 玉田将文, 亀田 豊: 桧原湖の異なる水深における水中放射性 Cs 濃度の変化, 平成 25 年度土木学会東北支部技術研究発表会, 講演概要集 CD-ROM, VII-5, 平成 26 年 3 月 8 日, 八戸工業大学
8. 濱尾文紀, 中野和典, 武田文彦, 長林久夫, 亀田 豊: 玉田将文: 小河川流下過程における検出下限値レベルの放射性 Cs の消長, 平成 25 年度土木学会東北支部技術研究発表会, 講演概要集 CD-ROM, VII-4, 平成 26 年 3 月 8 日, 八戸工業大学
9. 齋藤蔵希, 齋藤裕貴, 藤田 豊, 佐藤洋一, 中野和典, 中村玄正: 猪苗代湖における底質の放射性物質調査, 平成 25 年度土木学会東北支部技術研究発表会, 講演概要集 CD-ROM, VII-3, 平成 26 年 3 月 8 日, 八戸工業大学

## 平成25年度 学術研究助成金〔総合研究〕実績報告書

平成 26年 4月 7日

日本大学学長

氏 名 篠田 雅路



所属・資格 歯学部・准教授

下記のとおり報告いたします。

1 研究課題 口腔内痛発症の分子機構解明および治療を目指した研究拠点形成		
2 研究組織		
氏 名	所属部科校・資格	役割分担
○研究代表者名 篠田雅路	歯学部/准教授	研究の計画と総括 モデルの作成と免疫組織標本作成
○研究分担者 小林真之	歯学部/准教授	延髄神経細胞のパッチクランプ解析
野間 昇	歯学部/准教授	基礎研究結果に基づく治療法の開発
阿部 修	医学部/教授	fMRI を用いた口腔患者の脳機能解析
小見山道	松戸歯学部/准教授	口腔痛患者の疼痛評価
合計 5 名		
3 本研究に関連して外部資金への申請状況、獲得状況		
篠田 雅路	基盤研究 (C)	採択
小林 真之	基盤研究 (B)	採択
小見山 道	基盤研究 (C)	採択
阿部 修	基盤研究 (C)	採択
阿部 修	新学術領域研究	採択
(研究協力者)		
本田 訓也	若手研究 (B)	採択

※「6 研究結果」について、ホームページ等での公開 (☑・否) いずれかを○で囲んでください。  
否の場合は、理由書を添付して下さい。

部科校名：歯学部

氏名：篠田雅路

## 4 研究目的

高齢化が進む現代社会において、QOLを高く保ち高齢者が健康な生活を送るためには、口腔機能が損なわれることなく正常に保たれ、口腔から栄養を摂取することが非常に重要な要因の一つであると考えられる。口腔からの栄養摂取が身体の栄養の維持だけでなく、全身の健康維持にとって栄養維持以外の重要な要素であることは間違いのない事実である。そして、口腔からの食物摂取を維持するためには、口腔機能を正常に保ち、口腔内環境を健康な状態にする必要がある。

しかし、口腔内環境を著しく悪化させる要因の一つである口腔内の疼痛異常に関してはほとんど研究がなされておらず、その神経機構に関してはほとんどわかっていない。そのため、舌痛症や舌神経損傷後の神経因性疼痛をはじめとする様々な口腔内疼痛異常に対する原因療法を開発することが困難である。

そこで本研究では口腔内疼痛異常の神経機構を解明するため、まず、口腔内に疼痛異常を引き起こすと考えられる以下の口腔痛モデルを作製する。1. 歯髄炎発症後の舌痛覚過敏モデル、2. 非炎症性の痛覚過敏モデル、3. 口腔乾燥モデル、4. 口腔粘膜切開モデル、5. 扁平上皮癌モデル、5種類のモデルを作製し、口腔内に痛覚過敏およびアロデニアを発症しているかどうかを明らかにする。さらに、これらのモデル動物を用い、三叉神経節細胞における活動性および細胞内物質の変化、神経節内のグリア細胞の活性変化を解析する。また、三叉神経脊髄路核に存在する神経細胞の活動性変化およびグリア細胞の動態を解明する。さらに、歯髄神経への電気刺激による大脳皮質ニューロンの活動を記録し、活動領域の局在を解析した。ヒトに発症する舌痛症における中枢神経系の変調を探索するため、舌痛症患者を対象に不安検査を行う。そして舌痛症患者に対して Cognitive behavioral treatment を行い舌痛の改善傾向を評価し、臨床応用が可能な口腔痛軽減方法を探る。

## 5 研究概要

## 1. 口腔内痛モデルラットの作成および疼痛関連行動の解析

歯髄炎発症後の舌痛覚過敏モデル: CFA を歯髄に投与後、舌の痛覚の変化を解析する。

非炎症性の痛覚過敏モデル: TNBS を口腔粘膜に3日間(1回/日)塗布する。

口腔乾燥モデル: 2時間/日、7日間、舌を乾燥させる。

口腔粘膜切開モデル: 口腔粘膜に5mmの石灰を与える。

口腔癌モデル: 扁平上皮癌細胞を舌に移植する。

各モデルに対し機械および熱刺激を与え、逃避反射閾値を計測する。

## 2. 各モデルの三叉神経節細胞における物質動態の変化および活動性変化の解析

深麻酔下で各モデル動物の三叉神経節を取り出し、侵害受容器に発現する受容体の動態について免疫組織学的手法および電気生理学的手法を用いて検索する。

あらかじめ口腔粘膜に0.3% fluoro gold を投与し、各口腔痛モデルにおける痛覚過敏発症後の三叉神経節を摘出し、免疫組織学的手法を用いて痛み関連受容体陽性細胞数の変化を解析する。さらに発現量の変化を Western blot 法にて定量する。

## 3. 歯髄神経への電気刺激による大脳皮質ニューロン記録

深麻酔下にて歯髄を露出し、歯髄神経への電気刺激による大脳皮質ニューロン活動を電位感受性色素を用いて、記録する。

## 4. 舌痛症患者の心理的評価

舌痛症患者を対象に不安検査を行う。そして舌痛症患者に対して Cognitive behavioral treatment を行い舌痛の改善傾向を評価する。

部科校名：歯学部

氏名：篠田雅路

## 6 研究結果 (4,000字以上記入してください。)

## 歯髄炎発症後の舌痛覚過敏モデル

歯髄に炎症が起こると一次ニューロンは強く活性化され、高頻度の持続的な活動電位を誘発する。さらに一次ニューロンの活動性の持続的な増加は二次ニューロンの活動性をより強く増強させることが知られており、このような二次ニューロンの活動性の増強は三叉神経核のグリア細胞の活性化が関与していることが報告されている。近年、活性型グリア細胞や神経細胞には多くの Toll-like Receptor (TLR) が発現し、神経の興奮性の変調に重要な役割を果たしていることがわかってきた。そこで本研究では、三叉神経節に発現する TLR に注目し、歯髄炎によって引き起こされる異所性疼痛異常のメカニズムの一端を解明することを目的とした。SD 系ラット (♂ 9w) の左側下顎第一大臼歯を露髄させ、CFA を髄腔にペーパーポイントにて刺激後、仮封し3日間放置したものを CFA 誘導性歯髄炎モデルとする。このモデルラットの左側舌背部に歯髄処置前から処置後 21 日目まで熱刺激あるいは機械的刺激を行い、逃避閾値の変化を測定した。また、同モデルラットを灌流固定したのち、三叉神経節を取り出し 1 次ニューロンにおける TLR4 の発現を免疫組織学的手法にて解析した。さらに同モデルラットの三叉神経節内に TLR4 アンタゴニストを持続注入したラットにおいて、舌への侵害刺激に対する逃避行動および 1 次ニューロンの TLR4 発現変化を詳細に検索した。結果：CFA 誘導性歯髄炎モデルラットにおいて舌に機械刺激に対するアロデニアが認められるが、熱刺激に対する痛覚過敏は、認められなかった。また免疫組織学的手法により、同モデルラットにおいて TLR4 の発現が認められた。TLR4 アンタゴニストを持続注入したラットにおいては逃避閾値が抑制される傾向にある。

## 非炎症性の痛覚過敏モデル

舌痛症は、舌に炎症や腫瘍などの器質的な変化が認められないにもかかわらず痛覚異常を生じる疾患である。本研究では 2,4,6-trinitrobenzene sulfonic acid (TNBS) 舌投与により舌痛症モデルマウスを作製し、同モデルに生じる舌熱痛覚過敏に対する Artemin の役割について検討した。C57/BL6 雄性マウス (7w) の舌背に TNBS (10 mg/ml, 1h) を投与すると、投与後 1 日目より舌背に熱痛覚過敏が生じた。TNBS 舌背投与後 5 日目、舌に組織学的変化は認められなかったが、舌背粘膜において Artemin 発現量が増加し、抗 Artemin 中和抗体および TRPV1 アンタゴニスト (SB366791) の投与により舌背の熱痛覚過敏が抑制された。また三叉神経節における舌投射 Artemin 受容体 (GFR $\alpha$ 3) 陽性かつ TRPV1 陽性神経細胞数が増加した。一方、三叉神経節におけるリン酸化 TRPV1 タンパク量に変化は見られなかった。さらに Artemin 舌投与後 5 日目に舌背に熱痛覚過敏が生じ、SB366791 の舌投与により舌背の熱痛覚過敏が抑制された。TNBS 舌背投与後 5 日目、急性単離した三叉神経節細胞の TRPV1 アゴニスト (Capsaicin) により誘導される内向き電流が増加し、抗 Artemin 中和抗体の舌投与により内向き電流の増加が抑制された。以上の結果から、TNBS 舌背投与により生じる舌背の熱痛覚過敏は、舌背粘膜で増加する Artemin による舌投射ニューロンにおける TRPV1 の増加が関与していることが示唆された。

## 口腔乾燥モデル

口腔乾燥症の患者は原因不明の舌痛を訴えることが多いが、その発症機序は不明である。今回われわれは、口腔乾燥により引き起こされる舌痛のメカニズムを解明することを目的とした。イソフルラン吸入による浅麻酔下にて Sprague Dawley 系雄性ラットの舌を含む口腔内を乾燥状態にさせ (2 時間/日, 7 日間)、口腔乾燥モデルラット (dry 群) を作製した。同様の吸入麻酔のみを与えたラットを sham 群とした。乾燥開始後 7 日目、dry 群において、舌には組織学的変化は認められなかったが、舌の侵害機械刺激に対する頭部引っ込み反射閾値 (HWT) は有意に低下した。また舌へ侵害機械刺激したのち 5 分後、三叉神経脊髄路核尾側亜核 (Vc) において Phosphorylated extracellular signal-regulated kinase (pERK) 陽性細胞数が有意に増加した。また、髄腔内への ERK リン酸化阻害薬である MEK1 inhibitor (PD98059) の持続投与により、舌の侵害機械刺激に対する HWT の低下および Vc の pERK 陽性細胞数の増加が有意に抑制された。さらに乾燥開始後 7 日目、舌への侵害機械刺激に対する Vc の侵害受容ニューロンの発火頻度は有意に増加した。以上のことから、口腔乾燥に起因する舌の機械痛覚過敏発症には Vc の侵害受容ニューロンにおける ERK のリン酸化が関与している可能性が示された。

部科校名：歯学部

氏名：篠田雅路

## 研究結果（つづき）

## 口腔粘膜切開モデル

口腔の内外は粘膜と皮膚という構造や熱刺激に対する閾値の違いがあることから、口腔内外で侵害刺激に対する TRP チャンネルの機能が異なる可能性が高いと考えられる。本研究では、口腔内外の損傷性熱及び機械痛覚過敏の発症機構に対する TRP チャンネルの役割を検討する。SD 系雄性ラットの頬粘膜または口髭部皮膚に切開を加え、損傷性痛覚過敏モデルラットを作製した。切開後 14 日目まで、浅麻酔下にて頬粘膜または口髭部皮膚に熱あるいは機械刺激を加え、逃避反射閾値 (HWT) を測定した。切開後 3 日目には TRPV1 アンタゴニスト (SB366791)、TRPV2 アンタゴニスト (Tranilast) または TRPA1 アンタゴニスト (HC030031) を切開部へ皮下投与し、HWT を経時的に解析した。さらに、あらかじめ逆行性トレーサーを頬粘膜または口髭部皮膚に皮下注射しておき、切開後 3 日目に灌流固定し、頬粘膜または口髭部皮膚へ投射する TRPV1、TRPV2、TRPA1 陽性三叉神経節 (TG) 細胞を免疫組織学的に検索した。頬粘膜または口髭部皮膚切開後、機械及び熱刺激に対する HWT は有意に低下した。切開後 3 日目、SB366791、Tranilast または HC030031 局所投与により頬粘膜および口髭部皮膚への熱、冷刺激に対する HWT の低下が抑制され、また、Tranilast、HC030031 の局所投与により、頬粘膜または口髭部皮膚への機械刺激に対する HWT の低下は抑制された。一方、SB366791 の局所投与により頬粘膜への機械刺激に対する HWT の低下は抑制されなかった。さらに、頬粘膜または口髭部皮膚へ軸索を投射する TG 細胞において、TRPV1、TRPV2、TRPA1 陽性細胞数が増加した。以上から、口腔外において、TRPV1、TRPV2、TRPA1 は組織損傷後に発症する熱、冷および機械痛覚過敏に対し関与していることが示唆され、一方、口腔内において、TRPV1 は組織損傷後に発症する熱痛覚過敏に対して関与し、TRPV2、TRPA1 は熱、冷および機械痛覚過敏に対して関与していることが示唆された。

## 口腔癌モデル

P2X<sub>7</sub> 受容体は神経障害性疼痛や炎症性疼痛に関与しているとの報告があるが口腔領域の癌性疼痛発症のメカニズムに対する P2X<sub>7</sub> 受容体の役割は不明である。本研究ではラット舌扁平上皮癌モデルにおける舌癌性疼痛に対するマイクログリア P2X<sub>7</sub> 受容体の役割を検討した。ラット舌に扁平上皮癌細胞を接種し舌癌モデルを作成した。対照群は PBS 接種モデルとした。浅麻酔下にて癌接種部に機械刺激または熱刺激を与え逃避反射閾値の解析を行った。三叉神経脊髄路核尾側亜核 (Vc) における活性化マイクログリアを免疫組織化学的に解析した。さらにマイクログリアの活性阻害薬であるミノサイクリンを腹腔内投与または P2X<sub>7</sub> 受容体アンタゴニストを髄腔内投与し、機械刺激における逃避反射閾値およびマイクログリア活性の変化を解析した。SCC 接種 1 週後に腫瘍細胞の増殖が認められ、3 週間には腫瘍塊の形成と周囲への浸潤を認めた。SCC 接種後 6 日目以降、舌への機械刺激に対する逃避反射閾値の有意な低下が認められた。SCC 接種後舌への熱刺激に対する逃避反射閾値の有意な低下は認められなかった。SCC 接種 4 日目以降 Vc においてマイクログリアの活性化を認めた。ミノサイクリンの腹腔内投与により SCC 接種後 14 日目まで機械刺激における逃避反射閾値の低下が抑制された。また、P2X<sub>7</sub> 受容体アンタゴニストの髄腔内投与により SCC 接種後 4 日目まで機械刺激における逃避反射閾値の低下が抑制されたが、14 日目では有意な逃避反射閾値の低下を認めた。SCC 舌接種後、舌に発症する機械痛覚過敏は Vc における P2X<sub>7</sub> 受容体を介したマイクログリアの活性化が関与している可能性が示唆された。

## 歯髄神経刺激による大脳皮質ニューロン活動

上下顎切歯・臼歯の電気刺激に対する初期応答は、中大脳動脈 (MCA) に隣接する尾側の領域に位置していた。下顎切歯・臼歯は上顎切歯・臼歯より尾側にあり、局在性が認められた。最大応答は重複する領域が認められ、局在性に乏しかった。下顎臼歯歯髄の初期応答の中心部位を焼灼し冠状断切片 (ニッスル染色) とチトクローム染色 (フラットマウント切片) にて組織学的に検索したところ、一次体性感覚野 (S1) 腹側の顆粒島皮質 (GI) と不全顆粒島皮質 (DI) に歯髄応答部位が認められた。歯髄の初期応答が、島皮質 (IC) の限局した領域にある一方、最大応答では局在性が失われていたことは、歯痛錯誤のメカニズムを反映している可能性がある。

注：必要に応じて、このページをご使用ください。

## 研究結果（つづき）

### 舌痛症患者の心理的評価

舌痛症患者を対象に不安検査を行うと、健常者と比較し有意に日常的に不安を感じていることがわかった。そして舌痛症患者に対して Cognitive behavioral treatment を行うことにより日常的な不安を軽減できるだけでなく、舌痛も改善できることを見出した。この結果は、舌痛症の発症に中枢神経が関与することを示唆するものである。この研究の概要は Journal of Oral Science に掲載された。

また、舌痛症患者の病悩期間の解析結果から、病悩期間が長いほど鬱および身体化の傾向が強いことを見出した。この結果は、舌痛症患者は中枢神経に可塑的变化を起こしていることを強く示唆するものである。この研究の概要も Journal of Oral Science に掲載された。



課題番号	総 13-019
	継続
	総 12-019

平成 25 年度 学術研究助成金〔総合研究〕実績報告書

平成 26 年 3 月 30 日

日 本 大 学 学 長 殿

氏 名 金田 隆



所属・資格 松戸歯学部・教授

下記のとおり報告いたします。

1 研究課題 LEBRA パラメトリック X 線を用いた位相コントラスト・イメージングの先端研究		
2 研究組織		
氏 名	所属部科校・資格	役割分担
○研究代表者名 金田 隆	松戸歯学部／教授	企画, X 線イメージング, 総括
○研究分担者 早川 建	理工学部／教授	小型加速器の開発研究
田中 俊成	量子科学研究所／教授	加速器の高性能化と評価
早川 恭史	理工学部／准教授	パラメトリック X 線の開発研究
岩田 展幸	理工学部／専任講師	X 線電子材料開発
宮崎 淳	生産工学部／助教	X 線物性研究
寒河江 登志朗 合計 7 名	松戸歯学部／特任教授	生体物質の X 線分析的研究
3 本研究に関連して外部資金への申請状況, 獲得状況		
<ul style="list-style-type: none"> <li>平成 25 年度獲得 科学研究費：基盤研究 (C) (一般) (H24~H27) 研究代表：金田 隆 「パラメトリック X 線の画像診断に関する基盤研究」</li> </ul>		

※「6 研究結果」について、ホームページ等での公開 (可) 否) いずれかを○で囲んでください。  
否の場合は、理由書を添付して下さい。

部科校名：松戸歯学部

氏名：金田 隆

## 4 研究目的

本研究では、この LEBRA-PXR を用いた位相コントラスト・イメージングの更なる進展を目指した先端的開発研究を行おうとするものである。そのために、世界の最先端である LEBRA-PXR の X 線的特性を十分に把握し理解して、その利用法を探ることが重要であると考え。PXR に関しては、日本大学 LEBRA-PXR は他所に先駆けて応用実験にも成功している。最近、X 線レーザーのように位相の揃ったコヒーレント X 線を用いた実験が注目を浴びようになってきているが、コヒーレント X 線を発生できる研究拠点は少ない。このような特徴・特性・優越性を有する LEBRA-PXR ではあるが、実際に長時間にわたる応用実験に用いるには更に幾つか解決すべき問題を残しており、また、LEBRA-PXR の新規性ゆえに、確証実験も同時に行う必要がある。本研究は PXR の特性を生かした位相コントラスト・イメージングの可能性をさらに探求することを目的とする。そのために、以下に示す2つの方向性をもって研究の展開を行う。

## 1. 大型放射光施設で開発されたイメージング手法の導入・アレンジ（確証実験）

位相コントラストイメージング：位相の揃った X 線を使うことにより、従来の白色 X 線を使った単純 X 線透過吸収像（レントゲン像）とは異なるイメージを得ることが可能となった。位相コントラストは物質の X 線吸収係数の差を見ているのではなく、X 線屈折率の差を見ているため、位相差光学顕微鏡で細胞を無染色で観察するのと似て、軟組織などの観察に適したものである。

## 2. LEBRA-PXR のオリジナルな応用（新規イノベーション実験）

LEBRA-PXR の示す数々の特性の中で、以下の点についてピックアップし、それらの特性が有効に活かされるであろう応用可能な領域を例示する。これら LEBRA-PXR の特徴となる X 線の性質は、他の研究施設あるいは市販されている機器においても可能ではあるが、実際に精度・輝度などの実験要件を備えた施設・機器は少なく、超大型放射光施設でのみ可能な実験である。

## 1) 可変波長：2) 単色光源：3) 指向性：4) コヒーレント性

## 5 研究概要

次のような点について確証実験を行う。

- 1) 位相コントロール： PXR 発生装置内の PXR 発生用 Si 結晶（高真空中で電子線を浴び寿命が短いため消耗品として購入予定）と発生した PXR の位相制御用の Si 結晶（やはり寿命が短いため消耗品として購入予定）を用いて、理論値・期待値と実測値の差異を検証する。（田中俊成、早川建、早川恭史、佐藤勇の研究グループ）
- 2) 位相コントラストイメージング： 高性能 X 線 CCD カメラ（現有機器）、イメージングプレート（現有機器）、X 線フィルム（消耗品として現像薬品とガラス器具を購入予定）などの X 線検出系をもちいて、電子材料から培養細胞、インプラントおよび歯科材料、生体物質、化石骨まで多様な対象物を撮影し、従来型レントゲンとの比較を行う。コヒーレンス性の確証実験でもある。（金田隆、寒河江登志朗、早川恭史の研究グループ）
- 3) X 線吸収と吸収端： X 線波長の変化に伴う元素固有の X 線吸収曲線による組成分析と X 線吸収端微細構造（XAFS）について LEBRA-PXR では他所と違って1枚で撮影できる優越性がある。この特徴について確証実験を行う。また、逆に従来理論的に導かれていた X 線吸収曲線を実測する。使用する機器はすべて現有（早川恭史、早川建、田中俊成、岩田展幸、宮崎 淳の研究グループ）
- 4) X 線の生物学的効果： 細胞や組織が X 線によるダメージを受けることは知られているが、X 線波長依存性については研究例が少なく、この関係が明らかになると、X 線検診、乳がんのマンモグラフィ、X 線によるガン細胞治療などに新たな道が拓かれる。使用する機器は全て現有。（金田 隆、寒河江登志朗の研究グループ）

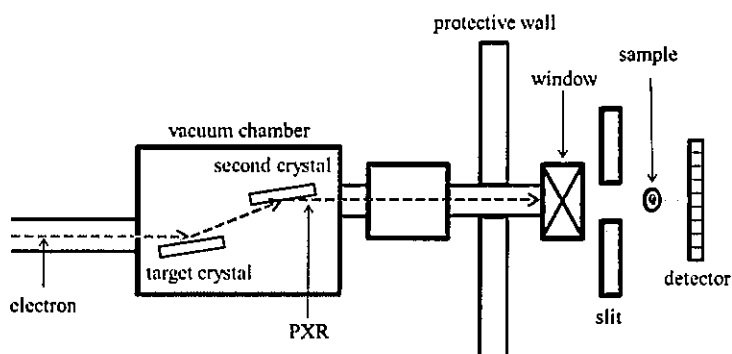
部科校名：松戸歯学部

氏名：金田 隆

## 6 研究結果 (4,000字以上記入してください。)

## 1) PXRによる位相コントロールについて

位相コントロールはSi結晶を下図のように第1相、第2相と2つ用いることにより安定したパラメトリックX線(PXR)による位相コントロールを発生させることに成功した。ここから安定したPXRを獲得し、画像検討の応用が可能となった。しかしながら更なる安定したPXR確保に向け、ダイヤモンド結晶等の応用も検討中である。

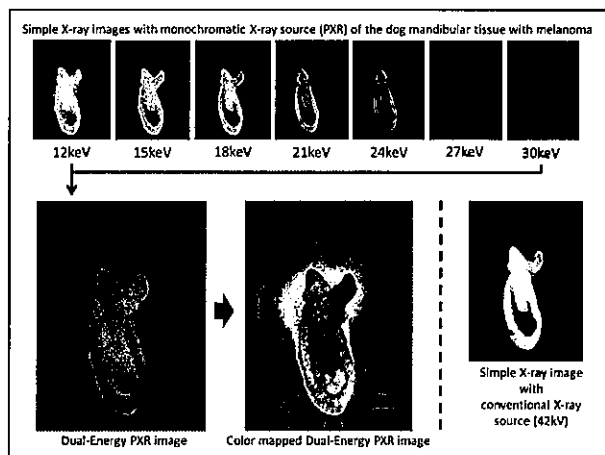


## Double-crystal system of LEBRA-PXR generator.

Schematic view of generation of PXR. Electrons were introduced to the inclined target crystal (the lower left part of the figure). The wavelength of PXR was determined by the inclination angle of the target crystal. The outcome PXR from the target crystal was reflected by the second crystal mirror (reflector), and the PXR was aligned to the fixed direction all the time.

## 2) PXRによる位相コントラストイメージングについて

切除されたイヌ顎骨の悪性腫瘍(骨肉腫)を用いた。同切除標本を(12keV, 15keV, 18keV, 21keV, 24keV, 27keV, 30keV)の波長のLEBRA-PXRを線源に用いて撮影を行った(下図)。検出装置にはYCR21(株式会社吉田製作所)を用い、従来の単純エックス線撮影で得られた画像(43kV, 125mA, 40msec)を対照に用いた。撮影後、病理組織像を作製し、腫瘍領域を確認し、各画像との比較を行った図も示す(下図)。エックス線の吸収率を画像化する従来のエックス線診断と異なり、位相コントラスト・イメージングによる位相の揃ったX線を使うことにより、従来の白色X線を使った単純X線透過吸収像とは異なる腫瘍イメージを得ることが可能となった。位相コントラストは物質のX線吸収係数の差を見ているのではなく、X線屈折率の差を見ているため、軽元素領域で吸収コントラストの約1000倍の感度を有することにより、位相差光学顕微鏡で細胞を無染色で観察するのと同じで、特に軟組織などの観察に適していた。今回のように軟組織主体の悪性腫瘍への新規分子イメージングの可能性とその画像診断への有用性が示唆された。



部科校名：松戸歯学部

氏名：金田 隆

研究結果 (つづき)



H.E. マクロ像  
悪性黒色腫の浸潤 (矢印)

X線の透過率(吸収)ほど波長依存性が強くないため、軽元素領域で吸収コントラストの約1000倍の感度を有するため、生体軟組織の画像化が可能と示唆された。

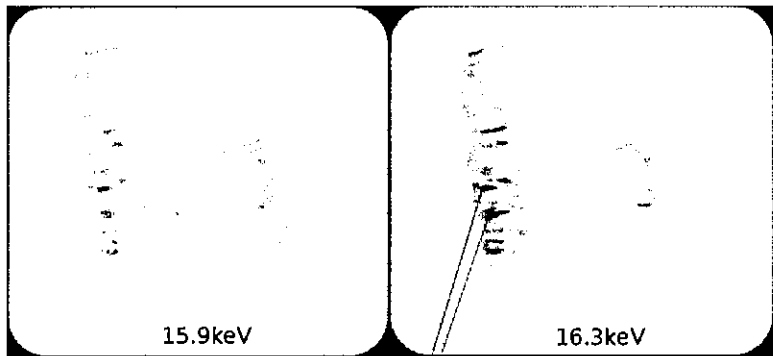
3) PXRによるX線吸収と吸収端について

吸収端を利用した元素イメージングを恐竜の卵で施行し、Srの存在が確認された(下図)。同データはエネルギー可変可能な単色X線線であるPXRのみ可能な元素イメージングであることが立証もされた。

吸収端を利用した元素イメージング

恐竜の卵の化石

エネルギー可変単色X線のメリット



Sr (K吸収端: 16.1 keV) が存在

LEBRA

4) PXRによる生物学的効果

PXRの生物学的効果は培養組織にPXRを短時間照射し、その後の反応を観察した。同検討は波長の変更も行いながら、PXRを照射し、従来のエックス線照射との違いをさらに検討中である。

## 平成25年度 学術研究助成金〔総合研究〕実績報告書

平成 26年 5月 16日

日本大学学長

氏 名 山口 大



所属・資格 松戸歯学部・准教授

下記のとおり報告いたします。

1 研究課題 生物学的安全性と生体適合性に優れる歯科矯正用インプラントスクリューの開発		
2 研究組織		
氏 名	所属部科校・資格	役割分担
○研究代表者名 山 口 大	松戸歯学部・准教授	研究全般（試作インプラントスクリューの <i>in vitro</i> 、 <i>in vivo</i> による検討）
○研究分担者 谷 本 安 浩	松戸歯学部・准教授	最適構造設計および試作作製と機械的性質の評価
葛 西 一 貴	松戸歯学部・教 授	治療効果の検討
北 川 剛 至	松戸歯学部・助教	最適構造設計および試作
田 中 智	生産工学部・准教授	作製と機械的性質の評価
山 根 庸 平	生産工学部・助教	作製と機械的性質の評価
3 本研究に関連して外部資金への申請状況，獲得状況		
なし		

※「6 研究結果」について，ホームページ等での公開  可  否） いずれかを○で囲んでください。  
否の場合は，理由書を添付して下さい。

部科校名：松戸歯学部

氏名：山口 大

## 4 研究目的

近年、再生医療分野において、移植する生体部位に骨再生材料が効果的に適合するように、骨伝導性に優れる HA や $\beta$ -TCP などのリン酸カルシウム系材料と生体吸収性高分子材料とを複合化したバイオマテリアルの開発研究が行われている。適用される生体吸収性材料には PLLA や PGA などがあり、これらの材料は生体内で徐々に分解・吸収される。そのため治癒後の摘出手術を必要としない骨接合材として注目を集めており、たとえば頭蓋顎顔面領域における骨折や骨切り後の固定のために用いられていた金属製プレートの代わりに PLLA 製プレートも用いられるようになってきた。このように整形外科の分野においては生体吸収性プレートシステム (u-HA/PLLA コンポジットプレート、タキロン<sup>®</sup>) などの製品も一般に販売されており、臨床応用されるとともにこれら生体吸収性材料を用いた骨接合材の研究報告も幾つか見られる。栗原らは、顔面骨骨折手術の骨接合材として、HA/PLLA 複合プレートを 20 症例に対して使用した結果、炎症を含めた感染も認められず、骨の固定性も安定していることを報告している (栗原他、日形会誌、2010)。また Aoki らのグループは PLLA 製の生体吸収性マイクロインプラントをビーグル犬の下顎骨に埋入し、骨形成能を評価している (Aoki et al., Dent Mater J, 2005)。しかしながら実際には複雑な応力が負荷される過酷な環境下にある口腔内において、PLLA などの高分子材料を矯正用マイクロインプラントに適用した場合、強度不足などの問題があり、未だ生体吸収性高分子材料を用いた歯科矯正用インプラントスクリューを一般的に臨床応用するまでには至っていない。

そこで本研究では機械的性質および生体適合性に優れるリン酸カルシウム/生体吸収性材料の材料設計・開発を行なうとともに、有限要素解析 (FEA) によるインプラント形状の最適設計を行う。また、試作インプラントスクリューに対して、動物実験と細胞実験を行うことによって、生物学的安全性と生体適合性に優れる歯科矯正用インプラントスクリューの開発を行う。

## 5 研究概要

本研究では従来のインプラントスクリュー材料であるチタンの代わりに骨伝導性に優れるハイドロキシアパタイト (HA) や第三リン酸カルシウム ( $\beta$ -TCP) などのリン酸カルシウム系生体活性材料とポリ-L-乳酸 (PLLA) やポリグリコール酸 (PGA) などの生体吸収性材料とを複合化した材料をインプラントスクリューに適用することを目的としている。さらには矯正治療後にスクリュー撤去を非観血処置で行えるようにするため、内ネジだけを取り外しできるようにインプラントスクリューの構造を二重ネジ構造とする。これらを実現するためにはまず PLLA と PGA の配合比や HA を添加する量の最適条件を機械的性質および生体適合性の両方の観点から明らかにする。次に、in vitro においてヒト骨芽細胞と試作した材料とを培養し、骨芽細胞の石灰化の状態と試作材料の吸収の状態を ELISA 法と real time PCR 分析を用いて、骨形成のマーカー (ALP, type I collagen, osteocalcin, BMPs) を指標として評価する。in vivo では試作した材料片をラット脛骨へ埋入して、病理組織学的観察を行う。次に、FEA を用いたコンピュータシミュレーションにより二重ネジ構造を有するインプラントスクリューの最適な形状を解析する。最後に、犬を使用した動物実験では試作したスクリューを歯槽骨に埋入して、矯正力を加えてインプラント周囲の骨との適合状態をマイクロ CT と免疫組織学的染色法を用いて評価する。以上により二重ネジ構造を有するリン酸カルシウム/生体吸収性材料を用いた歯科矯正用インプラントスクリューの有用性を明らかにする。

部科校名：松戸歯学部

氏名：山口 大

## 6 研究結果 (4,000字以上記入してください。)

本研究では試験体として Fig.1 に示す構造式の PGA 樹脂を用いた。またコントロール群として Ti (純度 99.9%、フルウチ化学) を用いた。また一部は Ti の文献値<sup>1,2)</sup>およびヒトの皮質骨 (Cortical bone, 以後 CB) の文献値<sup>3-5)</sup>を参考にした。

## 1. 三点曲げ試験およびダイナミック硬さおよび押し込み弾性率の測定

PLLA, PGA の曲げ特性を評価するために、JISK7171<sup>6)</sup>に準じて PLLA, PGA の三点曲げ試験を行った。三点曲げ試験では、長さ 85 mm, 幅 12.7 mm, 厚さ 3.1 mm の PGA 試験体を三点曲げ治具 (支点間距離 50 mm) に設置し、インストロン万能試験機 (TG-5kN, ミネベア) を用いて負荷速度 2 mm/min で曲げ荷重を与えることにより三点曲げ試験を行った。得られた応力-ひずみ曲線図における最大応力値を曲げ強度とし、曲げ弾性係数は初期直線部分 (比例限) の傾きから算出した。なお試験体数は 10 本とした (n=10)。

PLLA, PGA および純チタンの微小硬さを明らかにするために、各資料表面に Berkovich 圧子を押し込み、付加-除荷試験を行うことでダイナミック硬さおよび弾性係数<sup>7)</sup>の測定を行った。ダイナミック超微小硬度計 (DUH-211, 島津) を用い、最大荷重 196.10 mN, 負荷速度 13.32 mN/秒, 荷重保持時間 15 秒の条件で行った。得られた微小荷重-押し込み深さ線図より、ダイナミック硬さおよび弾性係数を算出した。なお試験体数は各 5 個とし (n=5), 1 試料につき 3 点の計測を行った。

結果を Fig.2 に PLLA と PGA と Ti の機械的性質の比較を示す。PLLA, PGA は、従来のアンカースクリューの素材である Ti と比較して、曲げ特性及びダイナミック微小硬さともに低い値を示した。さらに、PLLA は PGA よりも低い値を示した。

## 2. 骨芽細胞の分化の検討

骨芽細胞の分化に及ぼす影響を明らかにするために、Osteocalcin と Collagen type1 の遺伝子発現量の検討を行った。ヒト骨芽細胞に近い特徴を有するマウス頭蓋冠由来の骨芽細胞様細胞株 MC3T3-E1 細胞を DS ファーマバイオメディカルより購入した。10%ウシ胎児血清 (FCS), 100U/ml ペニシリン G ナトリウム, 100µ/ml ストレプトマイシン, 0.25µg/ml アンホテリシン B 含有  $\alpha$ -MEM 培地にて 37°C, 5%CO<sub>2</sub> 下で培養し 3 日ごとに継代した。MC3T3-E1 細胞を  $5 \times 10^3$ /6-well plate にて播種後、試料として PGA, Ti を添加し、21 日間培養を行った。細胞のみ培養させたものを対照群 (control) とした。培養後、RNeasy<sup>®</sup> Mini kit (QIAGEN Co, Maryland, USA) で Total RNA を抽出し、PrimeScript<sup>™</sup> RTreagent Kit (TAKARA Co, Siga, Japan) にて RT-PCR 法を行い、SYBER Green I を用いたインターカレーター法にて Osteocalcin, Collagen type 1 の遺伝子発現量の検討を行った。なお試験体数はそれぞれ 3 とした (n=3)。

Fig.3, Fig.4 に MC3T3-E1 細胞における Osteocalcin および Collagen type 1 の遺伝子発現量を示す。Osteocalcin, Collagen type 1 とともに PGA, Ti 群ともに経時依存的に増加した。Osteocalcin は Control 群と比較し 7 日後から PGA 群, Ti 群ともに有意差を認め、Collagen type 1 は Ti 群は 3 日目から、PGA 群は 14 日目から有意な増加を認めた。

## 3. 擬似体液浸漬試験におけるアパタイト生成能の評価

生体内におけるアパタイト生成量および生成速度を明らかにするため PGA, Ti をポリスチレン容器中に 15 ml の Hanks 溶液 (pH=7.4, 37°C)<sup>8)</sup>に浸漬した。浸漬期間は 0, 1, 7, 14 日とし、Hanks 溶液は毎日新しく交換した。浸漬後の PGA, Ti は蒸留水にて洗浄し、デシケータ中で乾燥した後、電界放射走査電子顕微鏡 (FE-SEM) にて表面観察を行った。なお対照群として Ti についても同様の浸漬試験を行い、アパタイトの析出状態を観察した。なお試験体数はそれぞれ 3 とした (n=3)。

## 研究結果（つづき）

Fig.5 に擬似体液に浸漬した後の試験体表面の FE-SEM 像を示す。Ti 表面ではアパタイト結晶が 1 日後から析出していることが確認できたが、PGA 表面においてアパタイト結晶は 14 日経過後も認められなかった。

## 4. 重量変化率の測定

生体内における PGA の溶解性および安定性を明らかにするために、ポリスチレン容器中に 15 ml の蒸留水 (pH=7.0, 37°C), リン酸塩緩衝液 (pH=7.4, 37°C, 以後 PBS) をそれぞれ入れたものを用意し、12 週間浸漬した。蒸留水、PBS は毎日新しいものに交換した。浸漬中 1 週ごとに水中から試験体を取り出しデシケータ中で 1 時間乾燥後、秤量精度 0.1 mg の電子天秤 (AG285, メトラー・トレド) を用いて重量を計測し、浸漬前後の重量の変化率を算出した。なお試験体数はそれぞれ 6 とした (n=6)。

Fig.6 に PGA を蒸留水、PBS に浸漬した重量変化率を示す。3 週目までは PGA の吸水性によりわずかな増加が見られたが、4 週後から溶解が始まり、8 週目以降は著しい減少を認めた。12 週目には把持が困難になり測定不能となった。また蒸留水との明らかな違いは認められなかった。

## 【考察、今後の展望】

歯科矯正治療では、さまざまなタイプの不正咬合を予防・治療するために各種材料の特性を生かした装置が使用されている。一方、国民の健康に対する意識の向上や歯科医療の高度化により、近年口腔内において使用される歯科材料・歯科生体材料に対するニーズが高まっている。矯正用アンカースクリューを用いた矯正では、従来の矯正治療装置のみを使用した矯正治療と比較して、アンカースクリューを様々な位置に埋入することにより、より自由な方向に歯を移動させることが可能となった<sup>10)</sup>。しかしながら歯槽骨へのアンカースクリューの保持はネジの機械的嵌合力のみに頼っているため、治療中に脱落することがあり<sup>11)</sup>、その場合は再度スクリューを埋入する処置が必要となる。さらに矯正治療後にはアンカースクリューを歯槽骨から撤去する観血処置が必要となるため、患者に対する侵襲も存在する。また、アンカースクリューの小型化が進み、スクリューの骨内での破折という偶発症も無視できない問題点となっている。

そこで本研究では、従来の素材であるチタンの代わりに生体吸収性高分子材料であるポリ-L-乳酸 (PLLA) やポリグリコール酸 (Polyglycolic acid: PGA)<sup>8,13)</sup>、あるいはそれらに骨伝導性に優れるハイドロキシアパタイト (Hydroxyapatite, 以後 HA) を複合化したコンポジット材料を素材としてアンカースクリューに適用することで、骨適合性に優れるとともに最終的には生体内に吸収される新規な歯科矯正用アンカースクリュー材料の開発を目的とする。本研究では PLLA, PGA のアンカースクリュー応用を目的として、主な材料である PLLA, PGA の性質を明らかにし、従来のアンカースクリュー材料である純チタン (以後 Ti) との機械的、生物学的性質の比較・評価を検討した。

実際の矯正治療期間中にはアンカースクリューに持続的な曲げモーメントが負荷されるために、アンカースクリュー素材の曲げ特性は非常に重要である。PGA は Ti に比べて曲げ特性は低い値を示したが、CB の曲げ特性とは近似しているという結果であった。このことから PGA に曲げモーメントが負荷される際、歯槽骨と協調して変形するものと推測され、歯槽骨の破壊が起こりづらいつ考えられる。一方、ダイナミック硬さと押し込み弾性率が Ti に比べ低い値であった。アンカースクリューの表面硬さに起因する機械的摩擦はアンカースクリュー埋入時のトルクに大きな影響を及ぼすため、PGA の機械的強度については今後改良する必要があると考えられる。また生物学的な評価では、骨芽細胞分化の指標である Osteocalcin, Collagen type 1 の遺伝子発現量が増加したことから PGA が Ti 同様に骨芽細胞の分化を誘導することが確認できた。一方、アパタイト生成能の評価では PGA 表面にアパタイト結晶の析出が見られなかったことから、アパタイトの形成能が低いことが考えられる。さらに生体内を想定した擬似体液浸漬後の重量変化は 4 週後から溶解が始まり、その後は十分な加水分解様相を示すことが明らかになった。



部科校名：松戸歯学部

氏名：山口 大

## 研究結果（つづき）

以上のことから PGA は骨芽細胞を増殖させる作用があり、骨との適合性に優れることが明らかになった一方で、溶解が早いことからアンカースクリューの使用期間に対する強度が不足していることが示唆された。

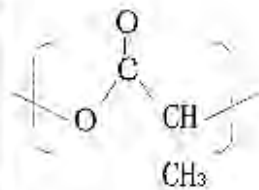
現在、再生医療分野において、移植する生体部位に人工生体デバイスが効果的に適合するように、PGA などの生体吸収性高分子材料と骨伝導性を有する HA などのリン酸カルシウム系材料とを複合化させたコンポジット材料の開発研究が行なわれている。これらの生体吸収性高分子/リン酸カルシウムコンポジット材料は生体吸収性高分子材料単体と比較して、機械的性質やアパタイト生成能に優れることが報告されている<sup>8,13)</sup>。そのため今後は、PGA の機械的性質および生体適合性を向上させるために、PLLA, PGA に HA を添加した PLLA/HA, PGA/HA コンポジット体を作製し、HA の添加量が PLLA/HA, PGA/HA コンポジット体の機械的性質や生体適合性に及ぼす影響について検討する予定である。

## 【参考文献】

- 1) 江頭有三、他：インプラント材としてのチタンの熱処理温度と疲労破壊の関係,日口腔インプラント誌 23(2),12-20,2009
- 2) 和田賢一：チタン鑄造体の曲げ特性に関する研究,歯科材料・器械 12(2), 225-241,1993
- 3) Kuhn J.L., et al.: The limitations of canine trabecular bone as a model for human, biomechanical study, J Biomech 22(2),95-107,1989
- 4) Sedlin E.D., Hirsch C.: Factors affecting the determination of the physical properties of femoral cortical bone, Acta Orthop Scand 37(1),29-48,1966
- 5) Rho J., et al.: Elastic properties of microstructural components of human bone tissue as measured by nanoindentation,J Biomed Mater Res 45,48-54,1999
- 6) JISK7171 プラスチックー曲げ特性の求め方
- 7) Tanimoto Y., Teshima M., Nishiyama N., et al.: Tape-cast and sintered  $\beta$ -tricalcium phosphate laminates for biomedical applications: Effect of milled  $Al_2O_3$  fiber additives on microstructural and mechanical properties, J Biomed Mater Res 100,2261-2268,2012
- 8) Tanimoto Y., Nishiyama.: Preparation and in vitro behavior of a poly(lactic acid)-fiber/hydroxyapatite sheet, Advances in Materials Science and Engineering,1-4,2009
- 9) 植木和弘, 安香譲治, 上里聡：最近のインプラントスクリューに関する臨床的考察,Journal of Orthodontic Practice 8,11-28,2006
- 10) 友成博, 八木孝和, 北嶋文哲, 他：矯正用インプラントアンカー（仮称；スクリュータイプ）の安定性に影響する因子の文献的考察, Orthodontic Wave-Japanese Edition 71(1),1-13,2012
- 11) Rasal R.M., Janorkar A.V., Hirt D.E.:Poly(lactic acid) modifications. Progress in Polymer Science 35,338-356,2010
- 12) Athanasiou K.A., Niederauer G.G., Agrawal C.M.:Sterilization, toxicity,biocompatibility and clinical applications of polylactic acid/polyglycolic acid copolymers. Biomater 17,93-102,1996
- 13) Shikinami Y., Okuno M.: Bioresorbable devices made of forged composites of hydroxyapatite (HA) particles and poly-L-lactide (PLLA),Part 1. Basic characteristics. Biomater 20,859-877,1999

研究結果 (つづき)

PLLA



PGA

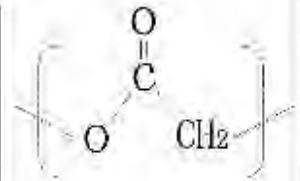


Fig. 1 Structural formula of PLLA and PGA

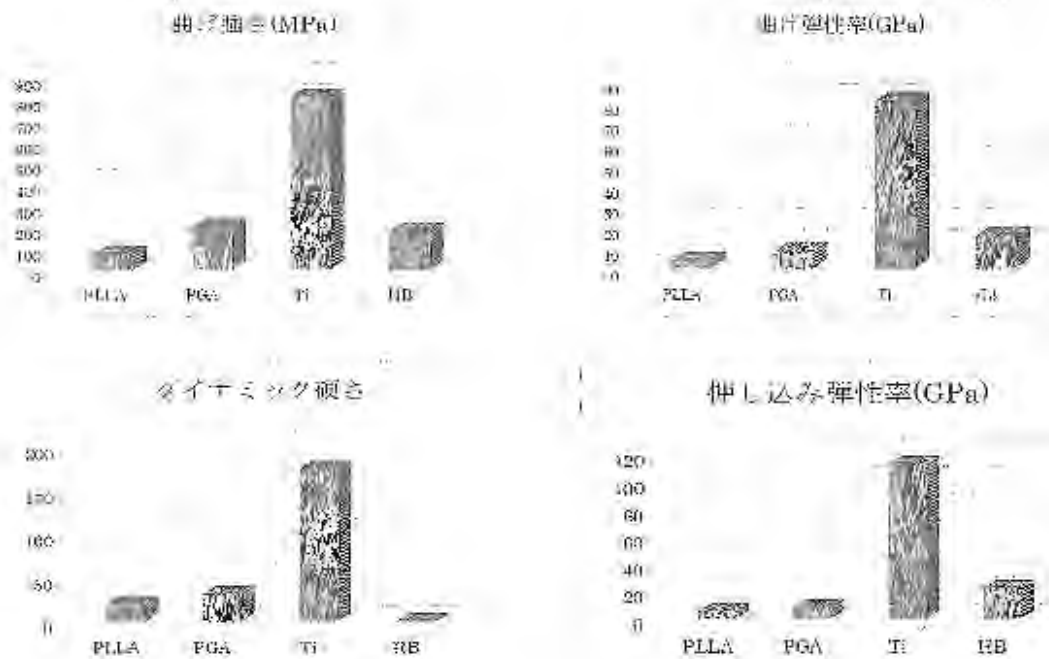
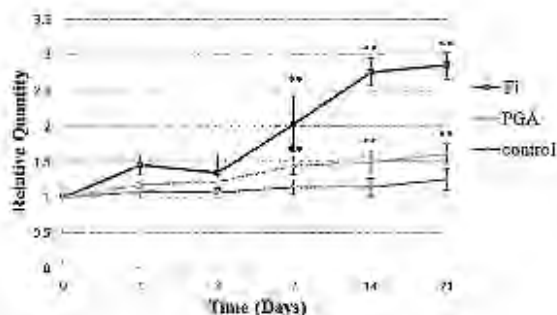


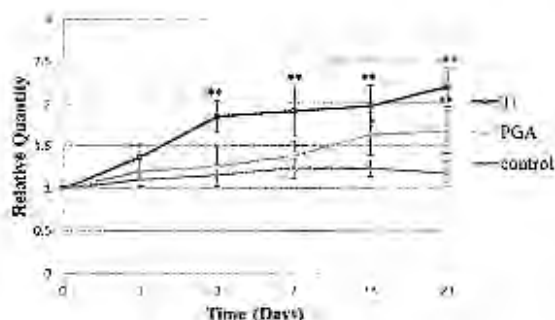
Fig.2 Mechanical properties of PLLA, PGA, Ti and HB.

研究結果 (つづき)



Significantly different from the control \*\*P<0.01

Fig.3 The mRNA expression of osteocalcin



Significantly different from the control \*\*P<0.01

Fig.4 The mRNA expression of collagen type I

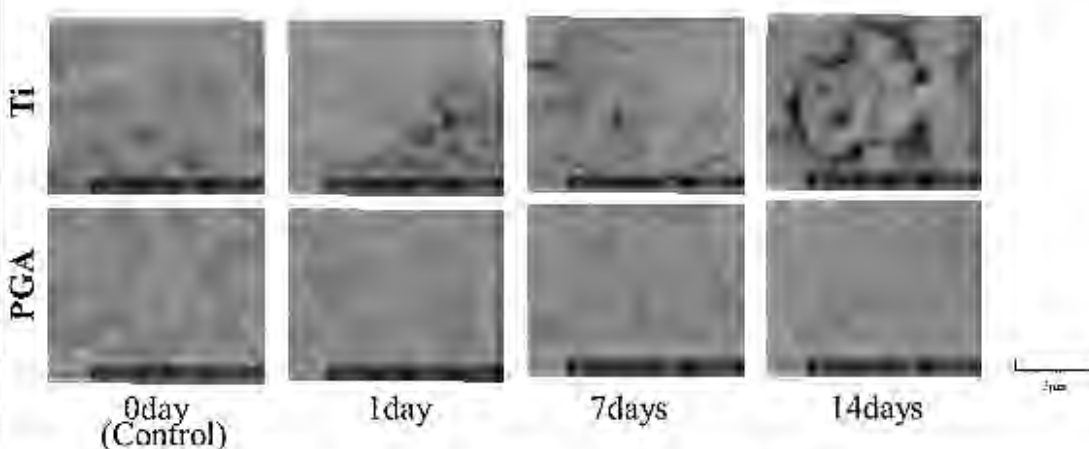


Fig.5 FE-SEM photographs showing surface appearance of PGA and Ti after immersion in Hanks balanced salt solution.

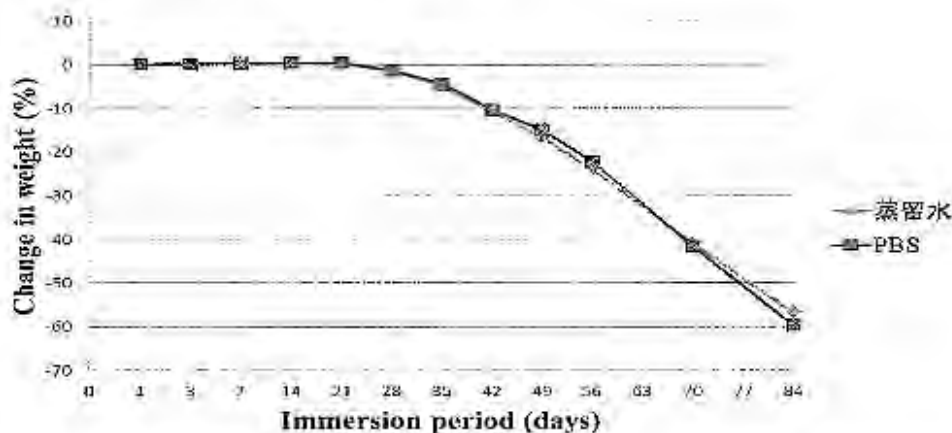



Fig.6 Weight change of PGA after immersion in distilled water and PBS at 37°C.

平成25年度 学術研究助成金〔総合研究〕実績報告書

平成 26年 4月 25日

日 本 大 学 学 長

氏 名 \_\_\_\_\_ 山形 一雄  印

所属・資格 \_\_\_\_\_ 生物資源科学部・教授

下記のとおり報告いたします。

1 研究課題 健康長寿をめざした食品中の新規高次生理機能分子の探索とその分子機構		
2 研究組織		
氏 名	所属部科校・資格	役割分担
○研究代表者名 山形 一雄	生物資源科学部／教授	研究の統括と食品成分による老化に関連した血管内皮細胞障害の予防効果の探索と機構解明
○研究分担者 関 泰一郎	生物資源科学部／教授	生体内酸化ストレスおよびがんに対する予防効果を有する機能性食品成分の探索と機構解明
熊谷 日登美	生物資源科学部／教授	糖代謝異常に対する改善効果を有する機能性食品成分の探索と機構解明
細野 朗	生物資源科学部／教授	老化による大腸免疫系応答への影響の解析と食品成分による調節作用の解析と機構解明
宇野 茂之	医学部／専任講師	DNA 付加体形成および修復メカニズムをターゲットにした発がん抑制物質の探索と機構解明
3 本研究に関連して外部資金への申請状況、獲得状況		
科研費補助金（平成26年度） 山形一雄（研究代表）「遺伝的脳卒中モデルラットの血液脳関門は脆弱かーインビトロ再構築技術を用いた検討」基盤研究C 不採用		

※「6 研究結果」について、ホームページ等での公開  否  いずれかを○で囲んでください。  
 否の場合は、理由書を添付して下さい。

部科校名：生物資源科学部

氏名：山形 一雄

## 4 研究目的

健康長寿を阻害するこれらの疾病リスクの低減化をめざし、細胞内の機能調節作用、炎症制御と食品機能分子との関係について、先端的生体機能解析システムを用いて統括的に解明することを目的とする。特に、抗炎症・抗がん・抗老化を重要なキーワードとして、食機能の新規な評価システムを構築し、新しい作用を持つ高次機能性食品の創出を目指し、その成果を生命の健全な維持に役立てることを目的とする。

そこで本研究では、健康長寿に対する負の要因である疾病リスクを考慮し以下の検討を行った。

○抗老化をめざした機能性食品成分の探索とその分子機構の解明

(1) 生活習慣病の発症に関わる因子による血管内皮細胞 (EC)の障害と老化制御に対する食品成分の影響

○抗炎症・抗がんをめざした機能性食品成分の探索とその分子機構の解明

(2) 生体内酸化ストレス抑制、がん予防効果を有する機能性食品成分の探索

(3) DNA 付加体形成および修復メカニズムをターゲットにした発がん抑制物質の探索

(4) 食後血糖値上昇抑制作用を有する機能性食品成分の探索

(5) 老化モデル動物を用いた腸内共生菌による大腸免疫系の免疫制御機構の解明と抗炎症に寄与する機能性食品成分の探索

(6) 共生菌と宿主細胞の相互作用に着目した腸管における炎症反応の抑制機構の解明と腸管の炎症制御に寄与する機能性食品成分の探索

## 5 研究概要

本研究課題を達成するために、以下の項目の研究を推進した。

(1) 生活習慣病の発症に関わる TNF- $\alpha$ , IL-1 $\beta$  および 7KC で誘導される血管内皮細胞における凝固・線溶系の異常、インスリン伝達不全および老化誘導に対する食品成分の予防特性の探索

TNF- $\alpha$ , IL-1 $\beta$  および 7-ケトコレステロール (7KC) で誘導される血管内皮細胞 (EC)の機能不全やインスリンの反応性および老化制御に関わる複数の遺伝子発現に対する食品成分 (DHA, レスベラトロール, ルチン, EGCG 等) の影響を遺伝子の発現レベルやパターンから検討した。

(2) 生体内酸化ストレス抑制、がん予防効果を有する機能性食品成分の探索

ガーリック由来のアリルスルフィドが lipopolysaccharide (LPS)刺激したマクロファージ様細胞株の NO 産生を抑制するが、その抑制メカニズムについて追究した。

(3) DNA 付加体形成および修復メカニズムをターゲットにした発がん抑制物質の探索

がん化へのイニシエーションの原因として発がん性物質の DNA 付加体形成が挙げられる。たばこの煙に含有しているベンゾ [a] ピレン (BaP) は発がん物質としてよく知られているが、詳細なメカニズムは明らかになっていない。そこで本研究では ①BaP DNA 付加体メカニズムを解明、②BaP DNA 付加体の修復メカニズムの解明、③これらメカニズムに関与する新規ターゲット分子に対する発がん抑制作用物質の探索へと発展させた。

(4) 食後血糖値上昇抑制作用を有する機能性食品成分の探索

糖尿病患者の大半を占める 2 型糖尿病には、食生活などの環境要因がその発症に大きく影響しており、糖尿病の発症予防と進行抑制には、食後の血糖値上昇値の管理が重要であるとされている。そこで本研究では、穀物などの植物性の食品素材中から食後血糖値上昇抑制作用を有する成分の探索を行った。

(5) 老化モデル動物を用いた腸内共生菌による大腸免疫系の免疫制御機構の解明と抗炎症に寄与する機能性食品成分の探索

老化モデルマウスの小腸および大腸の腸管関連リンパ組織の細胞応答および遺伝子発現を網羅的に解析し、この応答がプロバイオティクスやプレバイオティクスと行った食品成分によってどのように制御されているのか解析を行い、健康長寿に寄与できる食品成分や大腸免疫系における特徴的な分子の探索を行った。

(6) 共生菌と宿主細胞の相互作用に着目した腸管における炎症反応の抑制機構の解明と腸管の炎症制御に寄与する機能性食品成分の探索

生体で最大の免疫系を有する腸管には免疫応答に関わる多数の細胞が存在し、これらの宿主細胞と腸内細菌との相互作用を介して恒常性が維持されている。本研究では腸管内で腸内細菌による炎症制御機構を明らかにするために、腸管免疫系細胞のフェノタイプと機能性の特徴について分子細胞生物学的な解析を行った。

部科校名：生物資源科学部

氏名：山形 一雄

## 6 研究結果 (4,000字以上記入してください。)

(1) 生活習慣病の発症に関わる TNF- $\alpha$ 、IL-1 $\beta$  および 7KC で誘導される血管内皮細胞における凝固・線溶系の異常、インスリン伝達不全および老化誘導に対する食品成分の予防特性の探索

生活習慣病の発症に関連する因子として、TNF- $\alpha$ (インスリン抵抗性誘導)、7KC(動脈硬化促進)、および IL-1 $\beta$ (炎症促進)を選定し、種々の濃度(それぞれ4濃度)や時間(1~48時間)でヒト血管内皮細胞(EC, ISO-HAS)を刺激し、凝固・線溶系、インスリン伝達および老化制御に関わる遺伝子の発現を検討した。また同時に、これら遺伝子発現に対する複数の食品成分の修飾作用について調べ、作用の程度や特性などを検討した。その結果、TNF- $\alpha$ 、7KC および IL-1 $\beta$  の刺激で接着分子の発現に加えて PAI-1、vWF、GP3a や PECAM および TRX2 の遺伝子発現がそれぞれ増加した。これら増加した遺伝子発現に対し、DHA、レスベラトロールを1~50 $\mu$ Mの濃度の範囲で添加すると程度やパターンは異なるが阻害作用を示した。また、TNF- $\alpha$  刺激で IRS1、InsR および Glut4 の遺伝子発現が減少し、DHAの添加で、これら減少した遺伝子発現が、それぞれ逆に増加した。IL-1 $\beta$  の刺激では InsR、IRS1、IRS2 および PI3K の発現の減少が確認された。また、7KC 刺激で上記遺伝子の全てが減少し DHA の添加で IRS1、IRS2 および PI3K の発現が増加した。加えて、老化調節に関与する複数の遺伝子発現に対して IL-1 $\beta$  の効果を検討した結果、Sirt1 の遺伝子発現が減少した。また、IL-1 $\beta$  刺激で老化制御に関与する p66shc、CDK5 および GLB-1 などの遺伝子発現は増加した。一方、DHA の添加で IL-1 $\beta$  で増加した p66shc および CDK5 の遺伝子発現が減少した。これら結果は、複数の食品成分が生活習慣病と関連して誘導される凝固・線溶系、インスリン伝達および老化制御に係わり修飾する作用を有する可能性を示す。

さらに今回検討した食品成分の内、作用が顕著だった DHA について、動脈硬化の初期のイベントである単球側の接着分子の発現阻止作用について解析を進めた。すなわち、TNF- $\alpha$  で単球株化細胞 THP-1 を刺激し Lox-1 や複数の接着分子の発現、および泡沫化形成に対する DHA の影響を検討した。その結果 DHA は、TNF- $\alpha$  で誘導された Lox-1、Nox2、p47phox、ITGA4 および ITGAL のいずれの遺伝子表現も阻止した。同時に DHA は、TNF- $\alpha$  で誘導されたアセチル化-LDL の蓄積や活性酸素種(ROS)の産生も顕著に抑制した。加えて、複数の阻害剤を使用した検討から PI3 キナーゼ阻害剤 LY294002 が DHA の効果を阻止することを突き止め、DHA の作用が PI3 キナーゼの作用を介し誘導される事を示した(Yamagata ら PLFA 2014)。一方、EC 障害後に高まる脳卒中中の *in vitro* モデル系についても検討し、同時に食品成分の作用特性についても検討した。すなわち、正常対象ラット(WKY)、脳卒中ラット(SHRSP)および SHRSP のコンジェニックラット(SHRpch1\_18)のアストロサイトをそれぞれの胎児(胎生21日目)の脳から分離培養、同定後、アルギニンバゾプレッシン(脳浮腫誘導刺激)や低酸素(1%酸素濃度、虚血性脳卒中刺激)で刺激した後、神経栄養因子や L-セリンの供給能について系統間で比較・解析した。その結果、上記の虚血性脳卒中誘導刺激で SHRSP および SHRpch1\_18 の両系統とも WKY に比べ顕著に L-セリン産生調節や複数の神経栄養因子の発現が減弱していることが判明した(Yamagata ら Neuroscience 2014)。DHA の添加は、SHRSP における神経栄養因子 BDNF や NGF の遺伝子発現を増加させた。これら結果は、食品成分の EC における老化調節などの作用特性の一部を示し、特に DHA が EC の健全性維持や老化調節に作用し、同時に脳アストロサイトで神経栄養因子の発現を介して脳卒中予防に貢献する可能性を示す。

## (2) 生体内酸化ストレス抑制、がん予防効果を有する機能性食品成分の探索

炎症反応においてマクロファージが産生する過剰な一酸化窒素(NO)は、炎症反応を増強して、発がんやメタボリックシンドロームなどに関与することが考えられている。ガーリックは抗がん作用、抗血栓作用など様々な機能性を有することが明らかにされている。また、ガーリック由来のアリルスルフィドが lipopolysaccharide (LPS) 刺激したマクロファージ様細胞株の NO 産生を抑制するが、その抑制メカニズムについては明らかにされていない。本研究では、ガーリック由来の機能性成分の一つである diallyl trisulfide (DATS) に着目して、ガーリックの炎症抑制メカニズムを明らかにしようとした。マウスマクロファージ様細胞株 RAW264.7 に種々の濃度の DATS を添加して30分間前培養後、LPS (1  $\mu$ g/ml) を添加して一定時間培養した。また、LPS を添加して24時間後、DATS を添加する試験群も設定した。これらの細胞と培養液を回収し、iNOS のタンパク質発現量、iNOS 発現に関連する転写因子 NF- $\kappa$ B を中心としたシグナル分子の発現量やリン酸化について Western blotting により解析した。培地中の NO 産生量は Griess 法により測定し

部科校名：生物資源科学部

氏名：山形 一雄

## 研究結果（つづき）

た。RAW264.7によるNO産生量はLPS刺激により増加した。LPSによるNO産生量の増加は、DATSの前処理により濃度依存的に減少した。NOの産生量の変化とよく一致して、iNOSのタンパク質発現量はLPS刺激により増加し、DATSの前処理により濃度依存的に減少した。NF- $\kappa$ Bのリン酸化および核内移行、inhibitor of NF- $\kappa$ B (I $\kappa$ B)のリン酸化および分解、I $\kappa$ B kinase (IKK)のリン酸化はLPS刺激により増加したが、これらの増加はDATSの前処理により抑制された。また、LPS添加によるiNOSの発現誘導後にDATSを添加してもiNOSの発現量は減少した。DATSはLPSによるNF- $\kappa$ Bシグナルを抑制してiNOSの発現を減少させNO産生を抑制することと、DATSはiNOSの分解を促進する可能性が明らかになった。

## (3) DNA付加体形成および修復メカニズムをターゲットにした発がん抑制物質の探索

発癌物質であるベンゾ[a]ピレン (BaP) の癌化イニシエーションへのメカニズムを明らかにする目的でBaP DNA付加体形成とBaPの主要な代謝酵素として知られているCYP1A1の発現との関連性を様々な細胞株を用いて解析した。細胞株におけるBaP DNA付加体形成は、HepG2>>>CaCo2>U937>THP1>>>SW480の順で、HEK293細胞では検出できなかった。BaPによるCYP1A1の遺伝子発現誘導はCaCo2>>>U937>HepG2>>>SW480, THP1, HEK293の順でBaP DNA付加体形成との相関は見られなかった。また、HepG2細胞において、ニンニク精油成分のDNA付加体形成への影響を検討したところ、BaPの代謝酵素バランスを変化させることでROS産生およびBaPのDNA付加体形成を亢進させることを明らかにした。高濃度のDATSはBaPの代謝に関与するCYP1A1の遺伝子発現を相乗的に誘導することを明らかにした。これらの結果から機能性食品成分がDNA付加形成を調節する可能性が示唆された。

## (4) 食後血糖値上昇抑制作用を有する機能性食品成分の探索

コムギには、 $\alpha$ -アミラーゼ阻害作用を有するタンパク質が含まれていることが知られているが、その他の穀類中の $\alpha$ -アミラーゼインヒビターに関しての情報は少ない。我々は、コメのアルブミン画分の14~16 kDaタンパク質が、昆虫の $\alpha$ -アミラーゼを阻害するものの、哺乳類の $\alpha$ -アミラーゼは阻害しないこと、それにも関わらず、食後血糖値上昇抑制作用を有することを明らかにした。さらに、この $\alpha$ -アミラーゼインヒビターは、難消化性であり、デンプン負荷時だけでなく、グルコース負荷時にも血糖値上昇抑制作用を示した。

一方、ソバ中のアルブミンは、昆虫およびブタ膵臓由来の $\alpha$ -アミラーゼを阻害したが、ヒト唾液由来の $\alpha$ -アミラーゼに対しては阻害活性を示さなかった。このソバアルブミンは、デンプン負荷時には血糖値上昇を抑制したが、グルコース負荷時には血糖値上昇抑制作用を示さなかった。さらに、ソバアルブミンを消化酵素により分解後も $\alpha$ -アミラーゼ阻害活性は保持されており、血糖値上昇抑制作用も有していた。また、メイラード反応により、ソバアルブミンにローカストビーンガムを修飾した場合には、 $\alpha$ -アミラーゼ阻害活性はやや低下したものの、食後血糖値上昇抑制作用は、ソバアルブミン単独投与時よりも、やや高くなった。

## (5) 老化モデル動物を用いた腸内共生菌による大腸免疫系の免疫制御機構の解明と抗炎症に寄与する機能性食品成分の探索

老化モデルとしてSAMP1マウスを、その対照としてSAMR1マウスを用いて、乳酸菌加熱死菌体を同マウスに経口投与し、腸管免疫系細胞応答に与える影響を検討した。両群のどちらも、12週齢以上のマウスを用いて乳酸菌の加熱死菌体を経口投与群、または非投与群に分けて2週間飼育後、大腸および小腸部位の腸管粘膜中の総IgA量を測定した。その結果、乳酸菌投与群が他の群と比較して大腸粘膜における総IgA量が高い傾向がみられたが、小腸部位における腸粘膜中総IgA量には差は認められなかった。さらに、加齢による影響をSAMP1およびSAMR1マウス間での差は認められなかった。したがって、腸管免疫系に対するR-1菌体由来成分の作用については、菌体自体には大腸部位の総IgA産生に対して活性化させる可能性があるかもしれないが、加齢条件における検討としては条件が適切ではないことが明らかとなった。一般に、SAMマウスは若齢でも加齢様の症状を示す老化促進モデルマウスとして報告されているマウスであるが、腸管免疫系を標的とした加齢モデルとしてはあまり適切であるとはいえないと推察されたことから、今後、50週齢を超えた加齢条件のモデルマウスを使用して、食品成分の免疫調節作用について検討を行っていく予定である。

注：必要に応じて、このページをご使用ください。

部科校名：生物資源科学部

氏名：山形 一雄

## 研究結果（つづき）

## (6) 共生菌と宿主細胞の相互作用に着目した腸管における炎症反応の抑制機構の解明と腸管の炎症制御に寄与する機能性食品成分の探索

大腸部位は小腸に比べて膨大な数と種類の腸内細菌を有し、通常は過敏な炎症反応を起こさずに腸内の恒常性を維持している。腸管免疫系は、生体における最大の免疫器官でありながら、本来は生体外異物である腸内細菌を完全に排除せずに、炎症制御していると考えられることから、腸管関連リンパ組織の細胞が組織ごとに異なる機能性をもっているのではないかと仮説を立てた。そこで、各リンパ組織の細胞フェノタイプについて組織ごとに比較すると共に、その細胞応答の特徴を遺伝子レベルでの解析を試みた。

その結果、 $CD4^+$ T 細胞の活性化/ナイーブマーカーについて解析を行ったところ、結腸リンパ節 (CoP) 細胞は  $CD4^+$   $CD69^{high}$  の発現が小腸パイエル板 (PP) 細胞および盲腸リンパ節 (CeP) 細胞に比べて有意 ( $p < 0.05$ ) に低いこと、さらに、CoP 細胞の  $CD4^+$   $CD45RB^{low}$  は PP および CeP 細胞よりも発現が低い傾向がみられた。これにより、活性化/ナイーブマーカーの発現については、CoP においては  $CD4^+$  T 細胞の感作型細胞の割合が他の腸管関連リンパ組織に比べて低い特徴をもつことが示唆された。腸内共生菌の数が多き大腸部位において、CeP と CoP における細胞フェノタイプは異なっていることが明らかとなり、特に、結腸部位の CoP の細胞特性は PP および CeP とは異なる可能性が考えられた。一方、腸管関連リンパ組織の PP および CeP について、抗原提示細胞として T 細胞除去画分を調製して DNA マイクロアレイによる遺伝子の網羅的な発現について解析を行ったところ、CeP 細胞に比べて PP 細胞の方が発現の高い遺伝子には、ケモカインや炎症性サイトカイン IL-12p40 など、自然免疫系細胞が抗原感作によって誘導されて免疫反応の初期に見られる分子に関するものが特徴として見られた。食品成分の影響により腸内環境が変化することが予想されるため、今後、食品成分による同マーカーに対する影響を検討していく予定である。

## まとめ

本研究は、炎症・がん・老化が、腸内共生菌や食品成分と相互にどのような仕組みで制御されるのか、それぞれに対して適切な応答性を獲得し、腸管の恒常性を維持する制御機構を解明した。特に、加齢による炎症反応を介した疾病リスクの増加を機能性食品成分によって如何に制御できるかが重要な鍵となるため、基礎から応用にわたる生命科学分野、食品機能学、分子遺伝学、細胞生物学、分子免疫学、内分泌学などの研究を結集し、本研究の最終目標に向かって挑戦した。すなわち消化管の恒常性の維持機構およびその破綻によるがん・循環器系疾患、糖代謝異常、アレルギーや感染症などの疾患の制御機構を解明し、さらに、疾病リスク低減化をめざした機能性食品成分の探索を行い、健康長寿をめざした機能性食品の設計のための基盤を確立した。

また、先端食機能研究センターを中心に組織された本研究は、特徴的なバックグラウンドと経験を生かして、以下のような独創的な研究を実現した。①実験に用いる動物個体において腸内共生菌の刺激を厳密に制御するためには、腸内共生菌を全く持たない無菌動物に特定の腸内共生菌を人為的に導入する実験系が必要のため、ノトパイオート実験動物を用いた腸管免疫系研究を行なった。さらに、②腸管の特定の分子や細胞の機能を特異的に制御した条件下で、分子レベル・細胞レベルでの詳細な解析を行うのに十分な分子生物学の実験技術により、腸内共生菌が生体防御系、糖代謝・脂質代謝系、循環器系にどのように作用するかを厳密に評価・解析した。また、③腸内共生菌の遺伝子解析を統計的に行うメタアナリシス法も実施した。

このような研究チームによって、はじめて宿主の生理機能の恒常性の維持・破綻と腸内共生菌・食品との関係を解明することができた。そして、この解明により、最も効果的に腸内共生菌や食品機能分子により疾病リスクを制御するためのターゲットを明らかにすることが可能となった。

近年、この分野に対する社会的な関心は非常に高く、現代の超高齢化社会に対応した疾病リスクの低減化を図る機能性食品分子に関する研究は、避けて通ることのできない重要な課題である。すなわち老化による生活習慣病等の予防につながる食品科学はもちろん、治療効果を有する食品機能分子の作用機序を明確にし、その活性本体の分子構造を解明したことにより、かかる疾病リスクに対する新たな医薬品の開発も可能になることが今後期待される。

注：必要に応じて、このページをご使用ください。



部科校名：生物資源科学部

氏名：山形 一雄

## 研究結果（つづき）

## 業績

## (1) 著書・雑誌論文等

- ・ Yamagata K, Tagami M : Prevention of ischemia-induced neuronal apoptosis by vitamin E in stroke-prone spontaneously hypertensive rats - cellular mechanisms of antioxidant. In ; Bioactive nutraceuticals and food supplements in neurological and brain disease ; prevention and therapy. (Ronald Ross Watson & Victor R. Preedy eds), Elsevier Science & Technology Books. in press (2014) .
- ・ Yamagata K, Tagami M, Yamori M : Dietary polyphenols regulate endothelial function and prevent cardiovascular disease. *Nutrition* in press (2014).
- ・ Yamagata Y, Yamamoto M, Kawakami K, Ohara H, Nabika T : Arginine vasopressin regulated ASCT1 expression in astrocytes from stroke-prone spontaneously hypertensive rats and congenic SHRpchl\_18 rats. *Neuroscience* 267 (5) 277-285 (2014).
- ・ Yamagata K, Tsuruta C, Ohtuski A, Tagami M : Docosahexaenoic acid decreases TNF- $\alpha$ -induced lectin-like oxidized low density lipoprotein receptor-1 expression in THP-1 cells. *Prostaglandins Leukotrienes & Essential Fatty Acids (PLAF)* 90 (4) 125-132 (2014).
- ・ Shen Y, Honma N, Kobayashi K, Jia LN, Hosono T, Shindo K, Ariga T, Seki T : Cinnamon extract enhances glucose uptake in 3T3-L1 adipocytes and C2C12 myocytes by inducing LKB1-AMP-activated protein kinase signaling., *PLoS One* ; 9 (2) : e87894 (2014).
- ・ Abe R, Shimizu S, Yasuda K, Sugai M, Okada Y, Chiba K, Akao M, Kumagai H, Kumagai H : Evaluation of the reduced allergenicity of deamidated gliadin in a mouse model of wheat-gliadin allergy using an antibody prepared by a peptide containing three epitopes. *J Agric Food Chem* 62(13) 2845-2852 (2014).
- ・ 秋間 彩香, 谷米 (長谷川) 温子, 熊谷 日登美, 熊谷 仁 : “えん下困難者用食品” の基準中のテクスチャー試験法 (TPA) に関する考察, 日食工誌, 15 (1) 15-24 Nippon Shokuhin Kogaku Kaishi. *Japan J Food Eng (Japan Society for Food Engineering)* (2014).
- ・ 谷米 (長谷川) 温子, 小倉 聖美, 秋間 彩香, 神山 かおる, 熊谷 日登美, 熊谷 仁 : 2 バイトテクスチャー試験 (TPA) で得られるパラメータと超音波パルスドプラー法で求められる咽頭部流速との関係, 日食工誌, 14 (2) 87-96 Nippon Shokuhin Kogaku Kaishi (Japan Society for Food Engineering) (2013).
- ・ Yanagibashi T, Hosono A, Oyama A, Tsuda M, Suzuki A, Hachimura S, Takahashi Y, Momose Y, Itoh K, Hirayama K, Takahashi K, Kaminogawa S : IgA production in the large intestine is modulated by a different mechanism than in the small intestine: Bacteroides acidifaciens promotes IgA production in the large intestine by inducing germinal center formation and increasing the number of IgA(+) B cells. *Immunobiol* 218 (4) 645-651 (2013).
- ・ Tanioka A, Tanabe K, Hosono A, Kawakami H, Kaminogawa S, Tsubaki K, Hachimura S : Enhancement of intestinal immune function in mice by  $\beta$ -D-glucan from aureobasidium pullulans ADK-34. *Scandinavian Journal of Immunology* 78 (1) 61-68 (2013).
- ・ 細野 朗 : バクテロイデスと免疫. 腸内細菌学雑誌, 27 (4) 203-209 (2013).
- ・ Nebert DW, Shi Z, Gálvez-Peralta M, Uno S, Dragin N : Oral Benzo[a]pyrene: Understanding pharmacokinetics, detoxication, and consequences--cyp1 knockout mouse lines as a paradigm. *Molecular Pharmacology* 84 (3) 304-313 (2013).
- ・ Uno S, Sakurai K, Nebert DW, Makishima M : Protective role of cytochrome P450 1A1 (CYP1A1) against benzo[a]pyrene-induced toxicity in mouse aorta. *Toxicology* 316 34-42 (2014).

部科校名：生物資源科学部

氏名：山形 一雄

## 研究結果（つづき）

## (2) 学会発表

- ・謝 雅潔, 鈴木 爽花, 橋本 千尋, 田上 幹樹, 山形 一雄: 緑茶成分 EGCG とテアニンの血管内皮細胞障害に対する阻止作用-内皮機能とオートファージの関与, 第 134 回 日本薬学会総会 (熊本) (平成 26 年 3 月 27~30 日).
- ・謝 雅潔, 田中 紀子, 鈴木 成美, 鈴木 祥子, 千野 誠, 松藤 寛, 田上 幹樹, 山形 一雄: TNF $\alpha$  によるヒト血管内皮細胞の障害に対する GLP-1 と食品成分の予防作用の比較, 第 133 回 日本薬学会総会 (横浜) (平成 25 年 3 月 27~30 日).
- ・荒木 彩花, 久宮 彩乃, 秋葉 知奈, 山口 花梨, 細野 崇, 関 泰一郎: 第 1 相薬物代謝酵素シトクロム P450 2E1 の発現の特徴と diallyl trisulfide による抑制メカニズム, 日本農芸化学会 2014 年度大会 (東京) (平成 26 年 3 月 28 日).
- ・香川 祐輝, 久宮 彩乃, 秋葉 知奈, 山口 花梨, 細野 崇, 関 泰一郎: ガーリックオイルの抗肥満効果に関する研究, 日本農芸化学会 2014 年度大会 (東京) (平成 26 年 3 月 28 日).
- ・佐藤 明日香, 細野 崇, 関 泰一郎: ガーリック由来香氣成分 diallyl trisulfide による血小板凝集の抑制とそのメカニズムについて, 日本農芸化学会 2014 年度大会 (東京) (平成 26 年 3 月 28 日).
- ・細野 崇, 木村 広慈, 久保 瞳美, 山崎 祥一, 内田 真弓子, 細野 (深尾) 友美, 関 泰一郎: ガーリック香氣成分 diallyl trisulfide は CYP2E1 を阻害し、アセトアミノフェン誘導肝障害を抑制する, 第 67 回日本栄養・食糧学会大会 (名古屋) (平成 25 年 5 月 26 日).
- ・今井 孝俊, 渡辺 師成, 細野 崇, 関 泰一郎: Diallyl trisulfide によるマクロファージの NO 産生抑制メカニズム, 第 67 回日本栄養・食糧学会大会 (名古屋) (平成 25 年 5 月 26 日).
- ・香川 祐輝, 久宮 彩乃, 秋葉 知奈, 山口 花梨, 細野 崇, 関 泰一郎: ガーリックオイルの抗肥満効果に関する研究, 第 18 回 日本フードファクター学会学術集会, JSoFF2013 (東京) (平成 25 年 11 月 9 日).
- ・吉岡 沙織, 廣中 聡, 鵜飼 愛梨, 増田 秀樹, 松井 謡子, 西村 修, 作田 圭亮, 赤尾 真, 熊谷 日登美: 絶食条件下におけるシイタケ抽出物の血中エタノール濃度上昇抑制作用, 日本農芸化学会 2014 年度 (平成 25 年度) 大会, 明治大学 (川崎) 講演要旨集 p.1474 (平成 26 年 3 月 29 日).
- ・中嶋 夏子, 金子 智博, 稲成 信, 赤尾 真, 熊谷 日登美: 米アルブミンの物理化学的特性の評価, 日本農芸化学会 2014 年度 (平成 25 年度) 大会, 明治大学 (川崎), 講演要旨集 p.555 (平成 26 年 3 月 28 日).
- ・平田 裕史, 北田 杏和, 赤尾 真, 熊谷 日登美: ニンニクフレーバー前駆体物質の血中脂質上昇抑制作用, 日本農芸化学会関東支部 2013 年度大会, 慶応義塾大学日吉キャンパス 藤原洋記念ホール (横浜), 講演要旨集 p.17, ポスター発表 (平成 25 年 11 月 22 日).
- ・廣中 聡, 鵜飼 愛梨, 吉岡 沙織, 赤尾 真, 松井 謡子, 増田 秀樹, 西村 修, 熊谷 日登美: シイタケ抽出物の血中エタノール濃度上昇抑制作用, 第 28 回日本香辛料研究会, 三井ガーデンホテル (千葉), 講演要旨集 p.27-28 (平成 25 年 11 月 16 日).
- ・茂木 崇, 親泊 尚子, 本田 拓也, 赤尾 真, 熊谷 日登美: 多糖修飾ソバアルブミンの機能性評価, 第 18 回日本フードファクター学会学術集会, 東京農業大学 (東京), 講演要旨集 p.53, ポスター発表 (平成 25 年 11 月 9 日).
- ・Shimizu S, Abe R, Akao M, Kumagai H.: In vivo evaluation of the reduced allergenicity of deamidated wheat gliadin., 20th International Congress of Nutrition, Granada, Spain. Abstracts p.1607 (2013).
- ・Hironaka S, Akao M, Matsui Y, Masuda H, Nishimura O, Kumagai H.: Hepatoprotective effects of extracts from peppermint, lemon balm and rosemary in Lamiaceae plants., 20th International Congress of Nutrition, Granada, Spain. Abstracts p.1607 (2013).
- ・秋間 彩香, 磯野 舞, 石原 清香, 中馬 誠, 船見 孝博, 篠原 由妃, 谷米 温子, 熊谷 登美, 熊谷 仁: 食品の嚥下時における嚥下音の挙動と咽頭部流速分布との関係, 日本食品科学工学会第 60 回大会, 実践女子大学 (東京), 講演要旨集 p.175 (平成 25 年 8 月 30 日).
- ・篠原 由妃, 秋間 彩香, 谷米 温子, 熊谷 日登美, 熊谷 仁: ゲル状食品の咀嚼物粘度と食塊の流速との関係, 日本食品科学工学会第 60 回大会, 実践女子大学 (東京), 講演要旨集 p.175 (平成 25 年 8 月 30 日).

部科校名：生物資源科学部

氏名：山形 一雄

## 研究結果 (つづき)

- ・清水 詩織, 江草 信太郎, 都築 公子, 谷米 温子, 赤尾 真, 熊谷 仁, 熊谷 日登美: イオン交換樹脂を用いた豆乳のフィチン酸除去と脱アミド化条件の検討およびそのゲル形成能の変化, 日本食品科学工学会第60回大会, 実践女子大学 (東京), 講演要旨集 p.159 (平成 25 年 8 月 30 日) .
- ・平田 裕史, 小林 ともみ, 赤尾 真, 袴田 航, 熊谷 仁, 熊谷 日登美: ニンニク臭気前駆体物質による  $\alpha$ -アミラーゼ阻害活性, 日本食品工学会第 14 回 (2013 年度) 年次大会, 京都テルサ (京都), 講演要旨集 p142 (2013 年 8 月 9 日) .
- ・秋間 彩香, 篠原 由妃, 谷米 (長谷川) 温子, 熊谷 日登美, 熊谷 仁: TPA 試験から求められるパラメータと多糖類ゲルの嚥下特性, 日本食品工学会第 14 回 (2013 年度) 年次大会, 京都テルサ (京都), 講演要旨集 p54 (平成 25 年 8 月 10 日) .
- ・赤尾 真, 小林 ともみ, 白井 佑弥, 宮田 翔子, 熊谷 日登美: ニンニク臭気前駆体物質の  $\alpha$ -アミラーゼ活性阻害作用, 第 67 回日本栄養・食糧学会大会, 名古屋大学 (名古屋), 講演要旨集 p.144 (平成 25 年 5 月 25 日) .
- ・平田 裕史, 片山 倫陽, 米澤 紀子, 赤尾 真, 熊谷 日登美: シイタケフレーバー成分レンチオニンの第二相解毒酵素誘導作用, 第 67 回日本栄養・食糧学会大会, 名古屋大学 (名古屋), 講演要旨集 p.141 (平成 25 年 5 月 25 日) .
- ・細野 朗: 腸内共生菌と食品成分の相互作用による腸管免疫応答制御, 日本農芸化学会 2014 年度大会シンポジウム「食品の免疫機能研究の新たな潮流」(東京) (平成 26 年 3 月) .
- ・於 鉄崢, 鈴木 誠, 八村 敏志, 高橋 宜聖, 高橋 恭子, 上野川 修一, 細野 朗: 腸管関連リンパ組織の細胞フェノタイプの発現は腸管部位ごとに異なる特徴をもつ, 日本農芸化学会 2014 年度大会 (東京) (平成 26 年 3 月) .
- ・小早川 哲朗, 高橋 恭子, 細野 朗, 上野川 修一: 腸管上皮における  $\alpha$ -ディフェンシン 5 遺伝子の発現機構, 日本食品免疫学会第 9 回学術大会 (JAFI 2013) (東京) (平成 25 年 10 月).
- ・Sugi Y, Takahashi K, Kobayakawa T, Hosono A, Kaminogawa S: Translation of Tollip is inhibited in the small but not large intestinal epithelial cells, 15th International Congress of Immunology (ICI 2013), (Milan, Italy). (平成 25 年 8 月).
- ・Takahashi K, Sugi Y, Kobayakawa T, Hosono A, Kaminogawa S: Epigenetic control of host genes in intestinal epithelial cells by commensal bacteria. 15th International Congress of Immunology (ICI 2013), (Milan, Italy). (平成 25 年 8 月).
- ・河村 桃子, 細野 朗, 石井 俊祐, 小森 翔哉, 高橋 奈々, 高橋 恭子, 八村 敏志, 上野川 修一: 腸内共生菌, 食品成分および腸内成分が腸管免疫系細胞の IgA 産生を修飾する, 第 17 回腸内細菌学会 (東京) (平成 25 年 6 月) .
- ・Uno S, Matsunawa M, Akagi D, Endo-Umeda K, Ikeda K, Makishima M: Vitamin D receptor activation enhances benzo[a]pyrene metabolism via CYP1A1 expression in macrophages. Experimental Biology 2013 (Drug metabolism division James Gillette Award and platform session) (平成 25 年 4 月).
- ・Uno S, Matsunawa M, Akagi D, Amano Y, Endo-Umeda K, Yamada S, Makishima M: Coordinate Expression of P450 Enzymes by Aryl Hydrocarbon Receptor and Vitamin D Receptor. 18th International Conference on Cytochrome P450 Biochemistry, Biophysics and Biotechnology (Session 1 - Cytochrome P450 Gene Regulation) (平成 25 年 6 月).
- ・宇野 茂之, Daniel W Nebert, 横島 誠: CYP1A1 による BaP 含有ウエスタンダイエット誘導する肝毒性の抑制作用, 第 37 回日本分子生物学会 (ポスター) (平成 25 年 12 月).
- ・宇野 茂之: Cyp1 ファミリー遺伝子欠損マウスを用いた多環芳香族炭化水素の代謝機構の解明, 日本薬学会 第 134 年会 (一般シンポジウム 環境・衛生分野の若手が切り開く異物代謝・毒性学: 分子機構解明における新展開) (平成 26 年 3 月).

## 平成25年度 学術研究助成金〔総合研究〕実績報告書

平成 26年 4月 8日

日本大学学長

氏 名 草間 國子



所属・資格 薬学部・教授

下記のとおり報告いたします。

1 研究課題 血管・神経の老化・機能低下を抑制する治療薬に関する研究		
2 研究組織		
氏 名	所属部科校・資格	役割分担
○研究代表者名 草間國子	薬学部・教授	統括 神経保護薬・作用機序の解析
○研究分担者 飯島 洋	薬学部・教授	血管：EPC 細胞活性化物質
北中 進	薬学部・教授	生薬・天然物単離精製
矢久保 修嗣	医学部・准教授	血管と神経：漢方製剤の作用
益子 崇	薬学部・准教授	イオンチャネル作用薬の評価
松崎 桂一	薬学部・准教授	生薬・天然物の成分研究
高宮 知子	薬学部・助教	血管：酸化ストレス系の活性解析
廣瀬 大	薬学部・助教	真菌のエキス作成と同定
上田 ゆき子	医学部・助手	血管と神経：サイトカイン測定
3 本研究に関連して外部資金への申請状況，獲得状況 草間國子 科学研究費助成事業 平成26年度 挑戦的萌芽研究 運動神経疾患ニューロチリズム発症機序としての NVU 崩壊と鉄の役割 (期間：1年間、金額：270万円)		

※「6 研究結果」について、ホームページ等での公開 (可・否) いずれかを○で囲んでください。  
否の場合は、理由書を添付して下さい。

部科校名：薬学部

氏名：草間 國子

## 4 研究目的

超高齢化社会を迎えた我が国において、健康余命は医療経済などの点から極めて重要であり、医学、薬学の今後の重要なテーマのひとつである。本研究ではこの観点から神経・血管の老化・機能低下を抑制する薬物を見出すことを目指した。

ヒトは血管から老いるといわれる。体重割合では2.5%である脳は体全体の酸素の2割を消費する。加齢と共に増加する神経疾患、特に脳梗塞や脳血管性認知症などでは脳血管の動脈硬化に引き続く狭窄や塞栓に伴って血流が減少し、周囲の神経組織が酸欠と栄養、特にグルコース不足を生ずることにより著しい機能低下に陥る。神経細胞周辺ではまた、嫌氣的代謝亢進による乳酸の蓄積で患部と周辺部（ペヌンプラ）が酸性化する。続いてグルタミン酸の過剰放出や細胞内カルシウムなどの蓄積を生じ、神経細胞死のプロセスが駆動される。一方、比較的長期間かけて発症する脳・脊髄の疾患としてアルツハイマー病、パーキンソン病や筋萎縮性側索硬化症(ALS)などの神経変性疾患がある。近年これらの疾患に関する研究から新たな病理機序として、神経組織内の血管自身ならびに血液成分の関与が明らかとなった。例えば血管の維持と増生にかかわる血管内皮増殖因子(VEGF)の発現を遺伝子操作により低下させた動物ではALS様の症状を生じる知見などから、神経と血管の相互作用が異常となって疾患発症につながる事が理解される。今後の新たな医薬品開発戦略として神経と血管の相互作用を考慮した観点が必要である。

そこで、本研究においては運動疾患ならびに脳梗塞における神経脱落のしくみを理解し、またそれを治療できる薬物の開発として、血管との関連が大きい系に着目して検討した。ひとつの疾患としてニューロラチリズム(NL)を取り上げた。我々のNL発症モデル系は、血管破たんを伴いながら脊髄の運動神経が特異的に脱落することが判明しているため、両者のかかわりを検討できる。特に神経・血管保護候補薬の中で、血管保護作用が考えられる漢方処方薬の効果を調べることにした。他方、脳梗塞治療薬として現状で薬物適用時間が限られるtPA等による血栓溶解療法を補完できる急性期の治療薬の必要性があり、これは予後の成否を決する上で極めて重要度が高い。そこで近年見出された、症状発現にかかわる特異的な酸感受性イオンチャンネルに着目して、これをターゲットとした新たな化合物を見出すことを目指した。

## 5 研究概要

1. 神経傷害のモデルとして構築済みである培養神経細胞の $\beta$ -ODAP ( $\beta$ -N-oxalyl-L- $\alpha$ ,  $\beta$ -diaminopropionic acid)によるAMPA (2-amino-3-(hydroxyl-5-methyl-isoxazol-4-yl)-propionate)型グルタミン酸受容体の過剰興奮による酸化ストレスを伴った細胞死を指標に神経保護作用物質を菌類エキス、高等植物からの単離標品、既存薬物中から探索する。これまでの研究から真菌エキスの一部に活性が見い出され、一部は純品へと物質研究が進んだ。これらの構造を手掛かりに構造活性相関を検討する。
2. 血管内皮細胞は神経幹細胞のニッチ細胞としての機能があるとされているので、血管内皮の酸化ストレス傷害を人為的に起こす実験系を用いて（装置を新たに導入）*in vivo*血管保護作用活性のある物質又は画分を見出し、それらの神経保護活性も確認し、当該活性物質の作用機構を明確にする。中でも酸感受性イオンチャンネルASICに着目して、神経細胞死の直接的引き金と考えられる $Ca^{2+}$ の過剰流入の抑制物質には神経保護作用が期待できる。
3. 運動神経細胞死と深いかかわりのあるグルタミン酸受容体興奮に伴う酸化ストレスに連動するTRPM (transient receptor potential)チャンネルを発現させたアフリカツメガエル卵母細胞を利用したボルテージクランプ法により、チャンネルの開口を阻害する物質を探索する。参照物質としてNMDA型グルタミン酸受容体に対して阻害活性を持つ合成ポリアミン化合物ライブラリーがある。
4. ニューロラチリズムモデルラットにおいては脊髄下部に疾患特異的な出血が必発する。出血と神経変性の関連は未知である。この系は血管炎の可能性があるので、炎症に関与するメディエーター(サイトカイン)の合成系、分解系、受容体の変化と血管病変との因果関係を調べ、脊髄運動神経変性における血管との相互作用を明らかにする。
5. ニューロラチリズムモデルラットの脊髄下部出血に対し血管内皮前駆細胞(EPC)保護活性を持つ柴胡加竜骨牡蛎湯、八味地黄丸の*in vivo*での神経保護効果を検証する。柴胡加竜骨牡蛎湯に関しては喫煙/非喫煙者のEPC数、酸化ストレス、単球画分のNADPH oxidase発現量や酵素活性に加え、血中サイトカイン変動を調べ、抗酸化ストレス作用機序を解明する。

部科校名：薬学部

氏名：草間 國子

6 研究結果 (4,000字以上記入してください)

1. 天然物からの運動神経保護作用物質の探索

神経保護作用を示す分子として高等植物からの単離標品、菌類コキスを用い、運動神経傷害の検定系として以下3つを実施した。①培養神経細胞を酸化ストレス下β-ODAPによるAMPA型グルタミン酸受容体の過剰興奮による細胞毒性、②家族性ALSの原因遺伝子superoxide dismutase 1(SOD1)-G93A変異遺伝子を導入した細胞における神経細胞死、③株化運動神経細胞における活性酸素種の生成系。これら3系すべてにおいて活性を示した画分をさらに*in vivo*系としてトランスジェニックマウスの運動能力低下ならびに生存性の延長効果からスクリーニングした。菌類計3種 *Mariannaea elegans* と *Helotiales* sp., *Ganoderma lucidum* 由来のサブフラクションに関して、化合物研究と活性を調べ、活性を持つテルペノイド2種類を突き止め、さらに数種類の別の活性成分も判明し、今後構造決定を行う段階にある。このうち *Ganoderma lucidum* についてはパイロット実験であるが *in vivo* の動物実験まで進み、あるフラクションに関してトランスジェニックマウスの寿命延長効果が認められた。また、*M. elegans* から見出されたテルペノイド化合物は新規物質とみられ構造解析中である。

2 & 3. NMDA受容体とASIC1a両者に作用する新規ブロッカーによる脳梗塞抑制作用

グルタミン酸受容体の1種であるN-methyl-D-aspartate受容体(NMDAR)及び酸感受性イオンチャンネル(ASIC1a)は、脳虚血、パーキンソン病、ハンチントン病及び筋萎縮性側索硬化症などのさまざまな神経疾患の症状悪化に深く関与している。さらに、これら両チャンネルは、病態時にCa<sup>2+</sup>/カルモジュリン・キナーゼII及びプロテイン・キナーゼAを介して互いのチャンネル活性を正に調節することで症状を増悪させることが報告されている。我々は、ASIC1a活性を抑制することが知られているアミロライドが弱いながらNMDAR活性を抑制することを見出したことから、アミロライドの誘導体を新規に合成し、両チャンネル活性を顕著にブロックする単一化合物の開発研究を行った。*Xenopus*発現系を用いた電気生理学実験の結果から、新規に合成したアミロライド誘導体のMS-493及びMS-483は、NMDAR及びASIC1aに対してチャンネル・ブロッカーとして作用することが明らかとなった。

NMDAR及びASIC1a活性を顕著に抑制するMS-483の脳保護効果について、生化学誘導血栓法を用いた*in vivo*脳虚血モデルで評価した。6週雄マウスの尾静脈から光感受性色素であるローズベンガルを投与した後、中大脳動脈に緑色光を照射させることでローズベンガルを励起させ活性酸素を発生させる。これにより、血管内皮細胞が損傷され、血栓を生じさせることで血管を閉塞させる。虚血発症24時間後に脳スライスを作製し、TTC染色法で梗塞巣を定量化し、この梗塞巣に対するMS-483の脳保護効果について検討した。コントロール群の梗塞体積が67±4mm<sup>3</sup>であるのに対して、虚血30分前に1mg/kg MS-483を脳虚血発症前に腹腔内投与した群の梗塞体積は35±2mm<sup>3</sup>で顕著な脳保護効果を示すことが明らかとなった。また、この脳保護効果は脳虚血発症30分後投与で37±5mm<sup>3</sup>、3時間後投与でも38±7mm<sup>3</sup>となった。このように、MS-483は少なくとも脳虚血発症3時間後までに投与することで顕著な脳保護効果を発揮することが明らかとなった(Fig.1)。

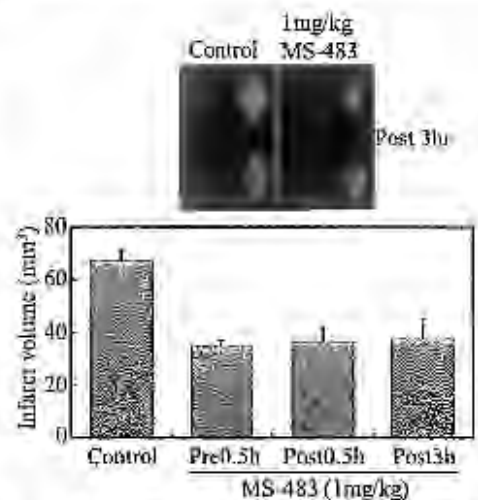


Fig.1 脳虚血モデルマウスにおけるMS-483の保護効果

新規合成アミロライド誘導体は脳虚血モデルマウスでNMDAR及びASIC1a活性を抑制することで、顕著な脳保護効果を発揮したと考えられた。これら両チャンネルは脳虚血以外にもパーキンソン病、ハンチントン病及び筋萎縮性側索硬化症などさまざまな神経疾患に関与することから報告されていることから、これらの疾患においても脳保護効果を発揮することが期待される。

4. 神経細胞死につながる炎症の解析と血管傷害

ニューロラチリズムモデルラットにおいては脊髄下部に疾患特異的な出血が必発する。モデルラットの作製のためβ-ODAPを投与する前に出生直後数日のラットに母親から引き離すストレスを負荷する。すると

部科校名：薬学部

氏名：草間 國子

研究結果 (つづき)

β-ODAP により約 25-40%の頻度で後肢のみに痙性対麻痺が起こる。このとき、発症動物においてストレス応答系 ACTH ならびに corticosterone が最も大きな上昇を示した。組織レベルの変化として heme oxygenase 1 (HO-1) の mRNA およびタンパク質レベルが大幅に上昇していた。HO-1 を阻害薬併用によって抑制すると麻痺発症動物が激減した。組織像においてもこれが確認された。このことから、HO-1 が β-ODAP 毒性を増加する形で介在する因子であることがわかった (Kawaguchi, K. and Kusama-Eguchi, K.(2012)BBRC 428:160-166)。また組織染色によって血管様構造のアポトーシス像や von Willebrand 因子、血管内皮増殖因子受容体 Flt-1、Flk-1 いずれにも陽性の異常構造物が前角に集積していた。一方、マクロファージに由来するサイトカインのうち、炎症を亢進する M1 系サイトカインである IL-6、TNF-α、IL-1β が患部のみで上昇し、一方組織保護作用をもつ M2 系サイトカインである IL-4、IL-10 はほぼ不変であった。このことから、本モデルの NL 発症機序として血管内皮に起こる早期の機能低下とおそらく末梢由来の白血球が介在した神経炎症が生じており、中でも M1 系への偏りが大きいことが判明した (Kusama-Eguchi, K. et al. 投稿準備中)。

5-1. 柴胡加竜骨牡蠣湯のWKY/NLモデルにおける効果

ラット (Wistar/ST系) の新生仔に、グルタミン酸類似の神経毒アミノ酸β-ODAP を投与すると下部脊髄神経変性が惹起される。これはグルタミン酸受容体 (AMPA 受容体) の過剰興奮と酸化ストレス誘導によるCa<sup>2+</sup>イオンチャネル (TRPM2) など電位非依存性陽イオンチャネルの開閉による運動神経細胞死 (ニューロラチリズム, NL) のモデルである (Kusama-Eguchi, K. et al (2014)Food Chem. Tox.67: 113-122)。このモデルでは神経損傷部位に出血が見られ、我々は神経細胞と血管細胞の変性に強い関連があると考えている。

一方、柴胡加竜骨牡蠣湯には自然発症高血圧ラット (SHR) において血管内皮前駆細胞 (EPC) を保護する効果があることを我々は確かめている (Fig. 2; SKは柴胡加竜骨牡蠣湯混合餌群、Cはコントロール餌群)。柴胡加竜骨牡蠣湯のEPC保護効果は生体内の酸化ストレスの低下を伴う炎症の抑制によると考えられている。そこで、柴胡加竜骨牡蠣湯をNLモデルラットに投与し、運動神経保護効果を評価した。柴胡加竜骨牡蠣湯はSHRにおいてEPC保護効果が認められていた用量 (1.5w/w% 混合飼料) を用いた。母ラットへの投与期間は仔ラット出産の二週間前 (妊娠一週間後) から仔ラットへの授乳期間 (生後、NL発症までの数日間) である。残念ながら、運動神経障害保護効果は見い出せなかった。

一方、EPC保護作用に関する結果は、二回の実験でともに母ラットにおいてEPC保護作用は認められていない。柴胡加竜骨牡蠣湯はSHRのような高血圧を伴う動物でEPC保護作用を示すようである。このことから柴胡加竜骨牡蠣湯はWKY-NL系において保護作用が見られない可能性が示唆できる

5-2. 八味地黄丸のWKY/NLモデルにおける効果

八味地黄丸の混合餌投与 (2 w/w%, 投与期間は柴胡加竜骨牡蠣湯と同じ) はWKYラットにおいて図-Yに示すようにEPCを増加させる作用が認められた。対照的に、SHRにおいては八味地黄丸の投与はEPC保護作用を示さなかった。また八味地黄丸は高コレステロール食において脂質代謝を活性化することが知られているので血清を分析したが、WKYにおいては脂質の差異はなかった。NLにおいて神経障害発生を低下させる傾向が見られたが、有為差は認められなかった (Fig. 4; HJは八味地黄丸混合餌群、Cはコントロール餌)。なお、SHR

Fig.2 EPC colony数(各群平均)

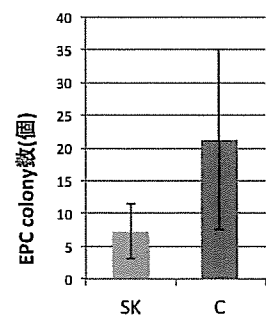


Fig. 3 八味地黄丸投与モデルラット(生後2日目)の後肢麻痺発現および死亡率

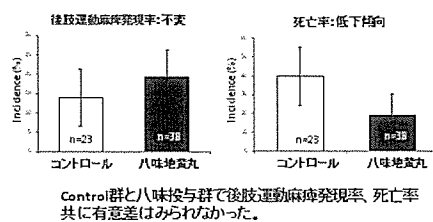


Fig.4 EPC colony 数 (群平均)

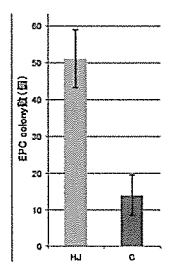
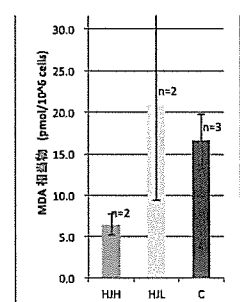


Fig. 5 過酸化脂質産生量



部科校名：薬学部

氏名：草間 國子

研究結果 (つづき)

では八味地黄丸の投与は過酸化脂質量を非投与群(C)に比べて低下させる傾向がある。(Fig. 5; HJHは八味地黄丸2%混合餌、HJLは同0.67%混合餌群を示す。Cはコントロール餌群)。

総括

SHRでEPC保護活性が見られた柴胡加竜骨牡蛎湯はWKYラットではEPC数を増やさなかった。一方、八味地黄丸はSHRではEPC保護効果が見られなかったがWKYラットではEPC増加効果があった。

有意差はつかなかったが、NLモデルでは八味地黄丸投与群には運動神経障害が阻止される傾向が見られた。NLモデルは酸化ストレスが関与していることが示唆されているが、WKYラットでも抗酸化活性を示した柴胡加竜骨牡蛎湯よりも、WKYでは過酸化脂質の低下や血清脂質組成変化が見られなかった八味地黄丸のほうが神経保護作用を示したことは、薬物の投与が母ラットに対するものであったことから、八味地黄丸の効果は直接的な抗酸化作用ではないものと推定できる。

八味地黄丸は体力が低めの患者に用いる漢方処方であり、出産後の母ラットの回復を助け、その結果、回復度が高い母の乳を摂取できたことでNL発症が抑えられているとも考えられる。八味地黄丸と柴胡加竜骨牡蛎湯の効果を以下に比較した。

	八味地黄丸	柴胡加竜骨牡蛎湯
SHRにおけるEPC保護効果	×	○
WKYにおけるEPC増加効果	○	×
NL (WKY) における運動神経障害防止効果	(低下)	×
SHRにおける過酸化脂質	(低下)	低下
SHRにおけるNADPH oxidase活性	(変化なし)	低下
WKYにおける過酸化脂質	NT	低下
WKYにおけるNADPH oxidase活性	NT	(×)
漢方における適用	腎虚	実証 体力あり
適用	排尿困難、頻尿、動脈硬化、糖尿、下肢痛、緑内障、白内障	ノイローゼ、ヒステリー、不眠、高血圧、狭心症
生薬	ジオウ、サンシュユ、サンヤク、タクシャ、フクリョウ、ホタンピ、ケイヒ、フシ	サイコ、ハンゲ、オウゴン、タISOウ、ニンジン、ケイヒ、ブクリョウ、リュウコソ、ホレイ、ショウキョウ

( )で示した評価値はn数が小さく、そのを有意差は評価できず



## 平成25年度 学術研究助成金〔総合研究〕実績報告書

平成 26年4月1日

日本大学学長

氏 名 鈴木 孝



所属・資格 薬学部 教授

下記のとおり報告いたします。

1 研究課題 神経芽腫に対する細胞内シグナル伝達機構を標的とした新規治療薬の開発と臨床応用		
2 研究組織		
氏 名	所属部科校・資格	役割分担
○研究代表者名 鈴木 孝	薬学部教授	計画の立案と研究の統括、 化合物の生理活性の検索とその臨床応用
○研究分担者		
本橋 重康	薬学部教授	特定の分子を標的とした化合物の合成
内山 武人	薬学部准教授	天然物からの有効成分の抽出と化合物の構造決定
鳥山 正晴	薬学部准教授	特定の分子を標的とした化合物の合成
浅見 覚	薬学部准教授	化合物の生理活性の検索
田畑 恵市	薬学部准教授	化合物の生理活性の検索
三浦 基文	薬学部助教	特定の分子を標的とした化合物の合成
3 本研究に関連して外部資金への申請状況、獲得状況		
1. 濱口生化学振興財団 平成25年度研究助成（不採択） 2. 公益財団法人がん研究振興財団 平成25年度（第46回）がん研究助成金（不採択） 3. 公益財団法人 小林がん学術振興会 第8回研究助成金（採択結果未） 4. 科学研究費助成事業 平成26年度基盤研究（B）（採択結果未） 「神経芽腫に対する腫瘍の退縮・分化誘導能に特化した新規治療薬の開発研究」		

※「6 研究結果」について、ホームページ等での公開  可  否 いずれかを○で囲んでください。  
否の場合は、理由書を添付して下さい。

部科校名：薬学部

氏名：鈴木 孝

## 4 研究目的

小児悪性腫瘍による死亡は、「不慮の事故」に続いてその原因の第2位を占めている。集学的治療（化学療法、放射線療法、外科療法、造血幹細胞移植療法など）が進んだとはいえ、特に進行（advanced）神経芽腫（neuroblastoma; NB）はその予後が極めて不良である（advanced NB (Stage 4) の5年生存率は約30%）。また、新規治療薬の開発も進んでいない。そこで、この腫瘍の持つ細胞内シグナル伝達機構の異常（分化誘導、アポトーシス誘導、細胞周期停止などのシグナル）に着目して、その遺伝子が発現するタンパク質（分子）を標的として、そのタンパク質が関与する細胞内シグナル伝達機構の異常を修復したり、異常発現しているタンパク質の機能を制御する天然物由来の成分を抽出して構造決定し、さらに、この化学構造を基にしてより効果的な化合物を合成して、この予後不良な NB に対して新規治療薬を開発していく。また、これらの新規化合物については日本大学産官学連携知財センター（NUBIC）を通じて特許申請をして、早期に NB の治療薬として臨床応用していく。また、効果のあった化合物は NB に留まらず、他の小児腫瘍【ユーイング肉腫ファミリー腫瘍; Ewing's family tumor (ESFT) など】にも応用して、それらの腫瘍の予後の改善に寄与する。

しかし現実には、1974年以來、NB に対して効果のある新規治療薬の臨床応用には至っていない。そこで、神経細胞の分化誘導に関連するシグナル伝達機構に着目してこの機構を正常化し、細胞を分化誘導して良性細胞に変えてしまう化合物を見つけ出せれば、より副作用が少なく、より効果的な治療薬の開発に導くことができる。また、アポトーシスシグナル、細胞周期シグナル、Hh シグナルなど他の細胞内シグナル伝達機構に関与する化合物を見つけ出せれば、多方面から腫瘍細胞を攻撃して NB 細胞を根絶に繋げることができる。そして、NB の予後の改善に寄与することが大である。

以上のことを研究目的として研究を行った。

## 5 研究概要

## (1) 分化誘導効果に関して

NB は、神経成長因子 [NGF (nerve growth factor)] が結合するチロシンキナーゼ受容体 [TrkA (NGF の高親和性受容体)] 以降のシグナル伝達機構に異常をきたしている。そこで、このチロシンキナーゼ受容体のチロシンのリン酸化を分解する酵素 (tyrosine phosphatase; PTPase) を特異的に阻害して、チロシンキナーゼ受容体の自己リン酸化を保持することによって、シグナル伝達機構の修復が可能である。この修復効果があるとされるビタミン K3 (VK3) 誘導体に着目して、11 の VK3 誘導体を合成した。その中でメナジオン骨格の側鎖末端に-COOH 基を持つもの (VK3COOH) に NB に対して強い分化誘導効果があることがわかった。実際に、分化誘導に関与する遺伝子の誘導 (*c-fos* など) や細胞形態学的にも分化誘導効果を示した。さらに効果を増強するために、-COOH 基により極性を持たせた VK3COONa を合成して溶解性を増し、その分化誘導効果について検索を行った。

分化誘導効果の指標として、細胞形態学的検索、分化誘導シグナルの指標となる cAMP response element binding protein (CREB)・p-CREB や growth associated protein 43 (GAP43) の経時的発現量の検索を行った。

## (2) Hedgehog (Hh) シグナル伝達経路に関して

Hh シグナルは、*MYCN* (その増幅が NB の予後に関与)、*cyclin D1* (細胞周期の進行に関与) などを転写調節する遺伝子の発現に関わって、細胞増殖や分化誘導に関与するといわれている。従って、NB におけるこの Hh シグナル伝達機構の異常を解明して、その異常を抑制する化合物の検索を行って、新規治療薬の開発を行っていく。Hh シグナル阻害薬には cyclopamine、GANT61 があるため、これら 2 種の化合物を用いて NB 細胞培養株における細胞障害活性 (アポトーシス誘導効果) を指標に、Hh シグナル伝達系への影響を検索した。また、これらの化合物を ESFT 細胞培養株にも応用してその効果及びそのメカニズム解析についても行った。

部科校名：薬学部

氏名：鈴木 孝

## 6 研究結果 (4,000 字以上記入してください。)

## (1) 分化誘導効果に関して

神経芽腫細胞培養株 (IMR32) に NGF + VK3COOH を同時に作用させたところ、CREB や GAP43 の増加傾向を示した。CREB の発現量が増加したことから、VK3COOH は TrkA シグナル経路伝達系を改善し、NB を分化誘導していると考えられた。また、CREB の活性化体である p-CREB や GAP43 の発現量も 12h、24h、48h とほぼ一定に増加させたことから、VK3COOH は NB に対して持続的に作用し、TrkA のシグナル伝達を維持していると考えられた。これらのことは、VK3COOH は TrkA シグナルの初期遺伝子である *c-fos* 遺伝子発現や神経突起の伸長に関わる *GAP43* 遺伝子発現を長時間増加させるという報告と一致していた。また、VK3COOH の極性を増した新規化合物である VK3COONa は、IMR32 細胞に対して CREB や GAP43 の発現を増加させなかった。このことから、VK3COONa は TrkA シグナル伝達を使いながら、ニューロンへの分化決定シグナルの最初期マーカーのひとつである  $\beta$  tubulinIII の発現の増加や形態学的には分化誘導能を示していることから、TrkA シグナル伝達系の下流で VK3COOH とは異なる経路で NB の分化誘導に関与している可能性が考えられた。

一方、TrkA receptor には 3 つのアイソフォーム (I/II、III) があり、TrkA (I/II) は NGF/TrkA シグナル伝達系を活性化して分化を誘導し、TrkAIII は NGF/TrkA シグナル伝達を抑制する。また、TrkAIII は PI3K/AKT シグナル伝達を活性化し、細胞死を抑制することが報告されている。VK3COONa は CREB や GAP43 の発現量を増加させず、形態学的に分化誘導能を示したことから、TrkA receptor の I/II ではなく III に作用し、PI3K/AKT シグナル伝達の下流に存在する NF- $\kappa$ B 経路を活性化し、分化誘導に関与している可能性もある。今後は、VK3COONa が実際に PI3K/AKT シグナルを活性化しているのかも検索する必要もある。

以上のことから、極性の強くない VK3COOH の方が NB を分化誘導する効果の高い VK3 誘導体であり、NB に対するより有用な治療薬となり得ることが考えられた。

## (2) Hedgehog (Hh) シグナル伝達経路について

Hh シグナル伝達経路は、Hh 非存在下では、受容細胞表面の一次繊毛に局在する 12 回膜貫通タンパク質の patched (PTCH) が、7 回膜貫通タンパク質の smoothend (SMO) と複合体を形成し、SMO 活性を抑制している。図 1 に示す様に、リガンドである Hh タンパク質が PTCH に結合すると、SMO が PTCH の抑制から解除されて一次繊毛に移動する。SMO は微小管上で複合体を形成している kinesin-like protein costal-2 (COS-2)、serine/threonine kinase fused (Fu)、suppressor of fused (SuFu)、glioma-associated oncogene (GLI) から下流の転写調節因子である GLI を遊離させる。GLI は zinc finger タンパク質であり、活性型 GLI として核内に移行し、*GLI1*、*MYCN*、*cyclin D* などの標的遺伝子の転写活性を促進し、胚発生・造血幹細胞・神経幹細胞の増殖や分化に関与する。

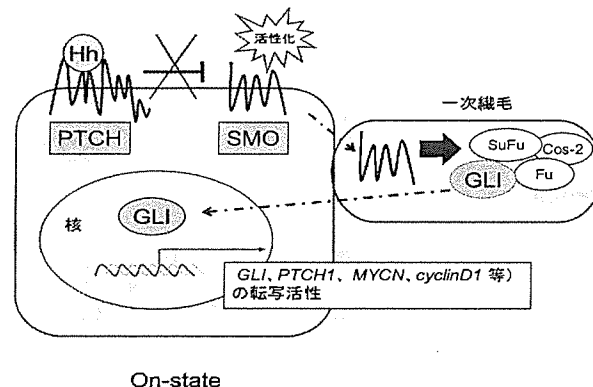


図 1 Hh シグナル伝達経路の活性化 (On-state) 機構

部科校名：薬学部

氏名：鈴木 孝

## 研究結果（つづき）

2 種類の Hh シグナル阻害薬である cyclopamine、GANT61 を用いて検索を行った。また、その活性の検索は、神経芽腫（NB）細胞株（4 種）と ESFT 細胞株（5 種類）を用いて行った。NB 細胞株で Hh シグナル阻害薬（cyclopamine、GANT61）の細胞傷害活性を調べたが、細胞傷害活性 [IC<sub>50</sub> (50% 細胞阻害濃度) 値] が 100 μM 以上か、細胞傷害活性は認められても感受性は低かった。しかし、ESFT 細胞株 に対して cyclopamine は ESFT 細胞株に細胞傷害活性を示さなかったが、GANT61 は濃度依存的に細胞死を誘導し、特にこれらの 3 種類の細胞株 (SK-N-LO、SK-N-MC、NCR-EW2) に感受性が高く、IC<sub>50</sub> はそれぞれ、14.5 μM、18.3 μM、18.1 μM であった。また、これらの細胞株はいずれも *EWS-FLI* 融合遺伝子を発現している細胞であった。一方、*EWS-ERG* 融合遺伝子を発現している細胞株 (SCMC-ES1) においては、GANT61 に対する感受性は低かった。

以上の結果、GANT61 に最も感受性の高かった SK-N-LO 細胞株を用いて Hh シグナル伝達系の検索を行った。本研究により、以下のことが明らかになった（図 2 参照）。

1. GANT61 は *EWS-FLI* 融合遺伝子を持ち、NB 様の小円形細胞の細胞形態を有し、脳を発生起源とする ESFT に対して強い細胞傷害活性を示した。特にこの融合遺伝子と NB 様の細胞形態を持つ SK-N-LO 細胞株に対しては最も強い細胞傷害活性が認められた。
2. GANT61 は SK-N-LO 細胞株に対して、アポトーシスによる細胞死を誘導した。また、抗アポトーシス関連タンパク質の survivin 発現量の低下を示したが、caspase 3、7、Bcl-2 発現量には変化がないことから、caspase 非依存的な経路でアポトーシスが起きていることが示唆された。
3. GANT61 は GLI2 阻害作用により、p21 の発現を亢進させた。
4. GANT61 により p21 の発現が亢進し、cyclin A の発現が阻害されて、claspin の発現低下や切断型 PARP (cleaved-PARP) の発現増加を伴った結果、G<sub>1</sub> から S 期への移行及び DNA の修復が阻害されて不可逆的な細胞周期停止が起こり、アポトーシス誘導に至ることが考えられた。

以上のことから、GANT61 に代表される GLI 阻害薬は NB に対してはその効果が認められなかったが、ESFT の新規治療薬開発のための重要な化合物となり得ることが分かった。

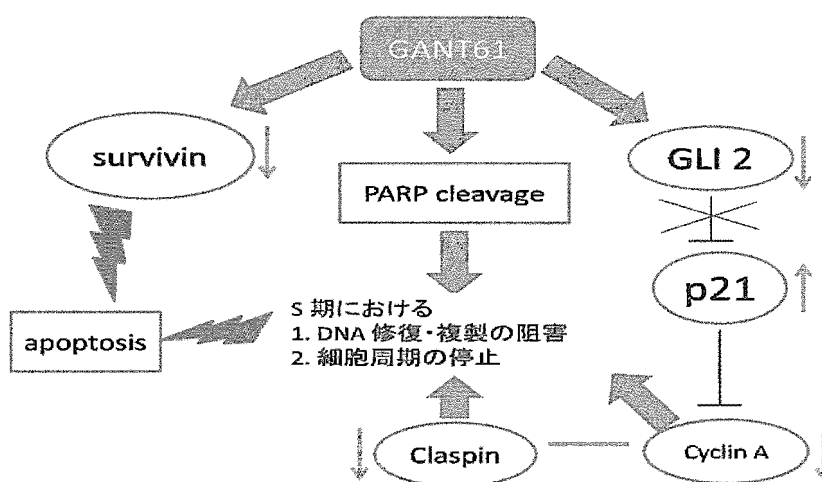


図 2 GANT61 による SK-N-LO 細胞株に対するアポトーシス誘導メカニズム

## 平成25年度 学術研究助成金〔総合研究〕実績報告書

平成 26 年 4 月 1 日

日 本 大 学 学 長

氏 名 村山 琮明



所属・資格 薬学部・准教授

下記のとおり報告いたします。

1 研究課題 真菌症の征圧をめざして一診断法の開発と薬剤耐性菌の疫学調査		
2 研究組織		
氏 名	所属部科校・資格	役割分担
○研究代表者名 村山 琮明	薬学部・准教授	総括, 核型の決定, <i>in situ</i> 法による診断法
○研究分担者 加納 壘	生物資源科学部・准教授	PCR 法による診断法の開発 獣医学領域での真菌分離
柴田 恭子	松戸歯学部・専任講師	歯学領域での真菌分離
田中 陽子	松戸歯学部・専任講師	遺伝子型の決定
小菅 康弘	薬学部・助教	病理組織標本の取扱
廣瀬 大	薬学部・助教	環境真菌の分離 遺伝子型決定, 薬剤耐性測定
合計 5 名		
3 本研究に関連して外部資金への申請状況, 獲得状況		
<b>獲得資金</b> 2014 年度 文部科学省 科学研究費助成事業 若手研究(B)「アゾール系薬剤耐性病原真菌の地理的分布の現状と将来予測」 廣瀬 大 (研究代表者) 2014 年度 文部科学省 科学研究費助成事業 基盤研究(C)「糖尿病における海馬機能低下の腎不全による修飾:小胞体ストレスの関与」 小菅康弘 (研究代表者)		
<b>申請</b> 2014 年度 文部科学省 科学研究費助成事業 基盤研究(C)「薬剤耐性にかかわる真菌ゲノムダイナミクスの解析」 村山琮明 (研究代表者)		

※「6 研究結果」について, ホームページ等での公開 (可・否) いずれかを○で囲んでください。  
 否の場合は, 理由書を添付して下さい。

部科枝名：薬学部

氏名：村山 琮明

## 4 研究目的

本研究は、近年解析が進んできた真菌ゲノムの情報などを基にした分子生物学的手段を用いて、診断・同定法を開発し、環境での病原真菌の局在の解析、そしてヒトおよび動物の真菌、特に薬剤耐性菌の疫学調査をすることにより、動物真菌症およびヒト真菌症の診断、予防、治療に結びつけることが第一義的目的である。

**診断:**真菌症の中でもその感染が内臓や全身に及ぶ深在性真菌症の、可及的診断に寄与するために、分子生物学的手法を用いて臨床現場で応用できる系の確立を目的とする。今年度は菌種特異的診断系の確立を行う。

**予防・治療:**真菌症の中には内因性感染もあるが、そのほとんどは環境からの感染である。それにもかかわらず、環境中に病原真菌がどのようにどの程度分布しているかという調査はされていない。本邦で問題になっている真菌症の中でも最も侵襲性の高い *Aspergillus* 属, *Penicillium* 属などについて; (1) 地理的分布の現状を把握すること, (2) その分布と試料採取地点の環境との相関関係を明らかにすること, (3) 分布の将来予測を行うことによって真菌症の予防に役立つ。分離された菌の薬剤耐性についても調査する。

またヒト真菌症の中には必ずしも環境由来ではなく、ヒトおよび動物由来のものがある。しかし、その疫学的調査が行われている菌種が数少ない。ヒト口腔およびペットなどから臨床的に分離される真菌について、その菌種、分離菌株の型別(核型、遺伝子型など)を行う。

## 5 研究概要

**診断**

本邦では、真菌症の分子生物学的手法を用いた診断法はまだ認可されていない。診断は生検組織における菌糸の存在や各種培養による真菌の証明がいまだに gold-standard であるが、血液培養での陽性率は低い。遺伝子診断が確立すれば、特異性、迅速性、客観性、省力化などの点で極めて広い有用性が期待される。しかもその医学への期待される貢献度を考えると、適応例が多く、価値あるものと考えられる。さらに菌種レベルで遺伝子診断を可能にすれば、一部の薬剤耐性菌種に対しての対策や治療方法を変えることにより、医療経済的コストを下げることができる。

また、*In situ*での分子生物学的手法による診断は、組織内の真菌要素を、局在している状態で背景の組織とともに観察できるので、菌の検出とともに病理学的背景、すなわち組織内局在とともに組織反応の特徴を観察できるという利点がある。しかも、①抗体を用いた免疫組織学的手法と異なって、属・種レベルでの特異性が期待できる、②菌要素が確認できるため、疑陽性が容易に否定できる、③核酸の抽出が不要のため、著しい組織破壊や消失過程にある真菌などの組織内核酸が断片化されていても検出できる可能性がある、などの長所がある。本法は高い感度と、形態学的な局在性の検出という病理組織学の特徴を兼ね備えたものである。

**真菌の環境分布の調査**

病原性真菌の野外環境における分布に関する情報は現在殆どないため、本研究で得られる知見は疫学的及び予防医学的に重要な知見となると考えられる。また、人間活動による薬剤耐性菌の出現は、それが既存の集団中に拡散することにより従来の遺伝的多様性が脅かされる可能性が高く、微生物の種保全の観点からも重要な知見となると考えられる。さらに菌類では他の生態群を含めても地理的なスケールでの分布研究が少ないため、種の分布パターンとその制限要因を解明する生態学や環境科学においても重要な知見を提供すると期待される。

**口腔およびペット臨床由来株の調査**

人獣共通感染症といわれているものの、実際に分離される菌の菌種までは同定されても、型別(遺伝型など)がされていないため、ヒトと動物にかかる菌の型の異同は証明されていない。好獣性、好人性菌種が一部の菌では知られているが、ヒト口腔内の常在真菌とペット由来株を比較することによって感染経路および薬剤耐性菌の流布が判明し、予防・治療の一助となる。

部科校名：薬学部

氏名：村山 琮明

## 6 研究結果 (4,000字以上記入してください。)

## 【真菌の補助診断法の確立】

Trichosporon 属の PNA probe による *in situ* hybridization (ISH)法の開発

*Trichosporon* 属は 2 形性の真菌であり、白色砂毛症といわれる表在性真菌症の病因真菌とされ、また、日本に多い夏型過敏性肺炎の原因菌として知られていたが、近年深在性感染症の原因菌として問題視されている。本菌の peptide nucleic acid (PNA)プローブによる特異的な診断法の開発に成功し、論文発表した。

Shinozaki M, Murayama SY, Shibuya K, 他 7 名. Development of a peptide nucleic acid probe to *Trichosporon* species and identification of Trichosporonosis by use of *in situ* hybridization in formalin-fixed and paraffin-embedded (FFPE) sections. *J Clin Microbiol*, 51:295-298, 2013

また、*Trichosporon* 属の実験感染動物の病理学的解析について論文発表した。

Sasai D, Murayama SY, Shibuya K, 他 11 名. Histopathological evaluation of the efficacy of antifungals for experimental *Trichosporon* bloodstream infection. *Jpn J Infect Dis*, 66:133-139, 2013

ISH 法と PCR 法の比較

1971~2006 年のホルマリン固定パラフィン包埋切片 (65 検体) を用いて、汎真菌 PNA プローブによる ISH 法と 230 bp の増幅産物を得る PCR 法の比較を行った。ISH 法陽性：80%，PCR 法陽性：4.6%と、ISH 法の有用性が認められ、論文発表した。

Zhi Y, Murayama SY, Shibuya K 他 7 名. Comparison between the effectiveness of polymerase chain reaction and *in situ* hybridization in detecting the presence of pathogenic fungi by using the preserved DNA in formalin-fixed and paraffin-embedded tissues. *Jpn J Infect Dis*, 66: 173-179, 2013

接合菌特異的プローブの開発

接合菌症 (ムーコル症) 診断のための特異的プローブを 28S rRNA 遺伝子内に設計した。PNA プローブでは感度不良であったが、228 bp の DNA プローブは、メンブレン上の Southern ハイブリダイゼーションの系および感染マウスで特異性が確かめられた。本菌は、日和見感染症であり、日本では第 4 番目にあげられる真菌症である。しかしその細胞壁の構造のため特異的診断系がないこと、抗真菌剤の適応は、アムホテリシン B 唯一であること、侵襲性が高く死亡率が高いことから、重要視されている。

現在、*Mucor*、*Aspergillus* および *Candida* 属の種々の菌種の感染マウスにて、特異性の確認をしている。

## 【動物での病原真菌の疫学調査】

*Trichophyton rubrum* の性決定遺伝子による菌の疫学調査

ヒトおよびイヌの足白癬あるいは爪白癬由来 206 株の解析を行った。性決定遺伝子はすべて Mat1-1 型であった。交配タイプは一型のみであった (真菌では-, +で性を表す)。

Kano R, 他 5 名. Mating type gene (MAT1-1) in Japanese isolates of *Trichophyton rubrum*. *Mycopathologia*. 2013. 175:171-173.

臨床動物由来株の調査

ネコ眼窩由来アスペルギルススを調査し、*A. udagawae* と *A. viridinutans* を分離した。

Kano R, Shibahashi A, Fujino Y, Sakai H, Mori T, Tsujimoto H, Yanai T, Hasegawa A. Two cases of feline orbital aspergillosis due to *Aspergillus udagawae* and *A. viridinutans*. *J Vet Med Sci*. 2013. 75:7-10.

名古屋港水族館の調査

水族館のシャチのプールの真菌を調査し、*Alternaria* 属、*Aspergillus* 属 (*A. fumigatus*, *A. niger*, *A. versicolor*), *Fusarium* 属、および *Penicillium* 属を分離した。

Kohata E, Kano R, 他 6 名. Environmental isolates of fungi from aquarium pools housing killer whales (*Orcinus orca*). *Mycopathologia*. 176:403-408, 2013

部科校名：薬学部

氏名：村山 琮明

## 研究結果（つづき）

## 【環境からの検体採取と解析】

## 環境由来株の採取

九州（種子島，鹿児島，福岡）からの検体採取が終わっている。また，生物資源科学部内の農地の検体を農薬散布前，散布後と採取している。今後，北海道の検体を採取する予定である。検体土壌からの菌の分離を現在行っている。

## ヒト臨床分離アスペルギルス属の収集

現在ヒト臨床分離株を120菌株収集した。順天堂大学医学部 森 健先生，帝京大学医真菌研究センター 山田剛先生，北里大学医学部 久米光先生，千葉大学真菌医学研究センター 矢口貴志先生のご協力を得た。

## 病原真菌の遺伝子型解析

菌の遺伝子型解析においては，*Trichosporon* 属の核型解析および，人獣共通感染症である *Trichophyton* 属菌種の核型解析とゲノム解析（帝京大学，国立感染症研究所との共同研究）を行っている。*Trichosporon* 属の核型解析については，国際学会でシンポジウムにて発表した。

Murayama SY, Sugita T, Hirose D, Kano R, Shibata Y, Kosuge Y, Ogawa Y. Electrophoretic Karyotyping of *Trichosporon asahii*. The 5th Congress of Asia Pacific Society for Medical Mycology (2013 APSMM) Chengdu, China (シンポジウム，招待講演) . (2013.6.20)

## 環境およびヒト由来株の解析

一部について，マイクロサテライト領域による遺伝子型解析を行った。核型については，pulsed-field gel electrophoresis (PFGE)による核型解析を *Trichosporon* 属および *Arthroderma vanbreuseghemii* について行った。*Trichosporon* 属においては，IGS1 の遺伝子型より型別能が良く，遺伝子型では日本株はほとんどが IGS genotype-1 であるが，同じ genotype 内でも多様性が認められた。*A. vanbreuseghemii* については，染色体は3本認められ，大きさは全て5 Mbp 以上であった。そのパターンは菌株により大きく異なっており，菌株数を増やした更なる解析が必要と考えられた。そのため，ITS，ACT，TOP，GPD の各タンパクの遺伝子配列を解析し，系統樹を作成している。

薬剤感受性についても解析を行っているが，*A. viridinutans* および，*A. udagawae* においては臨床と同様に環境分離株にもアゾール薬耐性株が高頻度で存在していた。

【口腔内 *Candida* の解析】

特異的に *C. albicans* の同定を行い，さらに real-time PCR 法による定量解析の系を整えた。また *C. albicans* 口腔内感染モデルマウスも作成した。マウスモデルにおいて，化学物質の *C. albicans* への効果を検討している。プロタミン加水分解ペプチドに抗 *Candida* 効果が見られた。プロタミンは，魚類の精巢から抽出されるタンパクで，6割がアルギニンである。プロタミンには，真菌増殖抑制効果，菌糸形発育抑制効果，抗炎症作用，IL-6 および IL-8 遺伝子発現抑制効果があり，2mg/ml 程度の濃度で生菌数が約 1/4 になったことを論文発表した。

矢口 学，田中陽子，柴田恭子，村山琮明，他5名.ヒト気管上皮細胞における *Candida albicans* に対するプロタミン加水分解ペプチドの効果. 日本障害者歯科学会雑誌. 第35巻第1号，p.1-9, 2014

## 【学会発表(招待)】

□2013年9月の第57回日本医真菌学会総会（東京）では，廣瀬大がワークショップ「*Aspergillus* 属の分子生態学—自然環境における生活様式を探る」，加納壘先生がシンポジウム「皮膚糸状菌の菌学」，村山琮明が「カンジダの抗真菌薬耐性機序」と演者に選ばれている。

注：必要に応じて，このページをご使用ください。