



府県・妖怪伝承百科』(丸善出版)で高岡が担当した「福岡県」執筆の際や、福岡県小郡市で担当した市民講座「妖怪・幽霊文化と日本人」で、福岡県内で見られた怪異・妖怪の特徴を述べる際の比較対象とした。

白川は、英彦山の宗教民俗を、顕密寺社仮説を基に解明していくという研究を継続して実行した。編著『英彦山の宗教民俗と文化資源』において、神祭の原型等を明らかにしつつ、他の執筆者ではあるが、近代化・都市化にともなう「産業安全祈願祭」についての論文も監修するなど、幅広く研究活動を行なった。

宮岡は、今日の台湾で「原住民族」と呼ばれるオーストロネシア語族系先住諸民族の都市化と文化変容の諸相について文化人類学的研究を進めた。主題は大きく3点ある。

1点目は、都市化にともなう名前とエスニシティの動態である。台湾の先住民は、19世紀末より日本、中国国民党に統治され、その過程で各個人には日本語、中国語の名前が与えられた。本研究では、嘉義県阿里山郷に居住する先住民ツォウの固有名(民族名)がカタカナで戸籍資料に記載され、さらに日本語や中国語の外来名に置換された過程を、現地の戸籍資料や聞き取り調査から明らかにした。また、台湾では1995年以降、戸籍への民族名登記の権利が徐々に拡大したが、今日まで民族名「回復」の割合は依然低い。これを前提として、本研究では民族名と中国語名を併せ持つツォウの人びとが、都市化した日常生活でそれら複数の名前をどのように用い認識しているかについても聞き取り調査を行った。その結果、彼らは他者との対面的状況でこれらの名前を使い分け、民族名を名乗ることがエスニシティ表明の機会にもなっていることが明らかとなった。この事例は、都市化により個人の名前と名乗りのあり方にも変容が生じるという事実を示す。

2点目は、歴史認識の再構築と資源化の諸相である。1871年(明治4)の「琉球漂流民殺害事件」とそれを契機とする1874年(明治7)の「台湾出兵」は、台湾で「牡丹社事件」と称される。現地(現屏東県牡丹郷)で事件に関わったとされる先住民パイワンの後裔は、今世紀初頭より従来流布してきた「野蛮な殺人者」というレッテルを払拭するべく新

たな歴史認識の構築に励み、事件にまつわる知識・記憶・歴史認識を小学校の総合学習教材に編成し、かつ観光資源としても活用している。2014年には「牡丹社事件記念公園」が開園し、内外の観光客に事件をパイワンの視点から語る場を獲得した。この事例からは、生活の都市化にともない、歴史認識が変容し、かつそれが資源化されていく様相が明らかとなった。

3点目は、都市化にともなう文化伝承の場の変容である。近代化・都市化を経て、先住民は家庭や共同体で独自の文化を伝承することが困難となり、代替地として学校の役割が期待されている。本研究では、先住民の言語教育とそれを含む特別カリキュラム「原住民族実験教育」について調査報告を行った。2019年の「原住民族教育法」改正により、今後さらに全国規模で先住民文化の伝承の学校教育化・制度化が進み、そこで伝承される文化の実相も変化していくであろう。この点については、今後も注視し、調査を続けていきたい。

田村は、現在の中国において、多くの「文化」が「無形文化遺産」と同一視される状況に疑問を投げかけ、その問題点を指摘し、さらには、この無形文化遺産運動によって既存の文化に関する学問が覆いつくされるような状況を打破する試みをおこなった。

そのため、研究の取り上げる対象からみれば、非常に散漫とした印象を与えるが、この研究期間においては、主に問題を取り上げる学的発想を中心に検討したつもりである。

具体的には、無形文化遺産運動で扱われない、より日常的で「当たり前」とされるような対象から議論を起し、その視野から新たに対象をとらえなおすことの生産性を示し(中国中部地域での墓碑建立の活動)、日本で展開されている、熊本の「郷土料理」としての「中国料理」という、一見矛盾する言説のあり方を、実際の食事を取り巻く文脈から明らかにする作業などをおこなった。

加えて、より直接的に、遺産化される文化へのまなざしに対抗すべく、研究者がその中に埋め込まれているところの自社会研究の可能性から、「遺産」概念の問題点を指摘し、そうではなく、目指すべき方向としてマリノフスキーの指摘を敷衍して日本の人類学研究における「生きること」の人類学を提示

した。

その延長として、中国における「生活」という概念が近代に（おそらくは日本の社会学の影響のもとで）成立した翻訳語であることを指摘し、近代化のある過程で貧困を中心に、「社会問題」の量的な把握を試みる文脈で定着したことを明らかにした。そのうえで、この「生活」概念をどのように再度展開することで有用な道具となるのかを検討した。

同じ問題意識から、生活を研究のキーワードに掲げ、現在の生活世界をどのように民俗学から検討することができるのかを論じた。過去からの拘束を受けつつも、様々な工夫や調整による「自分化」や取り込みを重視する、主体性を強調する視点から従来の研究を取り上げなおす可能性を示した。

そのほか、中国をフィールドとした文化人類学の調査をめぐって、これまで行ってきた各種（農村研究、火葬場研究、ダンスサークル研究、観光農園研究など）の対象への接近の仕方、理解の仕方から、往復するフィールドワークと、近年軽視されがちな親族、人間関係の調査に基づく研究の重要性を再度指摘した。

中村は、東アフリカ（タンザニアとスーダン）の漁民文化を文化人類学的に研究するとともに、都市化によって変容のめざましい日本の里山里海文化の現状と課題について文化人類学／民俗学的に研究してきた。本研究期間中に、福井県で実施した研究成果の公表を意欲的にこなした。

1) 高齢化や担い手不足、生活の現代化・都市化によって継承が困難となった地域の祭礼行事について、福井県三方郡美浜町の彌美神社例大祭を事例に、その運営主体（地域団体、保存会、神社、小学校）に着目し、例大祭の現状と次世代への継承のために文化人類学研究が果たすことができる役割について「公共人類学」の観点からまとめた。2) 少子高齢化がすすむ福井県小浜市の里海地域の地域振興の可能性を、郷土食ナレズシの歴史文化的背景に着目し、地域社会（海村と農村）の紐帯の現代的再生による地域振興への提案をおこなった。3) 固有の里湖文化（漁業による資源利用と管理、寒ブナの刺身などの食文化）をもつ福井県あわら市の北潟湖地域において、湖と人との関係が薄れることで、地域の生物文化多様性も薄れつつある現状にたいし、地域資源

の再認識と活用が地域振興と自然再生のために重要であることを、この地域で3年間実施した学生実習（福井県立大学）の成果よりまとめた。4) 民俗学を志す読者にむけて、福井県での民俗学的フィールドワークの手法と経験を、教科書的書籍として分担執筆した。

都市化による民俗文化の変容の現状を文化人類学／民俗学的に記述した福井県での複数の研究成果より、持続可能な地域社会の創造のためには、再認識した地域資源を賢く組み合わせながら活用するとともに、それらを支える「住民の力」を大切に育むことが必要であるという結論に達した。同時に、文化人類学者は、利害関係のない中立的な立場から、地域・行政・研究機関などの折り合いをつけるコーディネーターとして、現場の問題解決に貢献することも示した。しかし、多様な自然・歴史・文化・社会環境をもつ日本は、地域の固有性が高いことより、「地域資源」や「住民」を一括りにすることはできない。各地域が「どのように多様であるのか」の内容分析を進めることが、都市化と民俗文化の変容にともなう課題解決のために必要である。また、都市化による民俗文化の変容は、ある程度、世界共通の課題でもある。文化人類学の観点から、日本とアフリカの事例の比較研究を推進してゆくことも今後の課題である。

#### (研究業績)

- 高岡弘幸 「フィールドへのいざない」 i-ix, 「フィールドとしての日常生活—民俗学の原点」 3-19, 高岡弘幸・島村恭則・川村清志・松村薫子編著『民俗学読本—フィールドへのいざない』晃洋書房, 2019年11月
- 高岡弘幸 「福岡県」 263-268, 香川雅信・飯倉義之編著, 小松和彦・常光徹監修『47都道府県・妖怪伝承百科』丸善出版, 2017年9月
- 高岡弘幸 「妖怪・幽霊文化と日本人」はつらつ教養講座（福岡県小郡市）, 2017年9月
- 白川琢磨 「英彦山の信仰と民俗」白川琢磨編・福岡大学福岡・東アジア・地域共生研究所監修『英彦山の宗教民俗と文化資源』, 7-41, 2017年10月
- 宮岡真央子 這十年來日本人類學之臺灣研究, 當代

- 日本與東亞研究, 4(1): 1-26, 2020年2月
- 宮岡真央子 構築される歴史認識—牡丹社事件の事例から, 台湾—黒潮でつながる隣ジマ: 2019年企画展ガイドブック(久部良和子編), 64-67頁, 沖縄県立博物館・美術館, 2019年11月
- 宮岡真央子 原住民族実験教育: 台中市博屋瑪国民小学の事例を中心に, 台湾原住民研究, 23: 165-177, 2019年11月
- 宮岡真央子 日本の人類学におけるこの10年の台湾研究, 日本台湾学会報, 21: 19-38, 2019年7月
- 宮岡真央子 ツォウの名前の過去と現在—台湾原住民の固有名回復に関する一考察, 台湾原住民の姓名と身分登録(国立民族学博物館調査報告147, 野林厚志・松岡格編), 127-153頁, 国立民族学博物館, 2019年2月
- 宮岡真央子 多様性と向き合う社会—台湾の多元文化と「郷土言語」教育, 七隈の杜, 14: 33-38, 2018年1月
- 宮岡真央子 歴史的事件の再解釈と資源化—台湾原住民パイワンによる「牡丹社事件」をめぐる交渉, 境域の人類学—八重山・対馬にみる「越境」(上水流久彦・村上和弘・西村一之編), 285-320頁, 風響社, 2017年7月
- 宮岡真央子 エスニシティ, 東アジアで学ぶ文化人類学(上水流久彦・太田心平・尾崎孝宏・川口幸大編), 115-130頁, 昭和堂, 2017年4月
- 田村和彦 (周星・張玲訳)「墓碑在現代中国的普及和“孝子”—来自陝西省中部農村的案例」『青海民族大学学報』2019年第4期, 110-121, 青海民族大学, 2020年1月
- 田村和彦 「第6章「熊本の「郷土料理」としての中国料理「太平燕」から考える—素材、文脈、文化を「囲い込む」こと、開くこと」, 『中国料理と近現代日本—食と嗜好の文化交流歴史』岩間一弘(編), 149-168, 慶應義塾大学出版会, 2019年12月
- 田村和彦 「“非遺”時代的自文化研究—試論固化的“遺産”概念与面向未来的開放的“生”的記録」, 『人類学視野下的歴史、文化与博物館—当代日本和中国的理論実践』(Senri Ethnological Studies Vol.97), 187-197, 国立民族学博物館, 2018年3月
- 田村和彦 「「生活」という語で我々は何を捉えたいのか、何が捉えられるのか」『日常と文化(特集: 東アジアの生活改善運動)』, Vol. 5, 63-71, 生活と文化研究会, 2018年3月
- 田村和彦 「科学技術世界のなかの生活文化—日中民俗学の狭間で考える」, 『アジア遊学』(特集 東アジア世界の民俗), 215号, 23-41頁, 松尾恒一(編), 勉誠出版, 2017年10月
- 田村和彦 「「調査」と「フィールドワーク」をめぐる巡る考察—陝西の農村および都市での経験から」『フィールドワーク: 中国という現場、人類学という実践』西澤治彦、河合洋尚編, 325-343, 風響社, 2017年6月
- 石井潤・中村亮編著 若者と研究者が見た北瀉湖—その生物文化多様性の魅力, 里山里海湖ブックレット3, 福井県里山里海湖研究所(福井), 印刷中。
- 中村亮 21世紀のフィールドワークに向けて—福井県小浜市田烏のナレズシをめぐる地域振興と文化人類学, 民俗学読本—フィールドへのいざない(高岡弘幸・島村恭則・川村清志・松村薫子編), 晃洋書房(京都), pp.165-180, 2019年。
- 中村亮 アフリカ漁民文化の研究(今井と共著), アフリカ漁民社会の地域振興と資源管理の課題: タンザニア南部キルワ島の「魚景気」から, アフリカ漁民文化論—水域環境保全の視座(今井一郎編), 春風社(神奈川), pp. 9-25, pp. 269-291, 2019年。
- 中村亮・Adel Mohamed Saleh 刺し網漁とジュゴン混獲—スーダン紅海北部ドンゴナーブ湾海洋保護区の事例, アフロ・ユーラシア内陸乾燥地文明, 7: 95-104, 2019年。
- 中村亮 福井県小浜市内外海地域の郷土食ナレズシを活用した地域振興の可能性を探る, 地域漁業学会, 58(3): 120-127, 2018年。
- 中村亮 彌美神社例大祭をめぐる公共人類学的研究, 福井県里山里海湖研究所年報2018, (福井県里山里海湖研究所編), 福井県, pp. 44-53, 2018年。



受ける被害を比率  $\phi$  とすれば、第  $t$  期に利用可能な生産資本の量は式 8 で表すことができる。

$$K_t - K_t \psi_t z_t \quad (8)$$

これらの準備の下で私たちが解くべき最適化問題は式 9 である。

$$\max_{C_t, K_{t+1}, D_{t+1}} E \left[ \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t u(C_t) \right] \quad (9)$$

subject to

$$f(K_t - K_t \psi_t z_t) + (1 - \delta_K)(K_t - K_t \psi_t z_t) + (1 - \delta_D)D_t = C_t + K_{t+1} + D_{t+1} \\ K_{t+1} - (1 - \delta_K)(K_t - K_t \psi_t z_t) \geq 0, D_{t+1} - (1 - \delta_D)D_t \geq 0$$

最適化問題のラグランジアンは式 10 である。ここで  $\lambda$  と  $\mu$  はラグランジュ乗数である。

$$L_t = E \left[ \sum_{\tau=t}^{\infty} \beta^{\tau-t} \{ u(C_\tau) \right. \\ \left. + \lambda_\tau [f(K_\tau - K_\tau \psi_\tau z_\tau) + (1 - \delta_K)(K_\tau - K_\tau \psi_\tau z_\tau) + (1 - \delta_D)D_\tau - C_\tau - K_{\tau+1} \right. \\ \left. - D_{\tau+1}] + \mu_\tau^K [K_{\tau+1} - (1 - \delta_K)(K_\tau - K_\tau \psi_\tau z_\tau)] + \mu_\tau^D [D_{\tau+1} - (1 - \delta_D)D_\tau] \right] \quad (10)$$

クーン＝タッカー条件は次の 5 式である。

$$\lambda_t = u'(C_t) \quad (11)$$

$$\lambda_t - \mu_t^K = \beta E \left[ \left\{ \lambda_{t+1} [f'(K_{t+1} - K_{t+1} \psi_{t+1} z_{t+1}) + 1 - \delta_K] \right. \right. \\ \left. \left. \left[ 1 - (\psi_{t+1} + K_{t+1} \frac{\partial \psi_{t+1}}{\partial K_{t+1}}) z_{t+1} \right] \right\} \right. \\ \left. - \left\{ \mu_{t+1}^K (1 - \delta_K) \left[ 1 - (\psi_{t+1} + K_{t+1} \frac{\partial \psi_{t+1}}{\partial K_{t+1}}) z_{t+1} \right] \right\} \right] \quad (12)$$

$$\lambda_t - \mu_t^D = \beta E \left[ \left\{ \lambda_{t+1} \left( [f'(K_{t+1} - K_{t+1} \psi_{t+1} z_{t+1}) + 1 - \delta_K] \right. \right. \right. \\ \left. \left. \left. [-K_{t+1} \frac{\partial \psi_{t+1}}{\partial D_{t+1}} z_{t+1}] + 1 - \delta_D \right) \right\} \right. \\ \left. - \left\{ \mu_{t+1}^D (1 - \delta_D) \left[ -K_{t+1} \frac{\partial \psi_{t+1}}{\partial D_{t+1}} z_{t+1} \right] \right\} - \left\{ \mu_{t+1}^D (1 - \delta_D) \right\} \right] \quad (13)$$

$$\mu_t^K [K_{t+1} - (1 - \delta_K)(K_t - K_t \psi_t z_t)] = 0 \quad (14)$$

$$\mu_t^D [D_{t+1} - (1 - \delta_D)D_t] = 0 \quad (15)$$

式 12 と式 13 を解釈すれば、その左辺がそれぞれ生

産資本と防災資本を 1 単位増加させるときの費用であることがわかる。ラグランジュ乗数は効用で測った潜在価格であるから、両式の左辺は投資の限界費用である。一方、右辺は投資がもたらす限界便益になっている。

災害被害率  $\phi$  を次のように表す。

$$\psi_t = d \cdot \exp(-\theta \frac{D_t}{K_t}) \quad (16)$$

もし  $D$  が 0 なら  $\phi$  は  $d$  に等しくなるから、 $d$  を災害激甚度と呼ぶことにしよう。また、 $\theta$  が大きいほど災害被害は小さくなるから、これを防災資本の効率性と呼ぶことにする。

式 16 で比率  $D/K$  を用いていることが、防災資本の混雑現象を表現している。比率  $D/K$  が大きいほど、つまり、生産資本に対して防災資本の賦存量が十分であるほど、災害被害は小さい。逆に、比率  $D/K$  が小さいほど、つまり、生産資本に対して防災資本の賦存量が十分でないほど、災害被害は大きい。

ここで私たちは、 $d$ 、 $\theta$ 、 $p$  に関する比較静学を行いたい。まず、 $d$  が増大すると災害被害率は増加する。経済成長の最適経路に戻すために、防災資本への投資が行われなければならない。しかし、この過程で消費と両資本への投資が変動するが、防災資本への投資が生産資本への投資より優先して行われて、比率  $D/K$  が増大するかたちで落ち着くだろう。

次に、防災資本の効率性  $\theta$  が増せば、防災資本への投資の必要性が減少する。防災資本への投資が抑制されて生産資本への投資に振り向けられるが、それは再び防災資本の混雑現象を引き起こすということを繰り返して、最終的に適当な比率へ落ち着くだろう。

最後は災害発生確率  $p$  である。私たちのモデルでは防災被害率  $\phi$  が  $p$  を含んでおらず、災害発生確率は変数  $z$  を通じて経済に影響する。この結果、式 17 のように、災害被害の期待値をとったとき、初めて災害発生確率  $p$  が明示的に現れる。災害発生確率が高まると災害被害の期待値が大きくなる結果、防災資本への投資が増加する。しかし、これによって生産資本への投資が相対的に減少するので、防災資本の混雑現象が発生する。こうした変化を繰り返しながら、比率  $D/K$  は安定していくだろう。

$$E[K_t \psi_t z_t] = K_t dp \cdot \exp(-\theta \frac{D_t}{K_t}) \quad (17)$$

現在日本の経済成長は極めて遅いものである。この観点からすれば、防災資本への投資の増加はそれほど必要としないと考えてよい。その一方で、日本を襲う災害の発生確率や激甚度が増大しているという認識が、国民にはあると思う。この観点からは、日本政府が防災資本への投資を増大させることが求められている。

だが、防災資本への投資を増大させれば、消費と生産資本への投資が一定期間抑制されるので、国民の経済厚生が低下するだろう。経済厚生への過度の低下を抑制しようと思えば、防災資本の効率性を高めることによって、防災資本への投資を金額的に抑制していくほかない。それは、地域住民の防災知識を高めることや、防災インフラの技術的性能を上げていくといった技術革新によって達成可能であろう。

### 【参考文献】

Segi, S., T. Ishikura and M. Yokomatsu, 'Application of Dynamic Stochastic Macroeconomic Model for Long-Term Disaster Prevention Planning,' *Journal of Japanese Society of Civil Engineers*, D3, Vol. 68, No. 3, 129-143, 2012.

Uzawa, H., 'Theoretical Analysis of Social Common Capital I,' *University of Tokyo Journal of Economics*, Vol. 38, No. 1, 2-16, 1972.

Uzawa, H., 'Theoretical Analysis of Social Common Capital II,' *University of Tokyo Journal of Economics*, Vol. 38, No. 3, 14-27, 1972.

### ②研究業績

Hiroataka TAKAYABU, Shigemi KAGAWA, Hidemichi FUJII, Shunsuke MANAGI, Shogo EGUCHI, "Impacts of productive efficiency improvement in the global metal industry on CO<sub>2</sub> emissions", *Journal of Environmental Management* 248, 109261, 2019.

Yoshihiro, YAMAZAKI, "Disaster Prevention Capital as Social Common Capital," CAES Working Paper Series, 2019-013.





米国による世界経済における優位を脅かすものとなった。

林は開発途上国、特に紛争の影響下にあるアフガニスタンに焦点を当てて政府（中央政府・州政府、地域）と地域社会という観点から研究活動を行なった。国連において後発開発途上国（Least Developed Countries）に分類される国の中で、アフガニスタンは今もなおターリバーン等との反政府武装勢力との戦闘が継続している。換言すれば、政府の役割が非常に脆弱な中で、開発に向けた取り組みがなされている国である。このような国において、脆弱な政府に代わって地域の暮らしを支える役割を果たしているのが、地域社会である。本研究では、政府が無くとも農村部を中心とした地域社会の暮らしを維持してきた地域における自己統治の在り様に争点を当ててきた。

アフガニスタンの政府と地域社会の関係は、強い地域社会と脆弱な国家（Strong societies and weak states）と見ることができる（Migdal）。しかし、その地域社会は一枚岩ではなく、さまざまな民族や部族に分かれた極小社会（Micro societies）の集合である（Saikal）。したがって地域社会の在り様は一様ではない。本研究では、アフガニスタンの主要民族である、パシュトン、タジク、ハザラの中でも、特にペルシャ系に属するタジク人の地域社会を取り上げ、農村部における人々の暮らしを考察して来た。しばしば「平和構築」という取り組みは中央政府の行政機構の再建、民主的な政治システムなど、大きな国家の枠組みの再建と考えられている。本研究では、国家の枠組みの重要性は否定しないものの、地域の人々の暮らしを再建することの重要性に光を当てることに傾注した。

## 研究業績

### [論文]

石上悦朗「インド指定商業銀行の不良債権問題について—岐路に立つ「政府の銀行」」『経済志林』第85巻第4号（絵所秀紀教授退職記念号）、2018年3月、403-435ページ。

石上悦朗「経済政策から見た第2次モディ政権の課題—「Make in India」と電子産業」『現代インドフォーラム』42号、2019年7月、24-39ページ。

木幡伸二「習近平：中国経済の行方」『東アジア研究』第25号、東アジア学会、2019年3月。

木幡伸二「中国のWTO加盟と世界経済」、小川雄平編著『国際ビジネス論』中央経済社、2020年9月刊行予定。

林裕「だれにとっての「リアリティ」なのか—アフガニスタンにおける平和構築と開発援助」『東洋研究』（大東文化大学東洋研究所）第210号、2018年12月、27-40ページ。

林裕『「開発援助を評価する援助関係者」を考える—アフガニスタンを巡る復興・開発援助」、重田康博・真崎克彦・阪本公美子編『SDGs時代のグローバル開発協力論—開発援助・パートナーシップの再考』明石書店、2019年10月、93-110ページ。

### [学会発表]

石上悦朗「ICT サービス産業のダイナミズムとグローバル化」地理科学学会秋季シンポジウム、2017年11月12日、広島大学。

石上悦朗「インド経済論と地域（地方）・社会研究の接点—かなり限られたレビューから」九州南アジア研究会、2019年11月30日。

木幡伸二「習近平：中国経済は何処に向かうのか」東アジア学会第28回大会、2018年6月2日、西南学院大学。

林裕「アフガニスタンを巡る復興支援の再考」国際開発学会「開発経験の実証的考察を通じた発展・開発のあり方の再考」研究部会、2018年7月14日、東洋大学。

林裕「アフガニスタンにおける地域社会と平和構築」九州南アジア研究会、2018年12月1日、福岡大学。

林裕「アフガニスタンの地域社会と開発—その今昔とイメージ」大東文化大学西アジア研究会、2019年2月17日、大東文化大学。

### [事典項目]

石上悦朗「インフォーマル化」「アウトソーシング？」インド文化事典編集委員会編『インド文化事典』2018年1月。



(日本1884年)の看護婦養成所から始まり、日本による34年間の植民地下の看護教育を経て、1945年の終戦後GHQの指導の基、アメリカの影響を受けながら発展していった。日本と同様に看護専門学校での教育体制が多い中、1955年梨花女子大学に看護学士課程が創設(日本1952年高知女子大学創設)された。その後の看護教育の発展は、韓国は1990年代までに4年制看護大学は20校程度増え、1960年には、修士課程の創設、1978年には博士課程が創設された。日本は、爆発的に看護大学が増加する2000年代になるまで大学の増加は鈍化しており、1990年までは、4年制看護大学は10校にとどまっていた。また、修士課程は1979年に千葉大学に創設、博士課程は1988年に聖路加看護大学に創設と韓国より10年以上遅い。筆者が行った過去の調査でも、科学的な看護ジャーナルの発刊開始年や論文数等についても遅れを取っていた。加えて韓国は、看護の質の向上と、専門的サービスの提供できる人材育成の体系化のため、看護教育の4年生の看護大学一元化を推進させた。2011年には高等教育法の改正が行われ、2017年からは4年制の大学教育に一元化された教育が行われている。日本は、韓国と同じく、これからの社会・医療に対応できる看護師の育成のために、看護師基礎教育の4年制化の実現を日本看護協会が推進しているが、准看護師制度の廃止も進まず、看護師の免許取得までのプロセスが多様なまま看護教育一元化が進んでいないのが現状である。より安全で質の高い看護を提供できるように、看護基礎教育を大学へ一元化することは急務である。

看護師の名称は、韓国は看護師、助産師の2種類(日本は看護師・助産師・保健師)であり、免許取得後大学院で学び、Advanced Practice Nurse(上級実践看護師)として登録ができる。上級実践看護師は、大学院教育で一元化されており、13種類の実践看護分野があり、日本の保健師に相当する公衆衛生看護は上級実践看護師として位置づけられ、2017年で6441名が登録している。日本は、韓国の上級実践看護師にあたるものは、専門看護師、およびナースプラクティショナーであり、大学院教育で一元化され登録者は2017年で1862名と韓国の約1/3である。また、これらの他に1年間の大学等の機関の教育により養成される認定看護師があり、病院等において上

級実践者として活動している。韓国の場合、認定看護師も創設当時はいたものの、上級実践看護師に一元化され教育は大学院で実施されている。また、上級実践看護師は、韓国の場合、医療法に明記されており法に則って活動ができる。しかし、日本の場合、日本看護系大学協会による認定制度であり、法的根拠がなく、上級実践看護師の資格を持っていてもその能力を評価されにくい実情がある。老年看護学については、韓国の場合まだ高齢化率が低いこともあり、大学学士教育の中での老年看護学は、2016年に選択科目から必修科目に変更されたばかりである。しかし、大学院教育としては2004年から老年看護上級実践看護師の教育が開始されており登録者も一番多い。今後加速する高齢化の中で大きな力が発揮できるものと考えられる。

## 2. 高齢者を対象としたHHCサービスの現状と課題

韓国のHHCは3つあり、保健所が行う「訪問健康管理」と、医療法に基づき病院より訪問する「家庭看護」、日本の介護保険にあたる老人長期療養保険法に基づき行われる「訪問看護」である。3つの制度の概要は日本とほぼ同じであるが、内容に相違がある。訪問健康管理は、費用が無料であり主に低所得者や障害者や高齢者を対象とした制度である。家庭看護は、病院に所属した家庭専門看護師が、所属する病院の患者を対象として、医師の指示のもと、訪問看護を行うものである。処方権はないものの、自律した看護を行っており、医療費の削減につながっている。訪問看護は、老人長期療養保険対象者を対象とし、看護師、准看護師(日本のヘルパーに近い)、歯科衛生士が訪問して看護を提供するものである。しかし、サービス提供者の職種は区別されておらず、訪問報酬が時間のみで設定されているため、本来求められている医療的看護処置がどの程度提供されているのか看護の質が把握されにくい現状がある。制度発足後、訪問看護ステーションにあたる家庭看護事業所の数や看護師数増加はみられず、准看護師数が増えていることから療養サービスに重点が置かれている現状がある。表1に韓国のHHCサービスの詳細について、KISS(Korean Studies Information Service System)より「韓国」「訪問看護」検索し、社会保障制度、統計はKorean Statistical Information Service、

韓国看護協会ホームページより情報収集、翻訳し表にまとめた。

訪問看護についての法整備の基盤は、日本の方が整備されており、質の評価や改正などシステマティックに実施されている。日本の介護保険を手本として老人長期療養保険法は制定されたが、訪問看護の内容は相違がある。一方、韓国の利点は、病院の家庭看護における家庭専門看護師の高度な看護ケアである。入院から退院までのケアが一貫して行え、需要も多く入院期間短縮などの効果もある。日本では病院内の訪問看護は数少なく、高度な医療的ケアが必要な療養者にとってこの体制は参考になると考えられる。

## 研究業績

1. 有田久美：韓国高麗大学での長期在外研究，  
Research, 23/1：19-21, 2018
2. 有田久美, 久木原博子, 大川法子, Ryu Hosihn：韓国における訪問看護制度の現状，文化看護学会第10回学術集会，2018年3月発表

表1. 韓国のHHCサービスの具体的内容

	家庭看護	訪問看護	訪問健康管理
関連法	医療法	老人長期療養保険法	地域保健法
事業目的	<ul style="list-style-type: none"> <li>・入院代替サービス</li> <li>・病床回転率を改善</li> <li>・国民医療費節減</li> <li>・患者と家族の便宜を提供</li> <li>・患者の医療費負担を軽減</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・老人保健医療の財政の節減</li> <li>・在宅老人の健康問題を管理</li> <li>・動作が不自由な老人の保健医療サービス利用に対する便宜を提供</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・国家保険事業</li> <li>・医療利用可能性を増進</li> <li>・脆弱家族のセルフケア能力向上</li> <li>・動作が不自由な者の医療利用可能性を増進</li> </ul>
看護師の資格要件	看護師として10年以内に該当分野の3年間の実務経験を持ち、専門看護師大学院教育課程を履修した上、専門看護師試験に合格した者	<ul style="list-style-type: none"> <li>・看護師、看護助手（准看護師）、歯科衛生士（長期療養の担当職員）</li> <li>・看護師として10年以内に2年以上の実務経験を持つ者</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・保健看護師資格（または、看護師免許証）を持っている看護婦の中で、保健機関で勤めた経歴が1年以上になる保健看護婦</li> </ul>
運営主体	民間及び国・公立医療機関	施設・人員基準を満たす（医療機関に所属していない者の訪問看護の場合には管理責任者を看護師とする）	保健所、保健支所
報酬体系	交通費+基本訪問料+個別行為料	訪問時間による定額制	無料
対象者	個人患者中心 入院後早期退院患者 手術後早期退院患者 脳血管疾患などの慢性疾患者 産婦及び新生児 その他主治医が必要な患者など	65歳以上の老人療養保護グレード対象者 (長期療養が必要な65歳以上老人及び認知症・老人性疾患を持つ64歳以下の国民)	脆弱家庭中心 生活保護対象 障害者家庭 老人家庭 ホスピス及び精神疾患家庭 慢性疾患者家庭などの高リスクな家庭など
主なるサービス内容	基本看護 処置的看護（気管切開看護、吸引、酸素療法、褥瘡看護、経管栄養、疼痛緩和、腸瘻看護、透析看護、会陰看護、産婦及び新生児看護など） 患者及び保護者に対する看護方法の教育など	より高い医療的看護処置などを提供するサービス 処置的看護（気管切開看護、吸引、酸素療法、褥瘡看護、経管栄養、疼痛緩和、腸瘻看護、透析看護、会陰看護、産婦及び新生児看護など）	脆弱住民の健康管理 慢性疾患管理 高血圧、糖尿事例の管理 相談、教育、予防、健康増進などの包括的な保険看護サービス提供 地域社会資源の連携及び依頼



ものであったことが明らかになった。こうした研究結果をレクリエーションの文化的な価値の文脈に位置づけてみると、レクリエーションという社会現象は根性とは無縁であり、まさに競技スポーツと対極的な領域にあるといえる。しかし一方で、レクリエーションの中の一領域としてスポーツをはじめとする身体運動が位置づけられており、また「スポーツの本質は遊び（プレイ）である」という「プレイ論」に立てば、スポーツとレクリエーションの通底には遊び（プレイ）があるという意味で、両者は親和的であるともいえる。そこからは、スポーツとレクリエーションとの間の対抗的であり、また親和的でもあるという、2つの異なる方向性の成立が可能となる、両者の文化的な価値の関係性が示唆されることになった。（なお、詳細は長島<sup>4)</sup>の研究業績を参照のこと。）

長島によって示唆された、勝敗や競争という文化的な価値を重視するいわゆる「競技スポーツ」と遊び（プレイ）に由来する文化的な価値を特色とするレクリエーションとの対立的でありながら、親和的でもある関係性から、藤井と築山はそれぞれスポーツ科学専門教育におけるレクリエーション教育のあり方について考究した。まず、藤井は、本学スポーツ科学部を事例として、競技志向を有する学生が多く在籍する学科と、競技志向が強くはなく、しばしば他の運動・スポーツ志向を有する学生が多く在籍する学科のそれぞれのカリキュラムにおけるレクリエーション教育の位置づけについて考察した。そして、前者の学科では、まさに長島が示唆するように、競技というスポーツの文化的価値とレクリエーションの文化的価値とが対抗的な相補性をもたらすこと、具体的には、レクリエーション支援者（レクリエーション場面では「指導」ではなく「支援」の概念を用いる）の素養を備えた、いわゆる「引き出し」の多いスポーツ指導者の養成教育が可能になることが示された。また、後者の学科では、レクリエーションの文化的価値といわゆる「健康運動・スポーツ」との親和的な相補性が生み出されることで、同じくレクリエーション支援者の素養を備えた運動・スポーツ指導者の輩出が期待されるとした。さらに、同様のことが、両学科での保健体育教員養成についても該当する。確かに、本学部のレクリエーション

教育を構成する実際の授業科目を両学科の学生が受講できることによる志向性の拡散や、スポーツ専門教育の枠組みにおけるレクリエーション教育の体系的な量的・質的な担保の困難さ等に関わる問題は無視できないものの、競技・競争、身体性、健康といった運動・スポーツの文化的な価値と、遊び、協同、精神的な安寧といったレクリエーションの文化的な価値との対抗的および親和的な相補性を活かした形での運動・スポーツ指導者養成の重要性が主張されることとなった。（なお、詳細は藤井<sup>1)</sup>の研究業績を参照のこと。）

築山は、前述の藤井による研究成果を一步進めて、レクリエーション支援者の素養を備えた体育・運動・スポーツ関連の指導者の養成につながるようなレクリエーション教育が、レクリエーションの文化的な価値の1つともいえる教育の観点から具体的にどのような効果をもたらしているのかを、藤井と同じく本学スポーツ科学部におけるレクリエーション関連授業科目を分析対象として明らかにした。築山はここで、レクリエーション支援の際の技法といったテクニカルな側面ではなく、特にレクリエーションの展開にとって重要である「レクリエーション支援に対する各種の心構え」という支援者の心理的な側面に焦点化して分析に取り組んだ。なぜなら、藤井<sup>3)</sup>が指摘する、スポーツ界に未だに根強く存在する暴力、体罰、ハラスメントなどの問題は、レクリエーションの文化的な価値でもある協同、共感、精神的な安寧などの対極にあるものと考えられ、したがってそうした心理的な側面の教育もまた、体育・運動・スポーツ関連の指導者にとって極めて重要だと思われるからである。すなわち、レクリエーション支援者の素養を備えた体育・運動・スポーツ関連の指導者とは、レクリエーション支援技術にとどまらず、いわゆる「レクリエーションマインド」を備えた人物ということになる。その意味で、築山が、アンケート調査およびテキストマイニング法による質的調査に基づいて、学生間のみでのレクリエーション支援の授業経験から幼児へのレクリエーション支援の授業経験を経ることによって、レクリエーションの「享受者から支援者へ」と受講学生に心理的な変化が見られ、レクリエーションマインドの醸成が図られた点を明らかにしたことは、大きな研究成果と

いえよう。築山によれば、受講学生が、自らがレクリエーション支援者グループの一員として幼児に働きかけることと、レクリエーション参加者の1人として「幼児へのレクリエーションを支援する他の支援グループを直接・間接的に支援する」形で幼児と関わっていくことの両方の立場を経験することが、そうした「享受者から支援者へ」の変化の鍵である。すなわち、レクリエーション場面における様々な立場での支援の経験が、レクリエーションの文化的な価値ともいえる協同、共感、精神的な安寧などを基盤とするレクリエーションマインドを醸成しており、体育・運動・スポーツ関連の指導者の資質の向上に貢献していることが示唆された。(なお、詳細は築山<sup>2)</sup>の研究業績を参照のこと。)

最後に藤井は、ドイツにおけるスポーツ教育学に蓄積されてきた研究知見に基づいて、レクリエーションの文化的な価値について、人が何を求めてそれを行うのか、すなわち人がそこに求める「意味」という観点から考察した。ドイツのスポーツ教育学では、例えば学校で教えるべき文化としてのスポーツを選択し、位置づけるための議論の中で、スポーツが備える意味が繰り返し問われてきた。こうしたスポーツの意味を問う試みは、レクリエーションの文化的な価値を考える上で大いに参考になるように思われる。なぜなら、スポーツが形態、実施者、志向性などの点で極めて多様であるのと同様に、レクリエーションもまた多様性に富んでおり、したがってそうした多様性を考慮してその意味論を展開する必要があること、またレクリエーションの中核的財である「ゲーム、ソング、ダンス」が備える意味とスポーツの意味とがプレイの概念を介して近い関係にあるように思えること、そしてまさにレクリエーションの内容の多様性の一環としてスポーツがそこに組み込まれていることなどが指摘されうるからである。以上の点を踏まえて、藤井は、世界的に著名なドイツのスポーツ教育学者である O. Grupe や D. Kurz らによって展開されてきたスポーツの意味論がレクリエーションの意味論と相当程度重なってくることを指摘することで、わが国ではこれまで論じられてこなかった視角からレクリエーションの文化的な価値について考察することとなった。具体的には、Kurz らが明らかにしてきた「健康」「感動」「表現」「達

成」「緊張」「コミュニケーション」の6つに大別されるスポーツの意味論を手掛かりに、レクリエーションの意味をその分類枠組みに基づき整理した。確かに、レクリエーション財、参加者、志向性などの相違によって、レクリエーションに求められる意味も相当に異なってくるが、そうした事情にも、青少年、成人、高齢者、女性、障がい者などのスポーツ実施者、競技スポーツ、生涯スポーツ、健康スポーツ、コミュニケーションスポーツなどのスポーツ志向等に多様性が見られるスポーツの意味に関する分類枠組みは相応するものであった。ただし、こうした意味論に基づく「教育学的なパースペクティブ」、すなわち教育学的な意義については、身体や運動という中心概念を伴うスポーツのそれとレクリエーションのそれとの間で必ずしも合致が見られるというわけではなく、レクリエーションの文化的な価値を高めることにもつながるその教育学的な意義の考察に課題が残ることとなった。(なお、詳細は藤井<sup>5)</sup>の研究業績を参照のこと。)

以上のように、レクリエーション文化研究チームでは、専門分野の異なる4名の研究員によって、レクリエーションの文化的な価値に関する様々な切り口からの研究成果が示されることになった。確かにそこでは、レクリエーションの文化的な価値の統一的な構造・構成モデルが示されるに至ったわけではないが、レクリエーションという多様に設定・展開されうる、あるいは設定・展開されてきた社会現象が有する、その文化的な価値の実相に即して、各研究員が个性的かつ射程の広い研究に取り組んできており、また同時に十分な研究成果を上げることもできたといえる。今後は、各研究員がそれぞれの立場でレクリエーションの文化的な価値に関する研究に取り組む続けるとともに、その研究成果を常に発信していくこととしたい。

## 研究業績

- 1) 藤井雅人：スポーツ科学専門カリキュラムの中のレクリエーション教育を考える、九州レジャー・レクリエーション研究、6：45-49、2017年
- 2) 築山泰典：「枠」という視点から見たレクリエーション、九州レジャー・レクリエーション研究、

7：1-5、2018年

- 3) 藤井雅人：スポーツ医・科学Q & A 『『スポーツ・インテグリティ』とはなんですか?』、体協 ふくおか、Vol. 110:16-17、2019年
- 4) 長島和幸：八田一朗の「根性」論の独自性に関する一考察：1960年代の「根性」批判と「トレーニング」論の分析を通して、スポーツ教育学研究、39(2)：13-26、2019年
- 5) 藤井雅人：「文化としてのレクリエーション」を考える、九州レジャー・レクリエーション研究、8：印刷中
- 6) 野中雄太：体育科準教科書におけるレクリエーションに関する研究—1950年代中学校に着目して—、九州レジャー・レクリエーション研究、8：印刷中



## 壊滅的災害に関連した地球科学的現象の研究

研究チーム名：災害地球科学の研究チーム（課題番号：175001）

研究期間：平成29年4月1日～令和2年3月31日

研究代表者：石原与四郎 研究員：鮎澤 潤、田口幸洋、奥野 充、柚原雅樹、杵山哲男、上野勝美、田上 響

### 研究成果

本研究チームでは、近年多発する大規模な自然災害を引き起こすイベントの発生や環境変化の過程、そしてそれらがどのようにして地質体や地層中、生息していた生物種の変化として記録されるのか、また過去に発生したイベントの長期記録について明らかにすることを目的として研究を行った。具体的には、イベントの発生に直接関連する(1)火山・岩石に関するイベントの研究、そしてそれらが記録される(2)地層記録に関する研究と、(3)生物記録に関する研究の3つのサブテーマを設け、一連の流れの中でそれぞれにおいて成果を得ることを目的とした。

(1)の火山・岩石に関するイベント研究に関しては、断層の実態および断層活動に伴う斜面崩壊および地滑りイベント、地熱兆候地に特有の斜面崩壊や地滑りイベントの研究を行った。

断層の調査では、北部九州の基盤となっている白亜紀花崗岩類に発達するものを対象とし、野外調査および試料採取、そして断層の形成されている花崗岩類の試料採取と分析を行った。そして背振山地での調査から、背振山地北麓における南-北系断層は、活断層とされる日向峠-小笠木峠断層帯とほぼ同時に形成されること、背振山地南麓では、北西-南東方向、南-北方向、東-西方向の小断層が卓越し、後者が前者を切ること、2条の西北西-東南東～北西-南東方向の直線的な谷地形を形成する断層を確認した。

断層活動に伴う斜面崩壊および地滑りイベントの研究では、北海道胆振東部地震と熊本地震によって崩壊した斜面の地質調査を実施した。そして現地調査と詳細な地形分類にもとづいて、これらの崩壊は、地震時に多段階に渡って発生したものが連結してきたことを明らかにした。これらの結果、地震など

によって生じる斜面崩壊が、強震動時に多段階に生じ、それが最終的に連結して見かけ上、大規模な崩壊に見えることを示した。崩壊（地すべり）堆積物と人工埋積土の区別が非常に難しく、土地利用などの履歴も含めた総合的な成因と発生プロセスの検討が重要となることがわかった。

地熱兆候地におけるイベントでは、自然災害が起きた地熱兆候地のうち、手洗温泉の変質帯調査を行った。水蒸気爆発地点付近は手洗温泉でも噴気が多く分布している地域で、より温度が高い地域であることが分かった。また、この噴気地域中心部の変質鉱物分布と水蒸気爆発が起きた経緯を考慮すると、短時間に多量の降雨があり、スメクタイト帯が地すべりを起こし、その下部で閉じ込められた流体が下位より供給される多量の熱で流体圧を上げ、ついには水蒸気爆発に至ったと考えられることを示した。

(2)の地層記録に関する研究については、地質時代におけるイベントのアーカイブとして有望視される湖成層や鍾乳石、湧泉で形成する炭酸塩堆積物等における調査・研究を進めた。

湖成層および鍾乳石からは、それぞれ洪水イベントや地震による崩壊イベント堆積物の認定や特徴化を行い、その堆積のタイミングはいずれもポアソンプロセスに支配されるランダムなものである一方で、イベント規模は統計的に異なることを示した。鍾乳石からは、それらに認められる年縞記録から過去の気候変化やエピソード的なイベントの抽出を試みた。また、分析結果からは過去の津波イベントの特徴も捉えられることを示した。

石灰岩地帯の湧泉で形成する炭酸塩堆積物を対象にした研究では、計測・記録・補足的な試資料収集からなる野外調査と室内での試料分析・総合解析を実施した。その結果、過去十数年間の気象・水質・

水理情報と併せて堆積物に記録された年縞の解釈を進め、その間に起きた渇水、汚濁水の流入、生物にとって有害な物質の降下などとの対応把握を主目的に分析を行ったが、現時点で明確な結論に至っていない。

(3)の生物記録に関する研究については、海洋島起源の石灰岩の形成史末期における地層記録、古生代石灰岩から産出するサンゴ化石の示す生物記録、そして脊椎動物が災害から受ける影響について研究を行った。

海洋島起源の石灰岩の研究では、秋吉台西部の鉱山切り羽に見られる連続露頭において、秋吉石灰岩最上部に相当する層序区間を調査した。この層準は、秋吉海山斜面上部で形成された崖錐性と思われる礫質石灰岩を主体とする。そこには、秋吉石灰岩最上位のフズリナ化石帯の指標種である *Lepidolina multiseptata* が多産する。そして礫質石灰岩の下位には、層厚数 m の淡緑色酸性凝灰岩がみられた。酸性凝灰岩と礫質石灰岩には整合的な層序関係が推定されたため、秋吉海山が沈み込み帯へと到達する直前の時代である中期ペルム紀末には、その周辺で酸性の火山活動が起こっていたことが考えられる。従来、秋吉石灰岩に代表される本邦古-中生代付加体中の海洋島アトール型石灰岩体は、遠洋浅海域の環境や生物相を記録するユニークな地質媒体として認識されてきた。今回の研究結果は、それらの層序記録の中には沈み込み帯におけるマグマ活動の痕跡も残されることを示している。

サンゴ化石の示す生物記録については、秋吉台及び九州東部の古生代石灰岩に産出するものを中心に検討を進めた。その結果、孤立した大洋型生物礁秋吉石灰岩に産出する四放サンゴ *Echigophyllum* グループの、石炭紀を通じて形態的特徴や生息環境の時代変遷の概要を解明した。また、大分県豊後大野市の黒瀬川帯構造帯に上部デボン系、下部石炭系が分布していることを発見し、腕足類化石、四放サンゴ化石、コノドントなどの産出を報告した。

脊椎動物における研究では現生および化石標本を対象に、体の大型化や、摂餌器官の発達等、生息していた時代には生存に利する進化を遂げた分類群が、環境の急変に適応できず、絶滅した例を爬虫類、哺乳類等で確認した。顕著であったのはこの絶滅事変

を生き延びたワニ類と鳥類の適応の違いで、前者は相対的に少量の餌とわずかに残された生息可能な環境で、絶滅を回避したようである。一方、後者は、祖先の獣脚類恐竜から小型化の進化を遂げた恒温動物であり、一部の生存に有利に働いたものと考えられる。また、分類群の環境への適応と生態系における繁栄に重要な摂餌器官に着目し、脊椎動物の歯と嘴の比較を試みた。とくに嘴復元のため、現生鳥類のケラチンの微細構造と、接触する骨との形態の関係を調査した。また化石鳥類の吻部を、紫外線照射下で撮影したところ、肉眼観察では認識できない色の区分が見られた。この紫外線蛍光撮影により、ケラチンの分布を確認できる可能性が示された。

## 研究業績

- 鮎沢 潤・奥野 充：火山噴火史と博物館. 月刊地球, (67): 48-51, 2017.
- Can Pham-Ngoc, Ishiyama, D., Tuan Anh Tran, Hoshino, M., and Taguchi, S.: Characteristic Features of REE and Pb-Zn-Ag Mineralization in the Na Son Deposit, Northeastern Vietnam. *Resource Geology*, 66:404-418, 2016.
- 藤川将之・中澤 努・上野勝美：石炭—ペルム系秋吉石灰岩の堆積作用とカルスト化作用. 地質学雑誌, 125: 609-631, 2019.
- Ha, T. T. N., Takayanagi, H., Ueno, K., Asahara, Y., Yamamoto, K. and Iryu, Y.: Litho-, bio- and chemostratigraphy of the Middle Triassic Carbonate Succession in the North Central Coast Region of Vietnam. *Progress in Earth and Planetary Science*, 6: article no. 47, <https://doi.org/10.1111/iar.12175>, 2019.
- Hakozaki, M., Miyake, F., Nakamura, T., Kimura, K., Masuda, K., Okuno, M.: Verification of the annual dating of the 10th century Baitoushan Volcano eruption based on AD 774-775 carbon-14 spike. *Radiocarbon*, 60(1), 261-268. doi: 10.1017/RDC.2017.75, 2018.
- Hara, H., Kunii, M., Miyake, Y., Hisada, K., Kamata, Y., Ueno, K., Kon, Y., Kurihara, T., Ueda, H. and Assavapatchara, S.: Sandstone provenance and U-Pb ages of detrital zircons from Permian-Triassic forearc

- sediments within the Sukhothai Arc, northern Thailand: Record of volcanic-arc evolution in response to Paleo-Tethys subduction. *Journal of Asian Earth Sciences*, 146:30-55, 2017.
- Hara, H., Tokiwa, T., Kurihara, T., Charoentitirat, T., Ngamnithiporn, A., Visetnat, K., Tominaga, K., Kamata, Y. and Ueno, K.: Permian-Triassic back-arc basin development in response to Paleo-Tethys subduction, Sa Kaeo-Chanthaburi area in Southeastern Thailand. *Gondwana Research*, 64:50-66, 2018.
- Hatfield, V., Nicolaysen, K., West, D., Krylovich, O., Bruner, K., Savinetsky, A., Vasyukov, D.D., MacInnes, B.T., Khasanov, B.F., Persico, L., Okuno, M.: Human resilience and resettlement among the Islands of Four Mountains, Aleutians, Alaska. *Quaternary Research*, 91(3):917-933. doi: 10.1017/qua.2018.149, 2019.
- Hedenquist, J. W., Taguchi, S. and Shinohara, H.: Features of Large Magmatic-Hydrothermal Systems in Japan: Characteristics Similar to the Tops of Porphyry Coppeer Deposits. *Resource Geology*, 68:164-180, 2018.
- 石原与四郎・吉村和久：白保竿根田原洞穴遺跡ほどのようにできたか—堆積環境と形成過程. *科学*, 87(6):537-542, 2017.
- Komatsubara, J., Ishihara, Y., Nakashima, R. and Uchida, M.: Difference in timing of maximum flooding in two adjacent lowlands in the Tokyo area caused by the difference in sediment supply rate. *Quaternary International*, 455:56-69, 2017.
- 小松原純子, 石原与四郎, 石原武志, 風岡 修, 水野清秀：利根川下流域における液状化被害分布と沖積層の構造との関係. *地学雑誌*, 126(6):715-730, 2017.
- Kuzmicheva, E.A., Smyshlyaeva, O.I., Vasyukov, D.D., Khasanov, B.F., Krylovich, O. A., Okuno, M., West, D.L., Hatfield, V.L., Savinetsky, A.B.: A 7300-yr-old environmental history of seabird, human, and volcano impacts on Carlisle Island (the Islands of Four Mountains, eastern Aleutians, Alaska). *Quaternary Research*, 91(3), 934-952. doi: 10.1017/qua.2018.114, 2019.
- Lu, Y., Song, S., Taguchi, S., Wang, P., Yeh, E., Lin, Y., NacDonald, J., and John, C. M.: Evolution of hot fluids in the Chingshui geothermal field inferred from crystal morphology and geochemical vein data. *Geothermics*, 74, 305-318, 2018.
- Maillet, M., Huang, W.T., Miao, Z. W., Gong, E. P., Guan, C. Q., Zhang, Y. L., Ueno, K.: Samankassou, E., Coral reefs and growth dynamics of a low-angle Carboniferous platform: records from Tianlin, southern China. *Sedimentary Geology*, 396, article no. 105550. 2020.
- Nakanishi, T., Takemura, K., Matsuyama, H., Shimoyama, S., Hong, W., Okuno, M.: Activity of the Funai Fault and radiocarbon age offsets of shell and plant pairs from the latest Pleistocene to Holocene sediments beneath the Oita Plain, Western Japan. *Radiocarbon*, 59(6):1737-1748. doi: 10.1017/RDC.2017.119, 2017.
- Nakanishi, T., Torii, M., Yamasaki, K., Bariso, E., Rivera, D.J., Lim, R., Pogay, C., Daag, A., Hong, W., Nakamura, T., Fujiki, T., Okuno, M.: Tephra identification and radiocarbon chronology of sediment from Paitan Lake at the northern part of Luzon Central Plain, Philippines. *Quaternary International*, 456, 210-216. doi: 10.1016/j.quaint.2017.08.047, 2017.
- 西山賢一・鳥井真之・井口 隆・釜井俊孝・田近淳・高見智之・加藤靖郎・奥野 充・山本茂雄・矢田 純：阿蘇火山研究所周辺で発生した地すべり。2016年熊本・大分地震災害調査団報告書～熊本の大地・新たな伝承の始まり～, 日本応用地質学会・九州応用地質学会：120-127, 2017.
- 西山賢一・鳥井真之・田近 淳・奥野 充・井口隆・碓井敏彦・矢野寛幸：地震で流下・堆積した阿蘇カルデラ西部, 山王谷川・垂玉川流域の崩壊堆積物。2016年熊本・大分地震災害調査団報告書～熊本の大地・新たな伝承の始まり～, 日本応用地質学会・九州応用地質学会, 128-138, 2017.
- 西山賢一・鳥井真之・横田修一郎・若月 強・井上弦・中尾賢一・星出和裕・奥野 充：阿蘇カルデラ壁斜面における斜面崩壊の発生頻度。第四

- 紀研究, 58(2) : 149-162, 2019.
- Noguchi, M., Fujiki, T., Okuno, M., Gualtieri, L., Hatfield, V., Sarata, B., Torii, M., Wada, K., Nakamura, T., West, D.: Vegetation changes around Haven Lake, Adak Island, central Aleutians, Alaska, determined from pollen analysis. *Radiocarbon*, 60(5):1483-1492. doi: 10.1017/RDC.2018.103, 2018.
- Okuno, M., Nagaoka, S., Saito-Kokubu, Y., Nakamura, T., Kobayashi, T.: AMS radiocarbon dates of pyroclastic-flow deposits on the southern slope of the Kuju volcanic group, Kyushu, Japan. *Radiocarbon*, 59(2), 483-488. doi: 10.1017/RDC.2016.66, 2017.
- Okuno, M., Izbekov, P., Nicolaysen, K.P., Sato, E., Nakamura, T., Savinetsky, A.B., Vasyukov, D., Krylovich, O.A., Khasanov, B., Jonathan, M., Persico, L., Hatfield, V., West, D.L. and Bruner, K.M.: AMS radiocarbon dates on peat section related with tephra and archaeological sites in Carlisle Island, the Islands of Four Mountains, Alaska. *Radiocarbon*, 59(6): 1771-1778. doi: 10.1017/RDC.2017.130, 2017.
- 奥野 充・鳥井真之・西山賢一・中西利典・横田修一郎・井口 隆・高見智之・加藤靖郎・宮崎精介・山本茂雄・長谷中利昭・北園芳人: 地震で誘発された阿蘇カルデラ・高野尾羽根火山の西側斜面の崩壊のプロセス. 2016年熊本・大分地震災害調査団報告書～熊本の大地・新たな伝承の始まり～, 日本応用地質学会・九州応用地質学会: 114-119, 2017.
- 奥野 充・藤木利之・鶴田直之・鳥井真之総論: 総特集「国際火山噴火史情報研究-I」—火山噴火と自然環境, 情報研究, アウトリーチ, 防災・減災—. 月刊地球, 号外67: 4-8, 2017.
- 奥野 充・宝田晋治・長谷中利昭: 総論: 総特集「国際火山噴火史情報研究-II」—噴火史とその関連研究—. 月刊地球, 号外68: 5-8, 2017.
- 奥野 充・北園芳人・古市剛久・鳥井真之: 地形から見た北海道胆振東部地震での斜面崩壊プロセス: 厚真町桜丘地区の例. 自然災害研究協議会西部地区部会報・論文集, (43): 33-36, 2019.
- 奥野 充・石原与四郎・遠田晋次・黒木貴一・井村隆介・北村晃寿: 特集号「第四紀研究から防災・減災への多角的なアプローチ」の趣旨. 第四紀研究, 58(2) : 85-89, 2019.
- Okuno, M., Harijoko, A., Warmada, I W., Watanabe, K., Nakamura, T., Taguchi, S. and Kobayashi, T.: Geomorphological classification of post-caldera volcanoes in the Buyan-Bratan caldera, North Bali, Indonesia. 6th ITB International Geothermal Workshop (IIGW2017), IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 103, (2017) 012014. doi: 10.1088/1755-1315/103/1/012014, 2018.
- 奥野 充・長岡信治・國分(齋藤)陽子・中村俊夫・小林哲夫: 加速器質量分析法による九重火山群, 黒岳火砕流堆積物の放射性炭素年代. 福岡大学理学集報, 48(1) : 1-5, 2018.
- 奥野 充: 最近10万年間の広域テフラと火山層序に関する年代研究. 地質学雑誌, 125(1) : 41-53. doi: 10.5575/geosoc.2018.0069, 2019.
- Okuno, M., Nakamura, T., Sakamoto, M., Yatsuzuka, S., Oikawa, T., Geshi, N., Hoshino, Y., Takahashi, T.: Eruption age of the Haruna Futatsudake Pumice (Hr-FP), central Japan, by radiocarbon wiggle matching with special reference to a  $^{14}\text{C}$  dataset developed from a Japanese tree. *Quaternary International*, 527, 29-33. doi: 10.1016/j.quaint.2018.12.023, 2019.
- Onishi, Y., Takii-Kawakami, K., Abe, H. and Ishihara, Y.: Facies Distribution In Sediment-gravity-flow Deposits Constructing Sediment Waves: An Outcrop Example Of Forearc Basin Fills, Neogene Aoshima Formation, Southwest Japan. *Journal of Sedimentary Research*, 88:260-275, 2018.
- 大岡素平・佐々木華・石原与四郎・吉村和久: 玉泉洞における洞窟大気のベンチレーションと二次生成物の形成条件. 洞窟学雑誌, 43: 17-36, 2018.
- Payot, B., Arai, S., Yoshikawa, M., Tamura, A., Okuno, M., Rivera, D.: Mantle evolution from ocean to arc: The record in spinel peridotite xenoliths in Mt. Pinatubo, Philippines. *Minerals*, 2018, 8, 515; doi: 10.3390/min8110515., 2018.
- Saad, D., Aissa, D. E., Watanabe, K., and Taguchi, S.: Gold deposits associated with the gabbroic rocks at Tirek area, western Hoggar, Algeria: fluid inclusion study. *Arabian Journal of Geosciences*, 11(2),

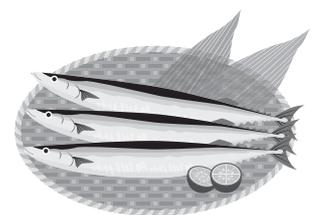
- <https://doi.org/10.1007/s12517-017-3366-5>, 2018.
- 佐々木華・石原与四郎・片桐千亜紀・島袋綾野・杉原真司・能登征美・吉村和久：白保竿根田原洞穴遺跡下部洞窟の石筍から得られた過去600年間の環境記録. 洞窟学雑誌, 43:37-54, 2018.
- 佐々木華・大西由梨・石原与四郎：更新統塩原層群宮島層における湖成年縞堆積物に挟在するイベント堆積物の特徴とその識別方法. 第四紀研究, 58(2):237-249, 2019.
- 佐藤裕一郎・麻生昭雄・杵山哲男：大分県豊後大野市三重町高屋で発見された基底部に砕屑岩層を伴う石灰岩体の岩相層序と生層序. 大分地質学会誌, (24):37-67, 2018.
- 澤田恵美・木村勝彦・八塚慎也・中村俊夫・宮本毅・中川光弘・長瀬敏郎・菅野均志・金旭・奥野充：白頭山北麓, 10世紀噴火のラハール堆積物の埋没樹木の14C ウィググルマッチング年代. 福岡大学理学集報, 48(2), 43-48, 2018.
- 田口幸洋：高温地熱系の地質学的特徴, 地盤工学会誌, 65(2):8-9, 2017.
- 遠田晋次・鳥井真之・奥野充・今野明咲香・小野大輝・高橋直也：熊本地震地表地震断層の阿蘇カルデラ内の完新世活動履歴—南阿蘇村黒川地区トレンチ調査—, 活断層研究, 51:13-25, 2019.
- Tominaga, K., Ueno, K. and Hisada, K.: Anthracoporella-Palaeoaplysina mound in late Carboniferous mid-Panthalassan atoll-type carbonates in a Jurassic accretionary complex, central Japan. *Facies*, 65. article no. 11, <https://doi.org/10.1007/s10347-019-0555-6>, 2019.
- 鳥井真之・長谷中利昭・北園芳人・奥野充：熊本地震に伴う南阿蘇立野地区の阿蘇カルデラ壁の崩壊—予報—, 月刊地球, 号外68:57-60, 2017.
- 鳥井真之・池辺伸一郎・藤見俊夫・渡邊勇・鶴田直之・奥野充：平成28年熊本地震における災害遺産の保存：現状と課題. 月刊地球, 号外67:94-98, 2017.
- 筒井正明・奥野充・藤沢康弘・小林哲夫：九州北東部, 伽藍岳における最近約2200年間の水蒸気噴火. 福岡大学理学集報, 49(2):89-97, 2019.
- Ueno, K., Kamata, Y., Uno, K., Charoentitirat, T., Charusiri, P., Vilaykham, K. and Martini, R.: The Sukhothai Zone (Permian-Triassic island-arc domain of Southeast Asia) in Northern Laos: Insights from Triassic carbonates and foraminifers. *Gondwana Research*, 61:88-91, 2018.
- Ueno, K., Miyahigashi, A. and Martini, R.: Taxonomic and nomenclatural justification for the Triassic meandrosipiral foraminiferal genus *Citaella* Premoli Silva, 1964. *Journal of Foraminiferal Research*, 48, 62-74:2018.
- Ueno, K. and Villa, E.: Demarcation problem in fusuline classification: A case for *Verella/Eofusulina* discrimination. *Spanish Journal of Palaeontology*, 33:215-230, 2018.
- Ueno, K., Ha, T. T. N. and Iryu, Y.: Foraminiferal biostratigraphy of the Triassic Hoang Mai Formation, Central Vietnam. *Journal of Foraminiferal Research*, 49:339-354, 2019.
- Urano, Y., Tanoue, K., Matsumoto, R., Kawabe, S., Ohashi, T., and Fujiwara, S.: How does the curvature of the upper beak bone reflect the overlying rhinotheca morphology? *Journal of Morphology*, 279(5):636-647, 2018.
- Urano, Y., Yasunobu Sugimoto, Tanoue, K., Matsumoto, R., Kawabe, S., Ohashi, T., and Fujiwara, S.: The sandwich structure of keratinous layers controls the form and growth orientation of chicken rhinotheca. *Journal of Anatomy*, 235(2):299-312, 2019.
- 山本茂雄・池見洋明・碓井敏彦・奥野充・黒木貴一・撰田克哉・徳田充樹・肘井敬明・藤野晃・宮崎精介・矢野寛幸：斜面崩壊の分類：その分布と特徴. 2016年熊本・大分地震災害調査団報告書～熊本の大地・新たな伝承の始まり～, 日本応用地質学会・九州応用地質学会:73-78, 2017.
- 吉村和久・石原与四郎・山内平三郎・島袋綾野・片桐千亜紀・能登征美・天日美薫：鍾乳洞に記録された大規模地震と津波. 第四紀研究, 58(2):195-209, 2019.
- 吉村和久・杉原真司・石原与四郎・能登征美・天日美薫：石筍から読む古環境. 白保竿根田原洞穴遺跡 重要遺跡範囲確認調査報告書3—補遺

編一, 100 : 87-96, 2019.

柚原雅樹・梅崎恵司 : 北九州市, 城野遺跡に露出する阿蘇-4 火砕流堆積物中の軽石の全岩化学組成. 福岡大学理学集報, 47(2) : 105-118, 2017.

柚原雅樹・亀井淳志・川野良信・岡野 修・早坂康隆・加々美寛雄 : 北部九州白亜紀花崗岩類, 添田花崗閃緑岩の U-Pb ジルコン年代と Sr-Nd 同位体比組成 : 添田花崗閃緑岩の再区分. 地質学雑誌, 125(6) : 405-420, 2019.

柚原雅樹・水田史也・西 瑛莉子・清浦海里・亀井淳志・川野良信・岡野 修・早坂康隆 : 北部九州白亜紀花崗岩類, 真崎花崗岩の化学組成と活動時期. 地球科学, 73(3) : 163-178, 2019.





## 結果

### (1) MAX-DOAS による観測

福岡大学屋上から都市中心部を臨む観測と、薬院大通駅付近に設置されて海側を観測する2つのMAX-DOAS観測装置によって連続的な観測を行った。これらの観測に寄って、福岡市都市部から排出される汚染物質が海風や山風によって、内陸へと運ばれる様子や、海側へと吐き出されて都市部が清浄になる様子などが観測された。

これらの、標準的な様相とは別に代表的汚染物質であるNO<sub>x</sub>濃度が突然上昇するイベント的な現象が観測されることがあった(図)。この現象は、ドップラーライダーの観測などの気象場と照らし合わせて考えると、ローカルな対流に寄って大気下部の汚染物質が上空へと持ち上げられている瞬間を捉えたものであることが示唆された。

### (2) 係留気球による観測

MAX-DOASで観測された汚染物質の瞬間的な増大が対流によるものであるのか拡散によるものなの

かを推定するために、鉛直方向の精密な観測を行う必要があると考え、鉛直方向に高分解能のその場観測を行うこととした。そのために、小型のガス測器を開発し、複数回の実験を行った。

その結果、基本的な日中境界層内の汚染物質が境界層の発達と共に上空へと持ち上げられている様相が観測された。突然NO<sub>x</sub>濃度の上昇が見られるようなイベントは観測時には見られなかった。

## まとめ

福岡都市圏での、面的にも時間的にも変化するデータを取得出来るような観測を行うことができた。また、観測結果を保存しすぐに検討が行えるような環境の整備が行われた。これにより、従来では見逃していたような突発的現象を見逃さずに検討を行えるようになった。

汚染物質が突然上空へと運ばれるような現象を見付けることが出来た。この原因は対流に寄るものと推察されるが、乱流を考慮したような高解像度のシミュレーションを用いて多面的に検討を行う必要があると考えてもいる。

そのため、高解像度モデルの導入や、乱流を計測できるような小型装置の開発を実施検討する予定である。

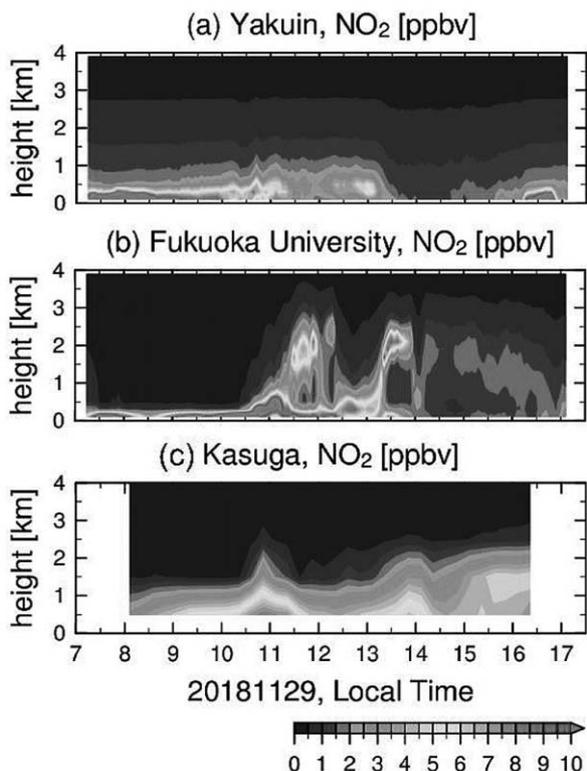
## 謝辞

MAX-DOASの観測のデータ解析については修士学生の植木君に行っていた。また、係留気球観測の実作業については学部学生の田代君が貢献してくれた。

## 研究業績

Ong, Prane Mariel & Shiina, Tatsuo & Manago, Naohiro & Kuze, Hiroaki & Senshu, Hiroki & Otobe, Naohito & Hashimoto, George & Kawabata, Yasuhiro.: A compact led lidar system fitted for a mars rover - design and ground experiment, EPJ Web of Conferences. 176., 176, 2018年1月。

Manago, Naohiro & Noguchi, Katsuyuki & L Hashimoto, George & Senshu, Hiroki & Otobe, aohito & Suzuki, Makoto & Kuze, Hiroaki.: Feasibility of retrieving dust properties and total column water vapor from



二酸化窒素 (NO<sub>2</sub>) の鉛直分布の多地点観測の例 (福岡市都市圏における時間高度断面図 (a: 薬院, b: 福岡大学, c: 春日); 2018年11月29日)

solar spectra measured using a lander camera on Mars, *Progress in Earth and Planetary Science.*, 2017年1月

椎名達雄, 千秋博紀, 乙部直人, はしもとじょーじ, 川端康弘: ローバ搭載用 LED ミニライダーの開発とダストの挙動観測, *本リモートセンシング学会誌*, 2018年

Kanaya Y., K. Miyazaki, F. Taketani, T. Miyakawa, H. Takashima, Y. Komazaki, X. Pan, S. Kato, K. Sudo, T. Sekiya, J. Inoue, K. Sato, K. Oshima: Ozone and carbon monoxide observations over open oceans on R/V Mirai from 67° S to 75° N during 2012 to 2017: testing global chemical reanalysis in terms of Arctic processes, low ozone levels at low latitudes, and pollution transport, *Atmospheric Chemistry and Physics*, 19, 2019.

Takashima H., K. Hara, C. Nishita-Hara, Y. Fujiyoshi, K. Shiraishi, M. Hayashi, A. Yoshino, A. Takami, A. Yamazaki: Short-term variation in atmospheric constituents associated with local front passage observed by a 3-D coherent Doppler lidar and in-situ aerosol/gas measurements, *Atmospheric Environment: X*, 3, 2019.

今原隆晶, 高島久洋\*, 白石浩一, 原圭一郎, 林政彦: 3次元走査型コヒーレントドップラーライダーで観測された福岡平野におけるストリーク構造, *福岡大学理学集報*, 49(2), 2019.

高島久洋, MAX-DOAS 法による大気微量成分観測の研究, *大気化学研究*, (40), 2019.

林田佐智子, 竹内綾子, 金谷有剛, 高島久洋, 藤原正智, 宮崎和幸, 笠井康子: オゾンに関する観測的研究の将来展望: 2018年秋季オゾン研究連絡会の報告, *天気*, 66(6), 2019.

Hara. K., K. Osada, M. Yabuki, H. Takashima, N. Theys, T. Yamanouchi: Important contributions of sea-salt aerosols to atmospheric bromine cycle in the Antarctic coasts, *Scientific Reports*, 8 (13852) 2018.





ロホスフィン  $P(H)R_2$  の P-H 結合が切断され、アルケンの C=C 結合に付加する反応であり、この反応についても、2mol% のコバルト錯体を用いて、生成物のアルキルホスフィン  $H-C-C-PR_2$  を効率よく得ることに成功した。

通常の有機化学反応では、反応溶液中に混入した少量の水が触媒分子と反応するなどして被毒し、反応を止めてしまう。ところが大変興味深いことに、これらの化学反応は水を加えた溶液中でも起こることが分かった。この結果は、水溶性のシクロデキストリンのような包摂化合物の存在下でも触媒反応が実行可能であることを示唆するものである。

## 【研究業績】

学術論文（すべて査読有）

1. Fluorine-Substituted Arylphosphine for NHC-Ni(I) system: Stable but Active Ni(I) Catalyst for Kumada Cross-Coupling of Aryl Halides, K. Matsubara, T. Fujii, T. Inatomi, Y. Yamada, Y. Koga, *Molecules*, Vol. 24, 3222-3233, (2019).
2. Ni(I)-Ni(III) Cycle in Buchwald-Hartwig Amination of Aryl Bromide Mediated by NHC-ligated Ni(I) Complexes, T. Inatomi, Y. Fukahori, Y. Yamada, R. Ishikawa, S. Kanegawa, Y. Koga, K. Matsubara, *Catalysis Science & Technology*, Vol. 9, 1784-1793 (2019).
3. Dinuclear Nickel (I) and Palladium (I) Complexes for Highly Active Transformations of Organic Compounds, T. Inatomi, Y. Koga, K. Matsubara, *Molecules*, Vol. 23, 140-160 (2018).
4. Benzoxaborole Catalyst for Site-Selective Modification of Polyols, S. Kusano, S. Miyamoto, A. Matsuoka, Y. Yamada, R. Ishikawa, O. Hayashida, *Eur. J Org. Chem.*, Vol. 11, 1598-1602 (2019).
5. Modular Design for Fluorophore Homodimer Probes Using Diethyl-entriamine as A Common Spacer, S. Kusano, K. Matsumoto, O. Hayashida, *Org. Biomol. Chem.*, Vol. 17, 3599-3603 (2019).
6. Synthesis of Branch-Type Cyclophane Tetramers Having a Multivalently Enhanced Guest-Binding Ability, O. Hayashida, C. Nada, S. Kusano, *Adv. Chem. Eng. Sci.*, Vol. 4, 76-86 (2019).
7. Synthesis of Water-Soluble Anthracene-Appended Benzoxaboroles and Evaluation of Their cis-1,2-Diol Recognition Properties, S. Kusano, S. Konishi, Y. Yamada, O. Hayashida, *Org. Biomol. Chem.*, Vol. 16, 4619-4622 (2018).



## 多重調和移流拡散方程式系の解の挙動の研究

研究チーム名：関数方程式（課題番号：175004）

研究期間：平成29年4月1日～令和2年3月31日

研究代表者：仙葉 隆 研究員：坂田繁洋（平成30年6月1日から）、田中尚人、山田直記、柳 青

### 研究成果

1) 仙葉は藤江氏との共同研究で、生物の移動に関する時定数が十分小さな場合に走化性方程式系のすべての解が時間大域的に存在するための知覚関数の条件を明らかにした。この成果を福岡大学セミナーハウスで行われたセミナーで発表し、論文として発表した。さらに、藤江氏との共同研究により化学変化を考慮した走化性方程式の解の時間大域的な存在条件と爆発解の存在条件を明らかにした。この成果を、室蘭工業大学、京都大学数理解析科学研究所、北海道大学等で発表し、2編の論文として発表した。Bieganowski 氏、Cieślak 氏、藤江氏との共同研究においては、非線形拡散を伴う1次元走化性方程式の解に関して、指数が閾値である場合に時間大域解の有界性を示し、この成果を論文として発表した。内藤氏との共同研究では、非線形拡散方程式の後方自己相似解と呼ばれる球対称な爆発解が無数存在し、指定された動径方向の振動数をもつものが存在することを示した。このことを用い弱い意味での解が一意的でないことが示した。この成果を論文として発表した。

2) 田中は、流体の斜面を流れる運動を、圧縮性 Navier-Stokes 方程式をモデル方程式として、考察した。この問題は、流体の運動と同時に流体が占める領域の表面をも決定する必要がある自由表面問題である。流体を非圧縮性とみなした場合には先行結果があるが、圧縮性を考慮した場合には、まだ調べられていない。（斜面ではなく）水平面上の運動の場合、定常解（時間に無関係な解）は自明な解（静止状態）しかなく、静止状態のまわりで線形化した方程式は定数係数だが、斜面上の流れの場合、定常解は自明ではなく、線形化問題は変数係数となり、従来とは異なる解析が必要で

ある。線形化問題に対する適切性の結果が得られ、現在出版準備中である。

3) 坂田は、以下の2つのテーマに取り組んだ。

(i) 距離核ポテンシャルの臨界点による凸多面体の形状の決定。

(ii) 消散型波動方程式の解の形状解析。

(i)では、 $n$ 次元 Euclid 空間内の体（有界な開集合の閉包）の定義関数と、パラメータを1つだけ含む球対称関数とのたたみ込みに対して、問題「たたみ込みの臨界点がパラメータに関して動かないならば、凸体はどのような対称性をもつか？」を考察した。ここで扱った球対称関数は、Gauss 核・Riesz 核・Poisson 核である。球対称関数として、Gauss 核を選ぶ場合には、既に完成された研究成果 [Magnanini-Sakaguchi, Math. Z. (1997)] があり、たたみ込みの臨界点がパラメータに関して動かないならば、凸体は、動かない臨界点に関して、バランス法則（とよばれる点対称の一般化）をみたす。坂田は、球対称関数として、Riesz 核と Poisson 核を選ぶ場合にも、たたみ込みの臨界点がパラメータに関して動かないならば、凸体は、動かない臨界点に関して、バランス法則をみたすことを示した。また、凸体が特に平面上の三角形または四角形である場合を考え、バランス法則を用いて、たたみ込みの臨界点がパラメータに関して動かないならば、三角形/四角形は、動かない臨界点を中心とする正三角形/平行四辺形であることを示した。

(ii)では、 $n$ 次元 Euclid 空間における消散型波動方程式（摩擦を考慮した波動方程式）の初期値問題の解の空間零点・空間臨界点・空間最大点・空間最小点の挙動を解析した。初期条件は、初期位置が非負でありコンパクトな台をもち、初期位置

と初速の和が恒等的に消えている場合を考察した。初期位置と初速の和が非負である場合は、既に研究を終えており、本研究はその継続である。十分時間発展した後、解の空間零点・空間臨界点・空間最大点・空間最小点と初期値の台との距離を時刻変数の関数として明示することに成功した。また、時刻無限大で解の空間最小点は、初期位置の重心に収束することを示した。この研究成果により、十分時間経過した後の消散型波動方程式の解の形状が明らかになった。

- 4) 山田は柳氏との共同研究で、画像処理などの分野への応用を著目し、曲率の冪乗による界面運動方程式を考察した。特に、その指数が無限大に近づく際に解の漸近挙動を調べ、極限関数が満たす障害物問題に対して粘性解理論を構築し、解の一意存在性を明らかにした。また、障害物問題を念頭に置いた劣微分項を含むハミルトン-ヤコビ方程式および2重非線型ハミルトン-ヤコビ方程式について粘性解の概念を適切に定義し、比較定理などの基本的な性質について考察を行った。
- 5) 柳は、完全非線形偏微分方程式の粘性解理論を利用し、幾何学的構造をもつ様々な非線形解析問題について研究をした。まず、サブリーマン多様体の代表的なものであるハイゼンベルグ群において、完全非線形放物型方程式の弱結合系を考察し、空間無限遠での増大度に関する仮定の下で、非有界な粘性解の一意性と存在性を示すことに成功した。この成果によりこれまでの単独方程式に関する結果を拡張し、ハイゼンベルグ群における一般の放物型方程式系の可解性理論を確立することができた。また、一般の距離空間における一階非線形発展方程式について京都大学の中安淳氏と共同研究を行い次の成果を得た。Busemann 条件を満たす一般測地空間においては、空間の幾何学的性質を調べることにより、一階ハミルトン・ヤコビ方程式の粘性解のリブシッツ保存性および凸保存性を明らかにした。

## 研究業績

(論文等)

1. B. Bieganowski, T. Cieřlak, K. Fujie and T. Senba: Boundedness of solutions to the critical fully parabolic quasilinear one-dimensional Keller-Segel system. *Math. Nachr.* 292(4):724-732, 2019. (査読有)
2. K. Fujie and T. Senba: Blowup of solutions to a two-chemical substances chemotaxis system in the critical dimension. *Journal of Differential Equations.* 266:942-976, 2019. (査読有)
3. Q. Liu and A. Nakayasu: Convexity preserving properties for Hamilton-Jacobi equations in geodesic spaces. *Discrete Contin. Dyn. Syst.*, 39:157-183, 2019. (査読有)
4. Q. Liu and N. Yamada: An obstacle problem arising in large exponent limit of power mean curvature flow equation. *Trans. Amer. Math. Soc.*, 372:2103-2141, 2019. (査読有)
5. Y. Naito and T. Senba: Existence of peaking solutions for semilinear heat equations with blow-up profile above the singular steady state. *Nonlinear Analysis*, 181:265-293, 2019. (査読有)
6. K. Fujie and T. Senba: A sufficient condition of sensitivity functions for boundedness of solutions to a parabolic-parabolic chemotaxis system. *Nonlinearity*, 31:1639-1672, 2018. (査読有)
7. Q. Liu and X. Zhou: Weakly coupled systems of fully nonlinear parabolic equations in the Heisenberg group. *Nonlinear Anal.*, 174:54-78, 2018. (査読有)
8. S. Sakata: Stationary radial centers and symmetry of convex polytopes. *Colloq. Math.*, 159(1):91-106, 2020. (査読有)
9. T. Senba: Behavior of solutions to a chemotaxis system with general sensitivity functions. *Analysis on shapes of solutions to partial differential equations, 数理解析研究所講究録*, 2082:135-144, 2018. (査読無)

(学会発表等)

1. Q. Liu: Parabolic Minkowski convolutions and concavity properties of viscosity solutions to fully nonlinear equations. 第52回南大阪応用数学セミ

- ナー, 大阪市立大学: 2019年11月16日.
2. Q. Liu: A deterministic game interpretation for fully nonlinear parabolic equations with dynamic boundary conditions, Workshop on Nonlinear Averaging and PDEs, Terme Levico, イタリア: 2019年6月19日.
  3. Q. Liu: A deterministic game interpretation for fully nonlinear parabolic equations with dynamic boundary conditions. The Sixth Italian-Japanese Workshop on Geometric Properties for Parabolic and Elliptic PDE's, Cortona, イタリア: 2019年5月23日.
  4. Q. Liu: Large exponent behavior for power curvature flow and applications. PDE seminar, New York University Shanghai, 中国: 2019年4月23日.
  5. Q. Liu, A deterministic game interpretation for fully nonlinear parabolic equations with dynamic boundary conditions. 金沢解析セミナー, 金沢大学: 2019年4月16日
  6. Q. Liu: On the horizontal convex envelope in the Heisenberg group. 九州関数方程式セミナー, 福岡: 2019年4月12日.
  7. Q. Liu: Large exponent behavior for power curvature flow and applications. 2018年度日本数学会函数方程式分科会研究集会「微分方程式の総合的研究」全体講演, 京都大学: 2018年12月28日.
  8. Q. Liu: Large exponent behavior of power-type evolution equations and applications. 2018 China-Japan Workshop on Nonlinear Diffusion Problems, Shanghai Normal University, 中国: 2018年11月3日
  9. Q. Liu: Large exponent behavior of power-type evolution equations and applications. Joint Firenze-Tohoku Research Workshop on Nonlinear PDEs, DIMAI, Universita di Firenze, イタリア: 2018年10月22日
  10. Q. Liu: Large exponent behavior of power-type evolution equations and applications, 第14回非線形の諸問題, 長崎: 2018年9月11日.
  11. Q. Liu: Large exponent behavior of power-type evolution equations and applications. The 11th Mathematical Society of Japan Seasonal Institute, The Role of Metrics in the Theory of Partial Differential Equations, 北海道大学: 2018年7月13日.
  12. Q. Liu: Large exponent behavior of power-type evolution equations and applications. The 12th AIMS Conference on Dynamical Systems, Differential Equations and Applications, National Taiwan University, Taiwan: 2018年7月6日.
  13. Q. Liu: Large exponent behavior of power-type evolution equations and applications. Analysis on Shapes of Solutions to Partial Differential Equations 2018, RIMS, 京都大学: 2018年6月27日
  14. Q. Liu: A discrete game interpretation for curvature flow equations with dynamic boundary conditions. PDE 実解析セミナー, 東京大学: 2018年5月22日.
  15. Q. Liu: On small and large exponent limits of power mean curvature flow equation. Tongji University, 中国, 2018年4月18日.
  16. 坂田繁洋: 距離核ポテンシャルの臨界点と正三角形の特徴付け. 広島数理解析セミナー・冬の研究会2020, 広島大学: 2020年1月31日.
  17. 坂田繁洋: 凸体の Riesz ポテンシャル, 中心, 切り口と影. 2019年度福岡大学微分幾何研究集会, 福岡大学セミナーハウス: 2019年11月4日.
  18. 坂田繁洋: 距離核ポテンシャルの臨界点による正三角形の特徴付け. 第64回幾何学シンポジウム, 名古屋大学: 2019年8月27日.
  19. T. Senba: Behavior of solutions to a system related to chemotaxis systems. 第15回非線形の諸問題, 熊本大学, 熊本市: 2019年9月14日.
  20. T. Senba: Blowup of solutions to a system related to chemotaxis systems. 第44回偏微分方程式論札幌シンポジウム, 北海道大学, 札幌市: 2019年8月7日.
  21. T. Senba: Blowup of solutions to an indirect chemotaxis system. 京都大学数理解析研究所研究集会「偏微分方程式の臨界現象と正則性理論及び漸近解析」, 京都大学数理解析研究所(京都大学): 2019年5月29日から5月30日.
  22. 仙葉 隆: 間接的走化性方程式の解の挙動 Part II. 第8階室蘭非線形解析研究会、室蘭工業大学、室蘭市: 2019年2月16日.
  23. 仙葉 隆: 間接的走化性方程式の解の挙動 Part I. 第8階室蘭非線形解析研究会、室蘭工業大学、

室蘭市：2019年2月15日.

24. 仙葉 隆：走化性方程式の爆発解について. 北九州における偏微分方程式研究会、小倉 KMM ビル、北九州市小倉区：2018年11月24日.
25. T. Senba: On finite time blowup solutions to an indirect chemotaxis system. International Workshop “Warsaw Chemotaxis Days”, Institute of Mathematics of the Polish Academy of Science, Warsaw, Poland: 2018年10月17日.
26. T. Senba: On behavior of solutions to an indirect chemotaxis system. IMPAN (Institute of Mathematics of the Polish Academy of Science) PDE’s seminar, Institute of Mathematics of the Polish Academy of Science, Warsaw, Poland：2018年10月15日.
27. 仙葉 隆：非線形知覚関数を持つ走化性方程式系の解の有界性について、2018夏の偏微分方程式セミナー、池田商工会議所（大阪府池田市）：2018年8月25日.
28. T. Senba: Behavior of solutions to an indirect chemotaxis system. 8th Euro-Japanese workshop on blow-up, 東北大学：2018年6月6日.
29. N. Yamada: Viscosity solutions for a doubly nonlinear Hamilton-Jacobi equations. Wayamba International Conference 2018, Wayamba University of Sri Lanka, 2018年8月24日.



## 次世代超高感度半導体センサの研究開発

研究チーム名：次世代半導体センサ研究チーム（課題番号：175005）

研究期間：平成29年4月1日～令和2年3月31日

研究代表者：眞砂卓史（平成29年7月31日まで）、笠原健司（平成29年8月1日から）

研究員：笠原健司（平成29年7月31日まで）、眞砂卓史（平成29年8月1日から）、永田潔文

### 研究背景

近年、様々な機器の自動化や省電力化、環境保全や防災などセンサの用途は拡大の一途を辿っており、センサは高度化する社会を支える根幹デバイスとして活用されている。先端材料の利用や実装技術の進展により、高機能化、高感度化、小型化、省電力化、対応環境の拡大などが進んでいる。このため、IoTや電力供給システム（スマートグリッド）等、様々なセンサデバイスのネットワーク接続なども見据えて、今後さらなる発展が期待されている。

我々はこれまで特に磁気センサについて研究を進めてきた。狭ギャップ III-V 族化合物半導体は、電子移動度が高いため、ホール素子等の高感度磁気センサとして広く使われており、超小型モーターの電子制御化・省電力化に貢献してきた。また、発電所等の非接触の電流検出器としても用いられ、省電力とスマートグリッド応用から一層注目されている。我々が研究中の超高感度磁気センサは、室温で地磁気の1/30の磁場である  $1 \mu\text{T}$  レベルの測定が実現可能となりつつある。さらに nT レベルの磁場検出が可能となれば、デバイス中の微小電流の非接触検出や生体磁気・環境磁場計測などの新規応用の可能性も生まれる。

さらに次世代の新たな高感度センサを開発するために、Ge へのスピン注入を利用した磁気センサや、Se や金属錯体等の分子性結晶半導体を用いた光センサのための薄膜作成技術の開発も進めている。これまでに得られている予備測定の結果をふまえ、応用可能性についての検討を進めた。

### 研究成果

#### 1. 微小電流センサの開発

まず、ホールセンサのノイズ評価を行った。図1は磁場を  $\pm 10 \mu\text{T}$  間で変化させたときのホール電圧の応答電圧である。検出磁界とホール電圧の線形性は非常に良く、 $1 \mu\text{T}$  レベルが十分な精度で測定できていることが分かる。 $1 \mu\text{T}$  以下ではホール電圧の大きさに比較して、電圧揺らぎがおおよそ 10% 強あり、 $100 \text{ nT}$  の計測精度は少し厳しい。このため、次にホール電圧の計測の精度を決める電圧揺らぎを計測し、ホール電圧測定の精度を調べた。図2は、ゼロ磁界時のホール端子間の電圧、すなわち、オフセット電圧の揺らぎを測定した結果である。ホール素子の入力電流が  $100 \mu\text{A}$  のとき、出力電圧の揺らぎは最大  $\pm 50 \text{ nV}$  程度である。これはホール素子の磁界検出感度から磁束密度に換算すると  $\pm 250 \text{ nT}$  に相当する。これは、図1 磁束密度依存性の揺らぎと比較してほぼ同レベルである。測定電圧の揺らぎの標準偏差  $\sigma$  は入力電流が  $100 \mu\text{A}$  のときに  $0.0261$ 、この標準偏差を磁束密度に換算すると  $130 \text{ nT}$  程度である。この

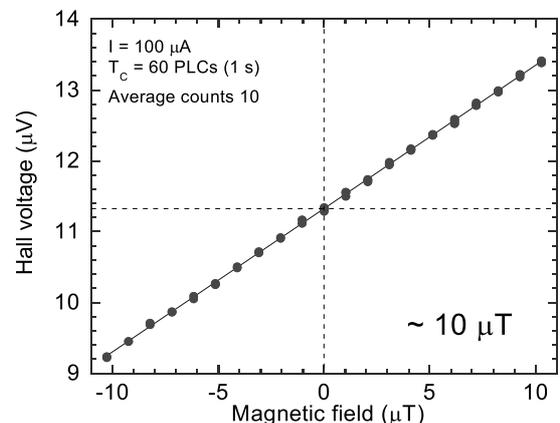


図1 ホール素子の磁場応答

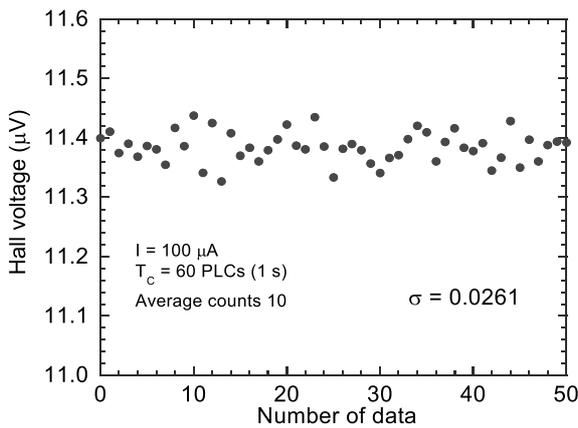


図2 ホール素子のオフセット電圧安定性

ように、InSb 薄膜ホール素子では、 $1 \mu\text{T}$  レベルの測定が精度よく測定できることが分かった。また、ノイズのパワースペクトル密度の測定から、 $1/f$  ノイズが観測されること、ノイズの密度は入力電流に比例していることが分かった。

導線中を流れる電流（導線電流）が作る磁場をホール素子により計測する電流センサは、計測しようとする電流を非接触で測るため、計測電流の流れる回路に影響を与えない特徴がある。しかし、このようなホール素子による電流検出では、 $100 \text{ mA}$  程度が実用上の検出下限であった。しかし、近年の IoT や AI 技術の進展で、より微小電流を高精度で検出する非接触電流センサの実用化が重要となった。こうしたニーズに応え、電流検出に現在使われている市販の高感度多結晶 InSb 薄膜ホール素子（旭化成エレクトロニクス製）を円形の強磁性ループコアのギャップに挿入取り付け、導線中を流れる微弱電流を  $1 \text{ mA}$  以下の精度で測ることに成功し、新たな微弱電流検出の可能性を確認した。また、強磁性ループコアがない状態でも、同型のホール素子により、中空に浮かせた導線中の電流が作る磁場の空間分布を高精度に計測できることを示した。さらに、より実用かつ効率的な微弱電流検出を目指すため、電子回路基板上の回路が消費する電流及びその変動を高精度で非接触検出するように、システムの電子回路と同一の基板上に電流センサも集積化し、高精度で電流の検出計測を試みた。

図3に示すように、回路基板上にパターンニングした微小な銅配線中の電流が作る磁場を、強磁性コアがない状態の単結晶 InSb ホール素子を用いて計測

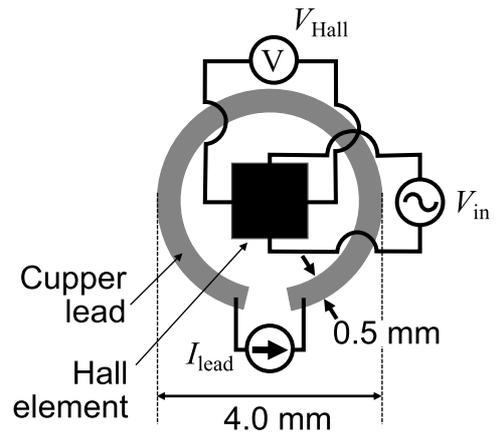


図3 ホール素子を用いた電流センサの概略図

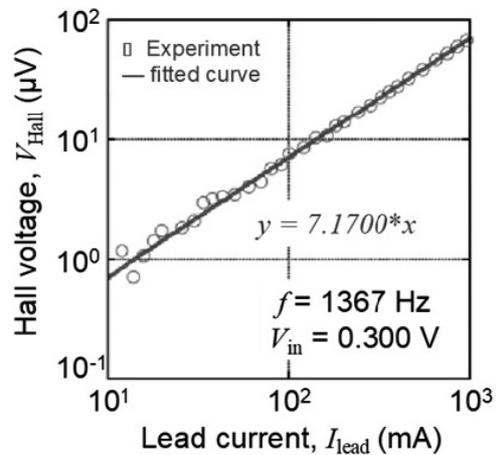


図4 単結晶 InSb を用いた  $V_{\text{Hall}}-I_{\text{lead}}$  の関係

し、導線電流 ( $I_{\text{lead}}$ ) とホール電圧 ( $V_{\text{Hall}}$ ) との関係、関係するノイズを測定した。即ちリング状にパターンニングした銅薄膜（外径： $4.0 \text{ mm}$ ，幅： $0.5 \text{ mm}$ ，厚さ： $35 \mu\text{m}$ ）の中心に、市販の単結晶 InSb ホール素子（HS-0111，旭化成エレクトロニクス）を配置し、電圧駆動のロックイン測定により磁場の計測を行った。ホール電圧  $V_{\text{Hall}}$  の測定にはスタンフォードリサーチシステム社のロックインアンプ SR830 と前置電圧増幅器 SR560 を使い、 $I_{\text{lead}}$  の印加には Keithley 社のソースメータ 2410 を用いた。図4に測定した  $I_{\text{lead}}$  と  $V_{\text{Hall}}$  の関係を示す。入力電圧の実効値  $V_{\text{in}}$  は  $0.300 \text{ V}$  とし、周波数  $f = 1367 \text{ Hz}$  とした。ここでは、ゼロ磁場時の非平衡電圧を生データより差し引いている。図中の青実線は、実験結果（赤円）を直線の式を仮定してフィッティングした結果である。フィッティング結果と実験結果は  $I_{\text{lead}} = 10 \text{ mA}$  まで比較的良好に一致していることがわかる。このことは、単結

晶 InSb ホール素子を用いることで、強磁性コアがない状態でも基板上にパターンニングされた銅配線中の電流を 10 mA という精度で非接触計測できることを意味する。今後の課題は、オフセットノイズの低減及び 1/f ノイズの除去と 1 mA オーダーの計測に向けての検討である。

## 2. スピン注入素子に向けた Ge 薄膜の低温作製

近年、結晶性シリコンよりも電子・正孔移動度が高い結晶性ゲルマニウム (c-Ge) を、絶縁性基板上に低温 ( $\leq 300^\circ\text{C}$ ) で形成しようという研究が盛んに行われている。中でも金誘起層交換成長 (GIC) 法と呼ばれる手法で、Ge と Au を多層化した薄膜を  $250\sim 300^\circ\text{C}$  の熱処理することにより、大粒径 ( $\sim 1\ \mu\text{m}$ ) の Ge 粒を石英やプラスチック基板上に形成することに成功している。多層膜の利用では作製プロセスが複雑化する問題があるため、Ge と Au の同時蒸着により形成した GeAu 層を用いることによって、作製プロセスの大幅な簡素化を試みた。

図 5 は本手法による Ge 薄膜作製に用いた層交換前の薄膜構成の概略図である。この薄膜を熱処理することにより、Au と Ge が層交換し、基板上に Ge 薄膜が生成される。まず、拡散制御層  $\text{GeO}_x$  の最適な必要酸化時間を検討し、その後、酸化する Ge 層膜厚を検討した。これらから  $\text{GeO}_x$  層作製には、Ge 層  $10\ \text{\AA}$ 、酸化時間 16 時間が適しているとした。さらに、GeAu 層蒸着前に Au 層を  $10\ \text{\AA}$  挿入することにより拡散が促進され、面内に密に結晶粒が分布する薄膜を作製できるようになった (図 2)。X 線開設により、(111) 配向した結晶性 Ge が得られていることが分かった (図 6)。

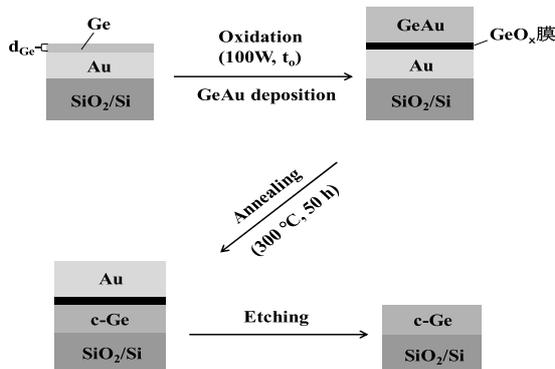


図 5 GIC 法による結晶性 Ge 成長

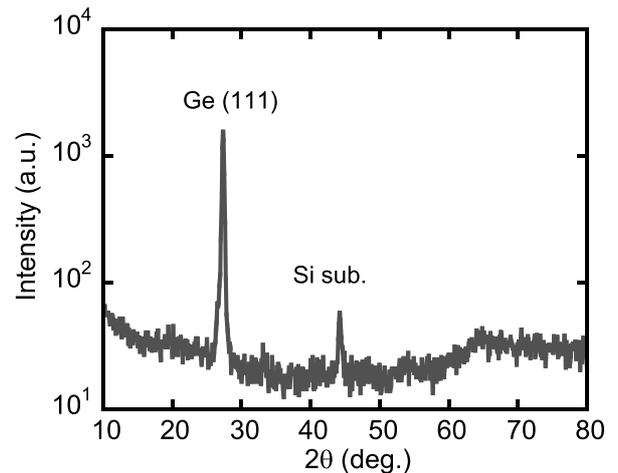


図 6 Ge 薄膜 X 線回折結果

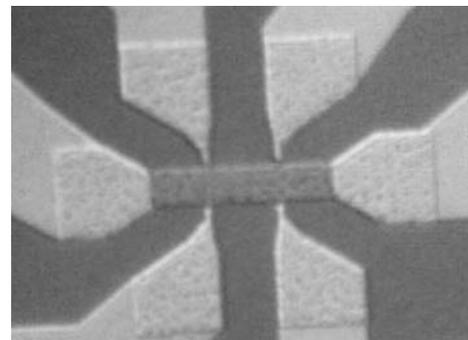


図 7 Ge 薄膜を加工したホールバー

成長した膜について、微細加工を行い、図 7 のようなホールバーを作製した。電気伝導特性の結果から抵抗率、キャリア密度、移動度を見積もったところ、これまでの報告値に比べ、キャリア密度は一桁大きく、移動度は一桁小さくなった。これは、Ge 内の残留 Au 原子が多く、不純物散乱等が大きくなっていることが原因であると考えられる。以上のことから、簡素化した金誘起交換成長法においても Ge 薄膜を作製に成功したが、残留 Au 原子を低減するための作製条件検討が今後の課題である。

## 3. 分子性結晶半導体の構造解析

Se は古くから光センサとして知られており、今までに光度計や撮像管、複写機の感光体ドラムの材料として使われてきた。また最近では X 線の 2 次元検出器などにも利用されている。Se は基本的には分子性固体であるが、分子間にも共有結合的な相互作用があるため、電気的には半導体的性質を示す。Se の分子形態は多様性に富み、6、7、8 リング分子の

他、鎖状高分子があり、7リング分子を除いて、これらの分子から成る単結晶のX線構造解析から分子の形や結晶構造が正確に求められている。これらの結果を使って、光センサとして利用価値が高い非晶質Seの構造モデルが提案され、その光物性が議論されている。しかし7リング分子の構造は、その分子から成る単結晶が得られていないためX線構造解析がまだ行われておらず、はっきりしていない。そのため非晶質Seの構造モデルには7リング分子の要素があるにもかかわらず、その寄与が取り入れられていないままとなっている。

今回の研究では、7リング分子から成る粉末結晶のリートベルト解析から、その結晶構造を正確に求めることができた。図8にリートベルト解析の結果を示す。図中の点で示した回折パターンは実測値を、それに重ねた細かい実線は計算値をそれぞれ示している。一番下の実線は実測値と計算値の差を示している。信頼度因子 $R_{wp}$ は3.5%と、実測値と計算値との良い一致が見られる。リートベルト解析から得ら

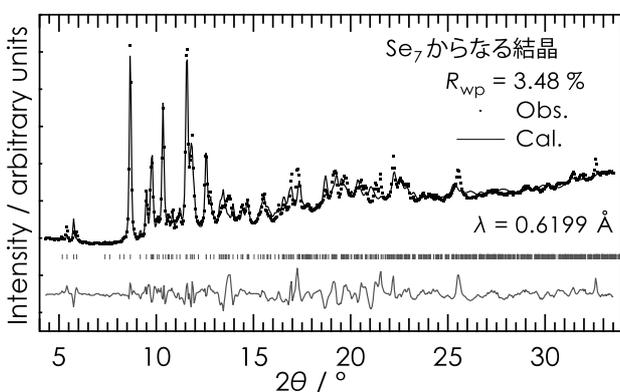


図8 Se<sub>7</sub>リング分子から成る結晶のリートベルト解析の結果

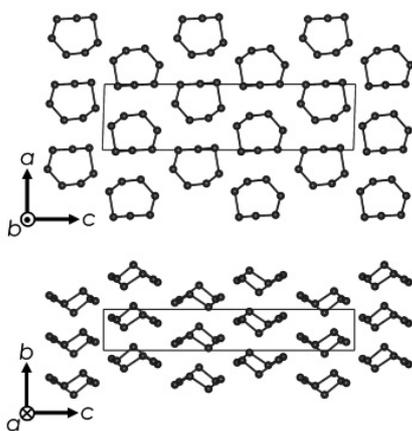


図9 Se<sub>7</sub>リング分子から成る結晶の構造

れる空間群や格子定数などは、以下の通りである。空間群は $P2_1/C$ 、結晶系は単斜晶、格子定数は、 $a = 6.877(2)$  Å、 $b = 4.318(1)$  Å、 $c = 26.263(9)$  Å、 $\beta = 88.16(4)^\circ$ 、構造単位はSe<sub>7</sub>リング分子、 $Z = 4$ である。結晶構造を図9に示す。分子内共有結合距離の平均値は $2.36(2)$  Å、4 Å以下の分間距離の平均値は $3.53(1)$  Åであり、他のセレン変態のそれらの値とほぼ同じとなっている。

## 研究業績

### 【論文】

- 1) 眞砂卓史, 笠原健司, 西村和浩, 柴崎一郎 “ホール素子による微小磁場計測の検討とノイズスペクトル測定”, 電気学会論文誌E センサ・マイクロマシン部門誌, 138(3), 117-122 (2018).

### 【国内学会発表】

- 1) 梶 昂輝, 笠原健司, 清水 昇, 角田 功, 眞砂卓史, “GeAu 同時蒸着金誘起層交換成長法で作製した Ge 薄膜の電気伝導特性”, 2019年応用物理学会九州支部学術講演会応用物理学会, 熊本大学・黒髪キャンパス (熊本), 2019/11/23 (23-24)
- 2) 笠原健司, 柴崎一郎, 眞砂卓史, “単結晶 InSb ホール素子を用いたプリント配線中を流れる電流の非接触計測”, 第36回「センサ・マイクロマシンと応用システム」シンポジウム, アクティシティ浜松 (浜松), 2019/11/20 (19-21)
- 3) 匠正治, 永田潔文, 山崎大輔, 大藤弘明, 小島洋平, 平井正明, 森嘉久, 財部健一, “ナノアモルファス水素含有層状窒化炭素を出発原料にした高温高压合成試料の結晶構造解析とその圧力効果II”, 第60回高压討論会, 北海道立道民活動センター (札幌), 2019/10/25 (23-25)
- 4) 梶 昂輝, 笠原健司, 清水 昇, 角田 功, 眞砂卓史, “Ge-Au 同時蒸着膜を用いた金誘起層交換成長法による Ge 結晶の低温形成”, 第65回応用物理学会春季学術講演会, 東京工業大学・大岡山キャンパス (東京), 2019/3/12 (9-12)
- 5) 財部健一, 平井正明, 匠正治, 永田潔文, 山崎大輔, “大気圧窒素プラズマ法合成窒化炭素の高压処理 (25万気圧)”, 第59回高压討論会, 岡

山理科大学（岡山），2018/11/28（26-28）

- 6) 笠原健司，柴崎一郎，眞砂卓史，“InSb および InAs ホール素子を用いて測定した導線電流が作る磁場の距離依存性～回路内電流の非接触検出技術の開発を目指して～”，第35回「センサ・マイクロマシンと応用システム」シンポジウム，札幌市民交流プラザ（北海道），2018/11/1（10/30-11/1）
- 7) 梶昂輝，笠原健司，清水昇，角田功，眞砂卓史，“GIC 法における GeO<sub>x</sub> 拡散制御層の Ge の結晶成長に与える影響”（ポスター発表優秀賞），第10回半導体材料・デバイスフォーラム，熊本高等専門学校（熊本），2018/10/20
- 8) 財部健一，平井正明，匠正治，永田潔文，山崎大輔，“大気圧窒素プラズマ法合成窒化炭素の高圧処理（25万気圧）回収物のラマン散乱”，第79回応用物理学会秋季学術講演会，名古屋国際会議場（名古屋），2018/9/20（18-21）
- 9) 笠原健司，柴崎一郎，眞砂卓史 “InSb ホール素子を用いて測定した導線電流が作る磁場の距離依存性”，第79回応用物理学会秋季学術講演会，名古屋国際会議場（名古屋），2018/9/19（18-21）
- 10) 眞砂卓史，笠原健司，西村和浩，柴崎一郎 “ホール素子による微小磁場計測の検討”，第34回「センサ・マイクロマシンと応用システム」シンポジウム，広島国際会議場（広島），2017/11/2（10/31-11/2）





## 〈結果〉

生理食塩水をマウス子宮内に注入した子宮では、移植胚の着床は認められなかったが、ADRCs をマウス子宮内に注入した子宮では、移植胚の着床が認められた。

### (3) 臨床応用を目指した ADRCs の分離と安全性試験

#### ① cytori 社のセルーション遠心分離機で分離したミニブタ ADRCs を用いた安全性試験

##### 〈方法〉

閉鎖回路であるセルーション遠心分離機と専用分離液を用いて、53g のミニブタ皮下脂肪組織から無菌的に ADRCs を分離し、子宮を露出させて子宮角基部から約 10cm の左の子宮角に細胞懸濁液を 2.0mL と子宮角基部から約 10cm の右の子宮角内腔にコントロール液を 2.0mL それぞれ移植してその影響を検討した。

##### 〈結果〉

ミニブタ皮下脂肪組織 53g から  $1.07 \times 10^6$  個の ADRCs を採取し、viability は 58.2% であった。移植後 1 ヶ月経過後の一般状態、体重、摂餌量、血液学的検査、血液生化学的検査及び器官重量と肉眼所見における重大な事象は観察されなかった。病理組織学的検査では、脂肪組織由来再生細胞を移植した子宮角及び卵巣には異常は認められなかった。また、主要臓器（脳、肺、心臓、肝臓、胆嚢、脾臓、腎臓及び副腎）にも異常所見は認めなかった。

#### ② cytori 社のセルーション遠心分離機を用いたヒト ADRCs の分離

##### 〈方法〉

閉鎖回路であるセルーション遠心分離機と専用分離液を用いて、300g 前後のヒト脂肪組織から無菌的に ADRCs を分離した。

##### 〈結果〉

ヒト皮下脂肪組織 300g から約  $7-10 \times 10^7$  個の ADRCs を採取し、viability は 80% 前後であった。

### (4) 臨床における着床不全症例に対する ADRCs 療法の実現化

##### 〈方法〉

ADRCs 療法の臨床応用へ向けて、再生医療等提供

基準（厚生労働省令）に従った再生医療等提供計画を作成し、特定認定再生医療等委員会へ申請を行い、承認後に臨床研究を行った。

##### 〈結果〉

ADRCs 療法を実施した体外受精・胚移植を行ったにもかかわらず、妊娠・挙児できない治療不能な子宮内膜増殖障害が原因となる不妊症患者 5 症例では、発熱・血清 CRP 値の上昇・末梢血白血球数の増加・D-Dimer 値の増加など認めず、全身性の炎症や血栓の症候は認めなかった。また、婦人科診察を含めた下腹部痛等を認めず、局所性の炎症の症候は認めなかった。以上より、ADRCs 療法は安全な治療法であることが明らかになった。

また、月経量の増加や期間の延長を認めた症例もあった。ADRCs 療法前黄体期の子宮内膜の厚さは  $3.8+1.3\text{mm}$ （平均+標準偏差）から ADRCs 療法後の黄体期の子宮内膜の厚さは、 $8.8+2.8\text{mm}$ （平均+標準偏差）と有意に厚さの増加（ $p < 0.05$ ）を示した。5 症例のうち 2 症例は、妊娠反応陽性となり胎嚢と胎児心拍は確認されたが、流産となった。以上より、ADRCs 療法は子宮内膜増殖障害が原因となる不妊症患者に対して有効であることが示唆された。

上記の結果より、ADRCs 療法が難治性不妊の原因とされる「子宮内膜非薄症」に対して有効な治療法であることが実験的にも証明され、臨床研究によるヒトへの投与症例から安全性が確認された。さらに妊娠症例も認めたことより、高い有効性が期待できる。今後は不妊治療における ADRCs 療法の作用メカニズムの解明とヒトへの投与症例を重ねて有効性の検証を行っていく。

## 研究業績

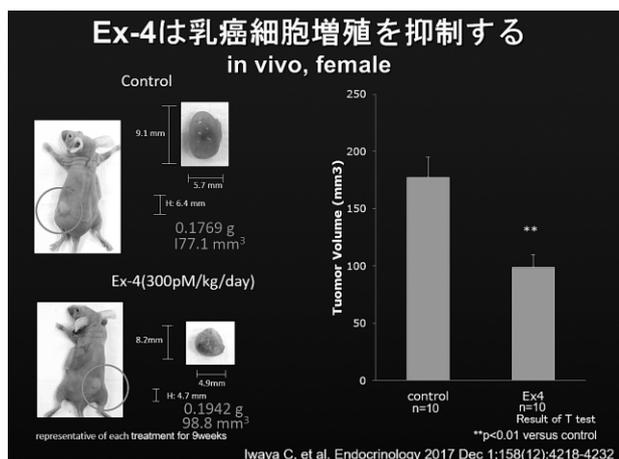
1. Urushiyama D, Suda W, Ohnishi E, Araki R, Kiyoshima C, Kurakazu M, Sanui A, **Yotsumoto F**, et al.: Microbiome profile of the amniotic fluid as a predictive biomarker of perinatal outcome. Sci. Rep., 7:12171, 2017. doi: 10.1038/s41598-017-11699-8.
2. Miyata K, **Yotsumoto F**, et al.: Serum Heparin-binding Epidermal Growth Factor-like Growth Factor (HB-EGF) as a Biomarker for Primary Ovarian

- Cancer. *Anticancer Res.*, 37:3955-3960, 2017.
3. Fukagawa S, **Yotsumoto F**, et al.: Antitumour Effects of Intravenous Administration of BK-UM, a Novel Inhibitor of HB-EGF, in Ovarian Cancer Therapy. *Anticancer Res.*, 37:3891-3896, 2017.
  4. **Yotsumoto F**, et al.: HB-EGF Is a Promising Therapeutic Target for Lung Cancer with Secondary Mutation of EGFR T790M. *Anticancer Res.*, 37:3825-3831, 2017.
  5. Fukagawa S, Miyata K, **Yotsumoto F**, et al.: MicroRNA-135a-3p as a promising biomarker and nucleic acid therapeutic agent for ovarian cancer. *Cancer Sci.*, 108:886-896, 2017.
  6. Shirota K, Itoh H, Anan H, Natsuaki S, Miyahara D, Takahashi Y, **Yotsumoto F**, et al.: A case of secondary amenorrhea caused by uterine myoma successfully treated by a combined laparoscopic and hysteroscopic approach. *Gynecol Minim. Invasive Ther.*, 6:49-50, 2017.
  7. Miyamoto S, **Yotsumoto F**, et al.: BK-UM in patients with recurrent ovarian cancer or peritoneal cancer: a first-in-human phase-I study. *BMC Cancer*, 17:89, 2017. doi: 10.1186/s12885-017-3071-5.
  8. Izuchi D, Fukagawa S, **Yotsumoto F**, et al.: Association of Serum HB-EGF Value and Response to Chemotherapy in Patients with Recurrent Ovarian Cancer. *Anticancer Res.*, 38:4347-4351, 2018.
  9. Kurakazu M, Kurakazu M, Murata M, Miyamoto T, Takahashi Y, Hamasaki M, Ohta E, **Yotsumoto F**, et al.: A partial supernumerary umbilical vein: a case report. *J Med Case Rep.* 13:149, 2019. doi: 10.1186/s13256-019-2094-8.
  10. Kurakazu M, **Yotsumoto F**, et al.: The combination of maternal blood and amniotic fluid biomarkers improves the predictive accuracy of histologic chorioamnionitis. *Placenta.* 80:4-7, 2019.
  11. Miyahara D, **Yotsumoto F**, et al.: Clinical Features of Recurrence in Patients Without Residual Tumour in Endometrial Cancer. *Anticancer Res.* 39:4581-4588, 2019.

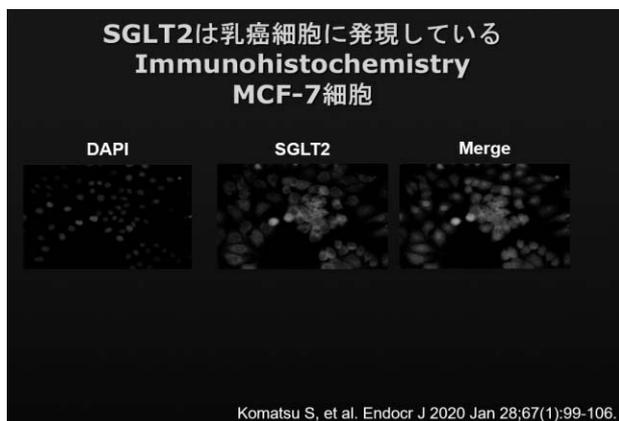




一方、肥満糖尿病患者でリスクの増大が知られている乳癌の研究も行ってきた。前立腺癌同様に乳癌の増大も Exendin-4 によって有意に抑制され、分子メカニズムとしては乳癌細胞における NF- $\kappa$ B の核内への移行を抑制していることが解明された（研究業績 3）。



これらの我々の研究業績は海外でも高く評価され、海外誌から総説の執筆も依頼を受けた（研究業績 4）さらに、最も新しいクラスの糖尿病治療薬である SGLT2 (sodium-glucose cotransporter 2) 阻害薬の一つイプラグリフロジンも、細胞膜電位を過分極させ、ミトコンドリア膜電位の不安定性を惹起することで、乳癌細胞増殖を抑制していることも見出し報告した（研究業績 5）。



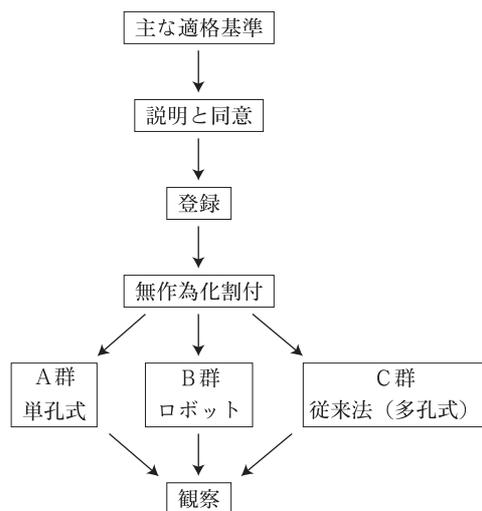
本来、血糖降下作用を有する糖尿病治療薬として開発された薬剤が、糖尿病患者の重大な死因である癌を直接的に抑制することは非常に興味深い。糖尿

病治療薬は、単なる血糖を下げるための道具から患者の未来を護るパートナーへと進化する時が来たと言える。最後に数々の実験を行ってくれた大学院生とテクニシャンの皆様、共同研究者の先生方に心から感謝します。

## 研究業績

1. Nomiya T, Kawanami T, Irie S, Hamaguchi Y, Terawaki Y, Murase K, Tsutsumi Y, Nagaishi R, Tanabe M, Morinaga H, Tanaka T, Mizoguchi M, Nabeshima K, Tanaka M, Yanase T. Exendin-4, a glucagon-like peptide-1 receptor agonist, attenuates prostate cancer growth. *Diabetes* 2014 Nov;63(11):3891-3905.
2. Tsutsumi Y, Nomiya T, Kawanami T, Hamaguchi Y, Terawaki Y, Tanaka T, Murase K, Motonaga R, Tanabe M, Yanase T. Combined treatment with Exendin-4 and metformin attenuates prostate cancer growth. *PLOS ONE* 2015 Oct 6;10(10):e0139709
3. Iwaya C, Nomiya T, Komatsu C, Kawanami T, Hamaguchi Y, Yoshinaga Y, Yamashita S, Tanaka T, Terawaki Y, Tanabe M, Nabeshima K, Iwasaki A, Yanase T. Exendin-4, a glucagon-like peptide-1 receptor agonist, attenuates breast cancer growth by inhibiting NF- $\kappa$ B activation. *Endocrinology* 2017 Dec 1;158(12):4218-4232.
4. Nomiya T, Yanase T. GLP-1 receptor agonist as treatment for cancer as well as diabetes: beyond glucose control. *Expert Review of Endocrinology & Metabolism* 2016;11(4), 357-364
5. Komatsu S, Nomiya T, Numata T, Kawanami T, Hamaguchi Y, Iwaya C, Horikawa T, Tanaka YF, Hamanoue N, Motonaga R, Tanabe M, Inoue R, Yanase T, Kawanami D. SGLT2 inhibitor ipragliflozin attenuates breast cancer cell proliferation. *Endocr J* 2019, in press.





現在ダヴィンチシステムが稼働してから肺癌は1例のみ施行しており、learning curveが必要であるため、2年目以降にロボット手術もC群として比較試験に組み込むこととする。従って3アームによる比較試験を行い評価項目は1年目と同等とする。

通常の胸腔鏡手術とロボット手術の周術期成績の比較は以下のとおりである（VATS は単孔式14例、多孔式8例）。

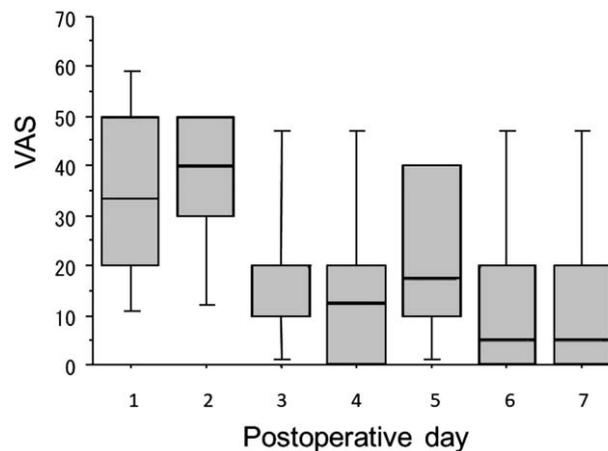
	RATS (n=14)	VATS (n=22)	p
Operation Time (min.)	329 (270-535)	255 (90-380)	0.014
Blood Loss (ml)	40 (5-150)	48 (5-250)	0.91
Morbidity (%)	3 (21.4)	8 (36.4)	0.34
Mortality (%)	0	0	ND
Chest Drainage (days)	5 (2-15)	4 (2-17)	0.24
Length of Stay (days)	13 (8-33)	13 (7-37)	0.12

これまでに14例の単孔式胸腔鏡下肺葉切除、8例の多項式胸腔鏡下肺葉切除、14例のロボット補助下肺葉切除を行った。年齢は50-72歳（中央値66歳）、男性20例、女性16例。手術時間は90-535分（中央値320分）。出血量は5-250ml（中央値45ml）、ドレーン留置期間は2-17日（中央値4.5日）、術後在院日数は7-37日（中央値13日）、術後重篤な合併症、在院死亡は認めなかったが7日以上気腫2例を認めた。郭清リンパ節個数は2-17個（中央値7個）、腫瘍径6-28mm（中央値16mm）、全例腺癌でステージIAであった。

疼痛に関しては Painvision による評価が困難であっ

たため、VAS による評価を行った。

単孔式の VAS 評価は以下の通りであり、多孔式およびロボットとの評価では有意差を認めなかった。



以上より Primary endpoint としての術後疼痛の程度は3群で有意差を認めなかったが、症例数が少ないことによるものであった。Secondary endpointとしての周術期の因子ではロボット手術で VATS より手術時間が有意に延長したもののそれ以外の因子には差を認めなかった。

## 研究業績

### 著書

呼吸器外科手術アドバンス 岩崎昭憲編，南江堂（東京），2019年

### 論文

Prognostic Significance of BMI-1 But Not MEL-18 Expression in Pulmonary Squamous Cell Carcinoma. Abe S, Yamashita SI, Miyahara SO, Wakahara J, Yamamoto L, Mori R, Imamura N, Yoshida Y, Waseda R, Hiratsuka M, Shiraiishi T, Nabeshima K, Iwasaki A. Anticancer Res, 37:1923-1929, 2017

Exendin-4, a Glucagonlike Peptide-1 Receptor Agonist, Attenuates Breast Cancer Growth by Inhibiting NF- $\kappa$ B Activation. Iwaya C, Nomiya T, Komatsu S, Kawanami T, Tsutsumi Y, Hamaguchi Y, Horikawa T, Yoshinaga Y, Yamashita S, Tanaka T, Terawaki Y, Tanabe M, Nabeshima K, Iwasaki A, Yanase T. Endocrinology. 2017;158:4218-4232.

How to manage tumor located between upper division and

lingular segment “S3+S4 segmentectomy and S3b+S4 segmentectomy”. Yamashita SI, Yoshida Y, Hamatake D, Shiraishi T, Kawahara K, Iwasaki A. J Thorac Dis.9:3277-3279, 2017

リンパ脈管筋腫症への生体・脳死肺移植 福岡大学肺移植プログラムの経験. 宮原聡 (福岡大学病院 呼吸器・乳腺内分泌・小児外科), 白石武史, 平塚昌文, 柳澤純, 阿部創世, 永田旭, 若原純一, 稲富香織, 森遼, 今村奈緒子, 諸鹿俊彦, 早稲田龍一, 吉田康浩, 吉永康照, 山下眞一, 白石素公, 石井寛, 藤田昌樹, 渡辺憲太郎, 當房悦子, 岩崎昭憲. 福岡大学医学紀要, 44(1): 1-6, 2017.

頸部アプローチで被膜間摘出し得た頸胸境界部迷走神経由来の神経鞘腫の1例 矢口綾子, 稲田一雄, 山下眞一, 岩崎昭憲/日本呼吸器外科学会雑誌 32巻4号 504-511, 2018

肺切除を伴わない気管支管状切除再建術 目井秀門, 宮原聡, 今村奈緒子, 山下眞一, 白石武史, 岩崎昭憲/日本呼吸器外科学会雑誌 32巻5号 635-640, 2018

## 学会発表

当施設における単孔式胸腔鏡下肺葉切除の短期成績と実際の手技 第118回日本外科学会定期学術集会 2018年4月 東京都

Complete port access thoracoscopic anatomical resection for lung cancer. The 7th Xizi Forum on Thoracic Oncology. September 2018 Hangzhou, Zhejiang Province, China (招聘講演)

Intentional left upper mediastinal node dissection for lung cancer under VATS compared with Thoracotomy. ASCVTS 2018 May 2018 Moscow, Russia

HOW TO DISSECT RIGHT UPPER HILAR NODES OF LOWER LOBE CANCER BY THORACOSCOPIC SURGERY. 26th International Congress of the EAES, LONDON 30 May-1 June 2018

ヒヤリハットから学ぶ安全な鏡視下肺癌手術～技術認定医制度導入を見据えて 第31回日本内視鏡外科学会総会 Educational Lecture 2018年12月 福岡

保険診療における呼吸器外科領域での運用と課題

第11回日本ロボット外科学会学術集会 シンポジウム 2019年1月 名古屋

どこでもできる通常の VATS の器具による単孔式胸腔鏡下肺葉切除 第36回日本呼吸器外科学会総会 ワークショップ 2019年5月 大阪

呼吸器外科における制度の進捗状況 第30回日本内視鏡外科学会 Practical Techniques 2019年12月 横浜





以上の結果より、AS としての硬さは、3.0 w/w% 以上の hKP 濃度が適していることが分かった。さらに、塗布後の垂れにくさを考慮すると、適度なチキソトロピー性を有することが望まれるため、hKP 濃度が 4.0 w/w% 以上の AS が好ましいことが判明した。しかし、5.0 w/w% 以上の AS は降伏値が大きく、曳糸性に劣るため、塗りやすさに欠け、また付着力も小さい。従って、hKP 濃度が 4.0 w/w% の AS が目指す新規剤形の基剤として最適と考えられる。

## 2) HN 含有 AS の最適化

HN は、台湾ヒノキや青森ヒバの精油から抽出される七員環芳香族化合物である。HN には、殺菌作用、抗炎症作用および美白作用があり、好気性菌および嫌気性菌に対する抗菌スペクトルをもつ。特に、HN は低濃度でも歯肉組織の崩壊に大きく関与しているバクテロイデスやフソバクテリウムなどの嫌気性菌の発育を阻止することができるため、歯周病の予防に効果的と考えられる。

1) の検討によって、基剤として hKP 濃度が 4.0 w/w% の AS が最適であることが判明した。しかし、AS に HN の溶液を混合すると、最適化された AS の物性が変化する可能性がある。そのため、hKP 濃度が 3.0 w/w% および 4.0 w/w% の AS (3hKPAS および 4hKPAS) を使用し、HN の溶液を混合して HN 含有 AS のレオロジー測定を行った。HN を混合することによって、hKP 濃度が 3.0 w/w% の AS (HN-3hKPAS) の粘度 (Pa·s) は  $15.0 \pm 2.0$  から  $11.3 \pm 0.3$  へ低下し、hKP 濃度が 4.0 w/w% の AS (HN-4hKPAS) の粘度は  $25.0 \pm 10.0$  から  $23.9 \pm 2.7$  へ低下した。また、

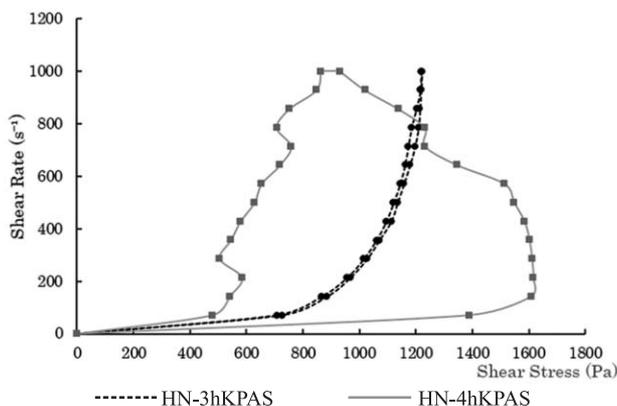


図2 HN-3hKPAS および HN-4hKPAS のレオグラム

上記 2 種の HN 含有 AS について、せん断速度を  $0 \text{ s}^{-1}$  から  $1000 \text{ s}^{-1}$  まで上げ、再び  $0 \text{ s}^{-1}$  まで減速したときのせん断応力を測定したレオグラムを図 2 に示した。HN-3hKPAS は、ヒステリシスループの面積は極めて小さかった。一方、HN-4hKPAS は、ヒステリシスループが観測された。ヒステリシスループの面積が大きい方が塗布した後に垂れにくいため、HN-4hKPAS の方が、イヌの歯茎に適用したときに適用部位に長時間保持されることが可能と考えられる。

## 3) HN 含有 AS からの HN の溶出性

HN-4hKPAS を入れた容器を 6 個準備し、各容器にイヌの唾液の pH に合わせた人工唾液を加えた。これらの容器を  $38 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$  に保った恒温槽に入れ、各容器を 5, 15, 30, 60, 120 または 240 分間振盪した。振盪後の人工唾液および AS 中の HN を分光光度計によって定量した。人工唾液および AS に含まれる HN の質量 (mg) を算出し、人工唾液中の HN 質量を溶出量、AS 中の HN 質量を残存量とした (図 3)。溶出量は時間の経過とともに上昇し、実験開始 30 分以降から一定値となった。残存量は時間の経過とともに減少し、溶出量と同様に 30 分以降から一定値となった。以上の実験結果より、実験開始 30 分の時点で溶出は定常状態に達していると考えられる。

実験開始 30 分以降の溶出量はおよそ 0.5 mg であり、人工唾液中の HN 濃度は  $250 \mu\text{g/mL}$  に達した。HN は、 $3.13 \sim 200 \mu\text{g/mL}$  の濃度範囲で歯肉組織の崩壊に関与するとみられる嫌気性菌の発育を阻止するとされているため、調製した HN 含有 AS は、イヌの歯周病治療に効果があると考えられる。

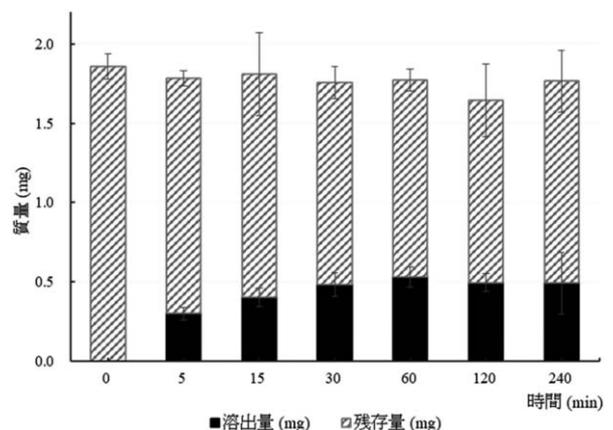


図3 HN-4hKPAS からの HN 溶出量と残存量の経時変化

#### 4) AZM 含有 AS の最適化

AZM は15員環マクロライド系抗生物質であり、胃酸に対して比較的安定かつ組織移行性が高い薬物である。AZM は、好中球、単球および肺胞マクロファージなどの食細胞に移行しやすく、感染病巣への移行性が高いことが知られている。そのため、投与から7日間経過しても、AZM の多くは歯肉炎を起こした歯周ポケットに留まるとされており、効率よく歯周病を治療できると考えられる。また、歯面や歯周ポケットに形成され、歯周病の主要因とされるバイオフィルムを破壊する作用を AZM は有しており、AZM 含有 AS はイヌの歯周病治療に有用であると考えられる。さらに、近年、歯周病の原因となる代表的な細菌である口腔内スピロヘータが確認されたイヌの歯周病に対して AZM を使用すると、歯肉炎、歯垢の付着および口臭が改善され、口腔内スピロヘータ数も減少したという報告もなされている。

3hKPAS および 4hKPAS を使用し、AZM の溶液を混合して AZM 含有 AS のレオロジー測定ならびにテクスチャー測定を行った。AZM を混合すると、AZM-3hKPAS の粘度は  $9.5 \pm 0.4$  (Pa·s)、AZM-4hKPAS の粘度は  $16.5 \pm 0.47$  へ低下した。また、せん断速度を  $0 \text{ s}^{-1}$  から  $1000 \text{ s}^{-1}$  まで上げ、再び  $0 \text{ s}^{-1}$  まで減速したときのせん断応力を測定し、AZM-3hKPAS と AZM-4hKPAS のレオグラムを作成した。AZM-3hKPAS のヒステリシスループは観察されなかったが、HN-4hKPAS のヒステリシスループは観測された。従って、AZM-4hKPAS はチキソトロピー性が強いと考えられ、イヌの歯茎に塗布したときに製剤が流れにくく垂れにくいと考えられる。

さらに、AZM-3hKPAS と AZM-4hKPAS の硬さならびに付着力を検討したところ、hKP 濃度が高い

AZM-4hKPAS の硬さと付着力は、AZM-3hKPAS より大きいことが判明した。また、イヌの口腔内 pH に調整した人工唾液中での AZM-4hKPAS の付着力の経時変化を測定したところ、表に示すように大きな変化は観察されず、AZM-4hKPAS はイヌの歯茎に塗布したときに適用部位に長時間保持されると考えられる。

#### 5) AZM 含有 AS からの AZM の溶出性

AZM-4hKPAS を入れた容器にイヌの唾液の pH に合わせた人工唾液を加えた。この容器を  $38 \pm 1$  °C に保った恒温槽に入れ、各容器を 5, 15, 30, 60 または 120 分間振盪した。振盪後の人工唾液中に溶出した AZM を分光光度計によって定量し、AZM の溶出率 (%) を算出した。AZM の溶出率の経時変化を図 4 に示す。溶出率は時間の経過とともに増大した。振盪開始後 15 分以内の AZM 溶出率はおよそ 60 % であり、30 分後の AZM 溶出率は 90 % を超えた。以上の実験結果より、AZM-4hKPAS からの AZM の溶出は、実験開始 30 分の時点でほぼ完了していると考えられる。

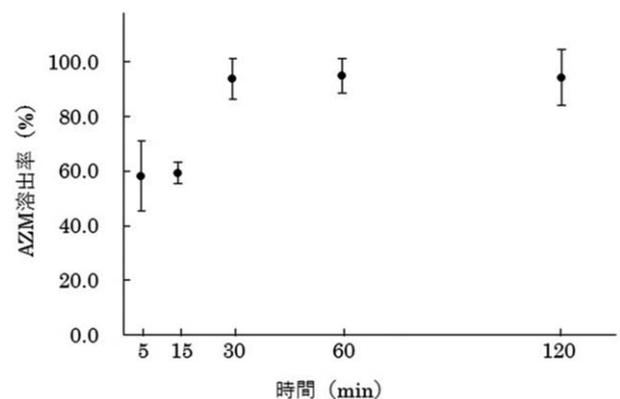


図 4 AZM-4hKPAS からの AZM 溶出率の経時変化

表 人工唾液中における AZM-4hKPAS の付着力の経時変化

経過時間 (分)	0	30	60	120	240
付着力 (N)	0.7	1.0	0.8	0.9	1.0
	0.8	1.0	0.9	0.9	1.0
	0.8	1.0	0.9	1.0	1.0
	0.8	1.0	0.8	1.0	1.0
	0.7	0.9	0.9	0.9	1.1
	0.8	0.9	0.9	1.0	1.0
平均±S.D.	$0.8 \pm 0.02$	$1.0 \pm 0.02$	$0.9 \pm 0.02$	$1.0 \pm 0.03$	$1.0 \pm 0.03$

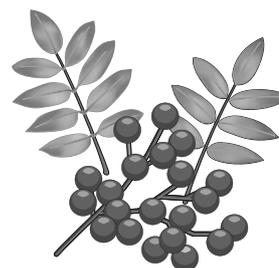
S.D.: 標準偏差

## 6) まとめ

本研究で調製した HN 含有 AS ならびに AZM 含有 AS は、チキソトロピー性を有し、30分程度で抗菌成分が人工唾液中に十分に溶出することが判明したため、イヌの歯周病治療に有用であることが示された。しかし、HN および AZM は極めて難水溶性であるため、AS に効率よく抗菌成分を混合するための工夫を重ねるなどのさらなる改良を今後も進める必要がある。

## 【研究業績】

本研究は将来的に特許申請を目指しており、新規性喪失回避のため、論文や学会発表による研究業績の外部公開を行っていない。



## Sodium 4-phenylbutyrate 投与後血清中に誘導される 抗炎症活性本体の解明

研究チーム名：新規抗炎症薬開発チーム（課題番号：176010）  
研究期間：平成29年 4月 1日～令和 2年 3月31日  
研究代表者：小野和彦 研究員：二村 聡

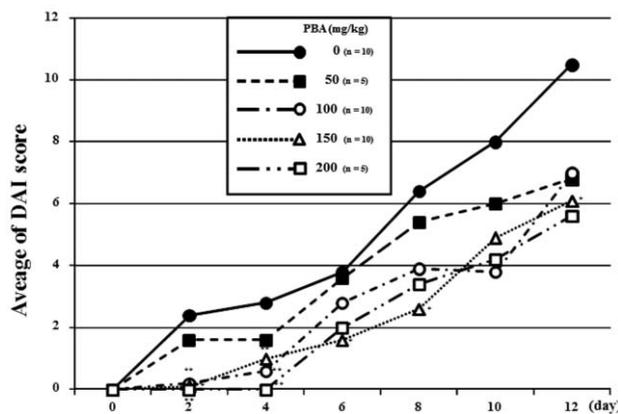
### 研究成果

炎症性腸疾患（IBD: Inflammatory Bowel Disease）は、潰瘍性大腸炎とクローン病を代表とする慢性持続性腸炎で、いまだ病因不明の難病疾患である。その発症には、免疫学的異常、遺伝学的異常、環境因子、腸内細菌など多因子が複合的に関与していると考えられている。本来、炎症反応は生体のホメオスタシス維持のための生体反応であるが、ときに様々な疾患の発症・増悪要因となる。つまり、体内の炎症反応を調整することは、疾患をコントロールできる可能性がある。近年、炎症反応と nuclear factor-kappa B (NF- $\kappa$ B) 活性化との関連性が注目されていることから、我々は、NF- $\kappa$ B 活性化抑制作用の報告がある sodium 4-phenylbutyrate (PBA) に注目した。現在、PBA は尿素サイクル異常症の治療薬として用いられており、その他各種ガン、嚢胞性繊維症、地中海貧血などへの臨床応用研究がされている。また、当研

究室において、パーキンソン病をはじめとする神経変性疾患に有用であることを報告している。

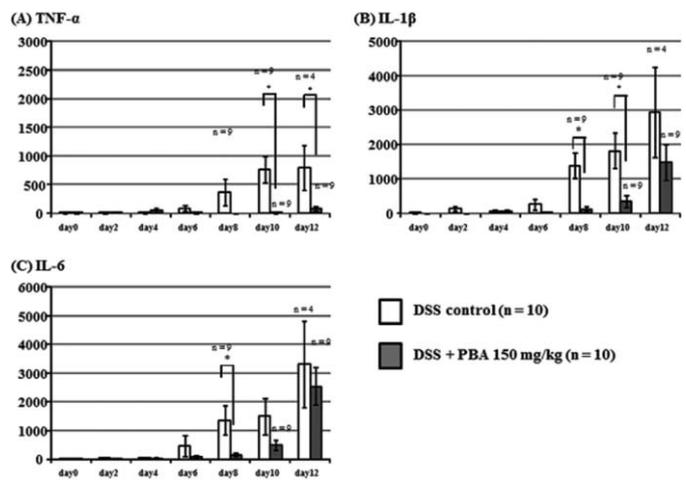
そこで、IBD のモデルである dextran sulfate sodium (DSS) 誘発大腸炎モデルマウスを用いた PBA の腹腔内投与による治療実験を行ったところ、①病態の指標である Disease activity index (DAI) の改善 (Fig.1)、②大腸洗浄液中のサイトカイン (Interleukin (IL)-1 $\beta$ , IL-6, Tumor Necrosis Factor (TNF)- $\alpha$ ) の産生抑制効果 (Fig.2)、および③大腸病変部の肉眼的・組織学的検討にて、PBA 投与群は大腸短縮の抑制、さらに、病変部に特徴的なびまん性慢性炎症細胞浸潤、杯細胞数の著減、表層上皮の剥落と間質組織の露呈などが、ほぼ正常の粘膜構築を呈していた。さらに、我々は PBA のより臨床応用に即した経口投与においても同様の効果を確認した（研究業績1）。

つぎに、この抗炎症作用が PBA の直接作用であるのか代謝物質であるかを検討するために PBA の



\*:  $p < 0.05$ , \*\*:  $p < 0.01$  by one-way ANOVA followed by Dunnett's post-hoc test. vs DSS control (PBA 0 mg/kg)

Fig. 1 The effect of PBA on clinical indices (DAI)



\*:  $p < 0.05$  by one-way ANOVA followed by Student's t-test.

Fig. 2 PBA の炎症性サイトカイン産生抑制効果

尿中排泄物質（PAGly：フェニルアセチルグリシン、PAT：フェニルアセチルタウリン、PAGln：フェニルアセチルグルタミン）におけるサイトカイン産生抑制を Concanavalin A（ConA）刺激マウス脾細胞培養系にて検討した。その結果、PAGln において NF- $\kappa$ B 活性化抑制作用を伴う IL-6 産生抑制作用が認められた（研究業績 2）。

しかしながら、これら PBA 代謝産物の DSS 誘発大腸炎モデルに対する治療実験を行ったところ、発症抑制効果は、PBA 投与によるものより小さかった（Fig.3）。以上より、PBA の発症抑制効果は PBA の直接作用ではなく、代謝過程で生ずる物質に活性があるという考えに至った。

そこで、PBA 投与後のマウス血清を用いて、サイトカイン産生抑制効果関連物質の探索を試みた。IBD 発症抑制濃度の PBA をマウスに投与後、経時的（15、60分および6、24時間後）に採血し血清を

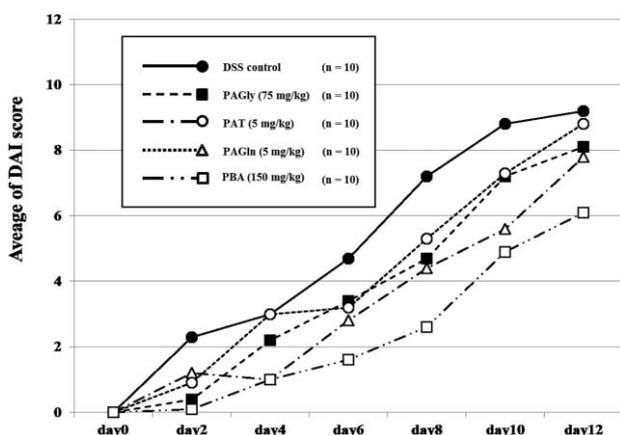


Fig. 3 The effect of PBA on clinical indices (DAI)

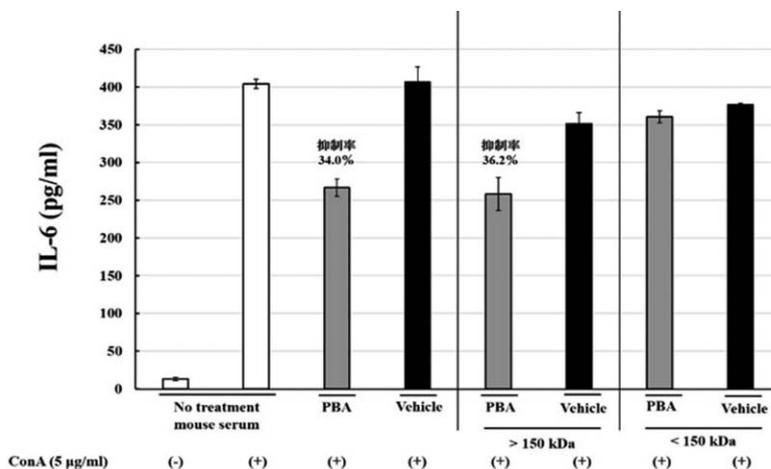


Fig. 4 PBA 投与後血清の IL-6 産生

分離し、非働化後に ConA 刺激マウス脾細胞培養系に添加して 3 日間培養した。その後培養上清を回収し、上清中の IL-6 産生量をサンドイッチ ELISA 法を用いて測定した。PBA 投与後15分より IL-6 産生抑制が認められ、その抑制作用は30分をピークに減弱した。さらに、効果物質の確認の為に PBA 投与30分後のマウス血清を限外濾過処理にて 150kDa の分子量で分画し、サイトカイン産生抑制効果を検討したところ、分子量 150kDa 以上 (>150kDa) の画分に IL-6 産生抑制を認めた。PBA の分子量は186であることから、PBA そのものではなく PBA 投与後に血清中に誘導される 150kDa 以上の分子量を有する物質に活性がある可能性が強く示唆された（Fig.4）。さらに、限外濾過処理（150kDa）にて分画したものを試料として 2次元電気泳動後、銀染色法にて検定した。その結果、PBA 投与血清には非投与血清には認められないスポットが複数検出された（Fig. 5）。この結果より、効果物質は、等電点により分離できる可能性があることが分かった。

今後は、2次元電気泳動法にて得られた複数のスポットについて、質量分析を LC-MS/MS にて行ったり、イオン交換クロマトグラフィー、疎水性相互作用クロマトグラフィーおよびゲル濾過クロマトグラフィー法などを用いて、有効成分の分離・精製を行い、分子の同定を試みて行く予定である。このように有効成分の分子を同定することで、PBA による発症抑制作用の機序の明確化および PBA 投与量の減少が期待できる。

Fig. 5A Vehicle

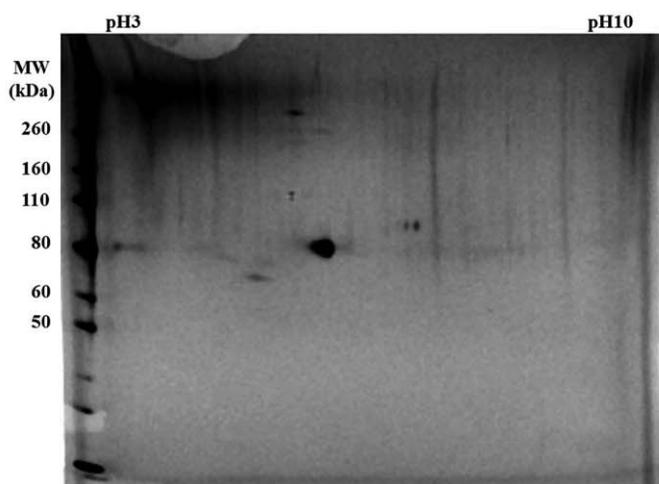


Fig. 5B PBA 投与

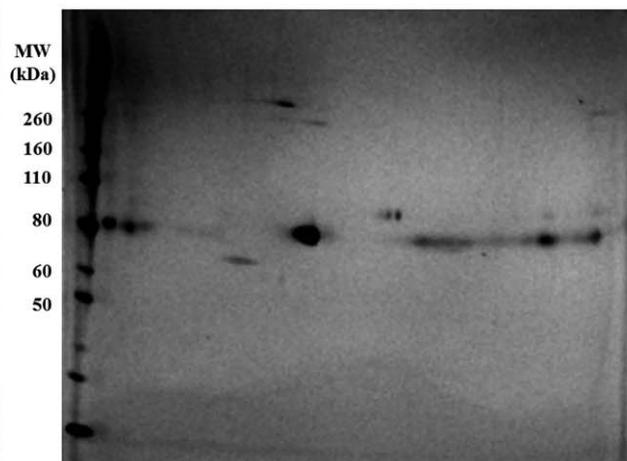


Fig. 5 2次元電気泳動法による活性本体の分離

IBD は原因が不明で、対症療法しかなく、その治療法の選択肢も多くない。さらに、従来の治療法では有害事象を無視できないものがあることから、内科的治療に難渋している。PBA 投与後血清中の有効成分を同定し、PBA による発症抑制機序を解明することで、IBD 病態の改善や寛解状態のコントロールに寄与する新しい治療薬の確立を目指したい。

## 研究業績

1. Ono K, Nimura S, Hideshima Y, Nabeshima K, Nakashima M.: Orally administered sodium 4-phenylbutyrate suppresses the development of dextran sulfate sodium-induced colitis in mice. *Ex Ther Med* 14:5485-5490, 2017.
2. Hazekawa M, Ono K, Nishinakagawa T, Kawakubo-Yasukochi T, Nakashima M.: In vitro anti-inflammatory effects of the phenylbutyric acid metabolite phenylacetyl glutamine. *Biol Pharm Bull* 41(6): 964-966, 2018.

