



ことは、造血幹細胞において高く維持されたジェミニンは造血幹細胞を静止期に保ち、多能性造血前駆細胞におけるジェミニンの減少は高い増殖能を賦与することを意味している。

そこで、筆者らはジェミニンのタンパク質発現を可視化することのできるノックインマウスを作製し、またジェミニンの発現を操作することのできるウイルスベクターシステムやリコンビナントタンパク質を作製し、それらを用いて造血幹細胞や白血病幹細胞の自己複製や分化の制御におけるジェミニンの役割の詳細を明らかにしようとしている。本研究の研究成果は、造血幹細胞移植に使える造血幹細胞体外増幅法の開発や既存の抗癌剤に抵抗性を示す白血病幹細胞の根治的治療法の開発につながることを期待される。

## 成果

最近筆者らは、全長野生型ジェミニンに FGF 4 の膜移動モチーフ (MTM: membrane translocating motif) を結合させたりコンビナントタンパク質、CP (cell-penetrating)-ジェミニンを作製し、CP-ジェミニンを、NIH-3T3 細胞株に短時間で導入し、また短時間で消失させることに成功した。また、細胞に導入した CP-ジェミニンは、内在性のジェミニンタンパク質と同様に、Cdt1 を抑制し S 期 (DNA 合成期) における細胞周期の進展を遅延させると共に、Smarca2/Smarca4 を抑制しクロマチンを閉じた状態に維持することを見出した<sup>5)</sup>。しかし、プライマリー造血細胞への導入効率があまり高くないことが課題として残っている。この課題を解決するとともに、ジェミニンの Cdt1 結合部位や Smarca2/Smarca4 結合部位を破壊した変異型 CP-ジェミニンを作製すれば、ジェミニンの二つの分子機能をそれぞれ制御することが可能になり、自在に造血幹細胞や白血病幹細胞の活性を操作するツールとして使用できることが期待される。

## おわりに

筆者らは、ジェミニンを介した新たな造血幹細胞や白血病幹細胞の活性を制御する分子機構を見出した。ジェミニンの発現や機能を操作しようとする本研究の推進により、造血幹細胞や白血病幹細胞の活

性を自在操作することができれば、造血幹細胞を用いた再生医療の発展や白血病根治治療法の発展に寄与することが期待される。

## 謝辞

筆者らは、平成28年度から先端分子医学研究所 (FCAM) の白澤グループに参画し、幹細胞活性を規定する遺伝子の分子・細胞・個体レベルでの解明による細胞・生命プログラムにおける独創的な概念の創出とその理解に基づいた先駆的治療法開発と再生医療を含む医療応用開発に向けた基盤研究を推進しています。今後とも、宜しく申し上げます。

## 文献

1. Ohtsubo et al. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 105(30), 10396-10401, 2008.
2. Ohno et al. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 107(50), 21529-21534, 2010.
3. Ohno et al. *PLoS ONE*, 8(1), e53161, 2013.
4. Yasunaga et al. *Mol. Cell. Biol.*, 33(4), 644-660, 2013.
5. Ohno et al. *PLoS ONE*, 11(5), e0155558, 2016.





法により定量化した。

## 研究結果およびまとめ

SE 群と比較し、EE 群の体重は環境介入後に有位に減少したが、環境介入期間中の摂餌量および遅筋線維型、速筋線維型の骨格筋重量は変化しなかった。これらの結果は、EE は、筋肥大ではなく、体重減少

を引き起こすような低-中強度の身体活動につながる環境である事を示唆している。EE 群は環境介入後に総通過区画数が顕著に増加し、それらはSE 群と比べて高値を示した (Fig. 2A)。この結果は、EE が、加齢に伴う不安感情を改善した事を示している。その他の測定項目については、環境介入の前後で統計的に有意な差は得られなかった。

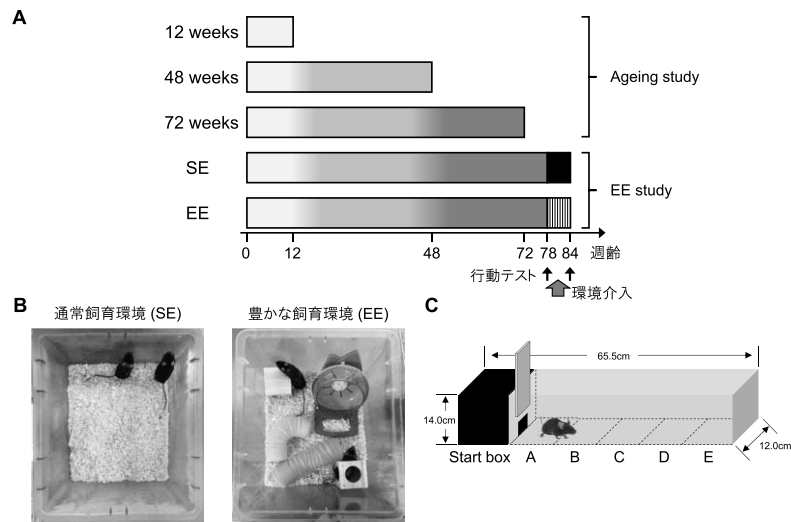
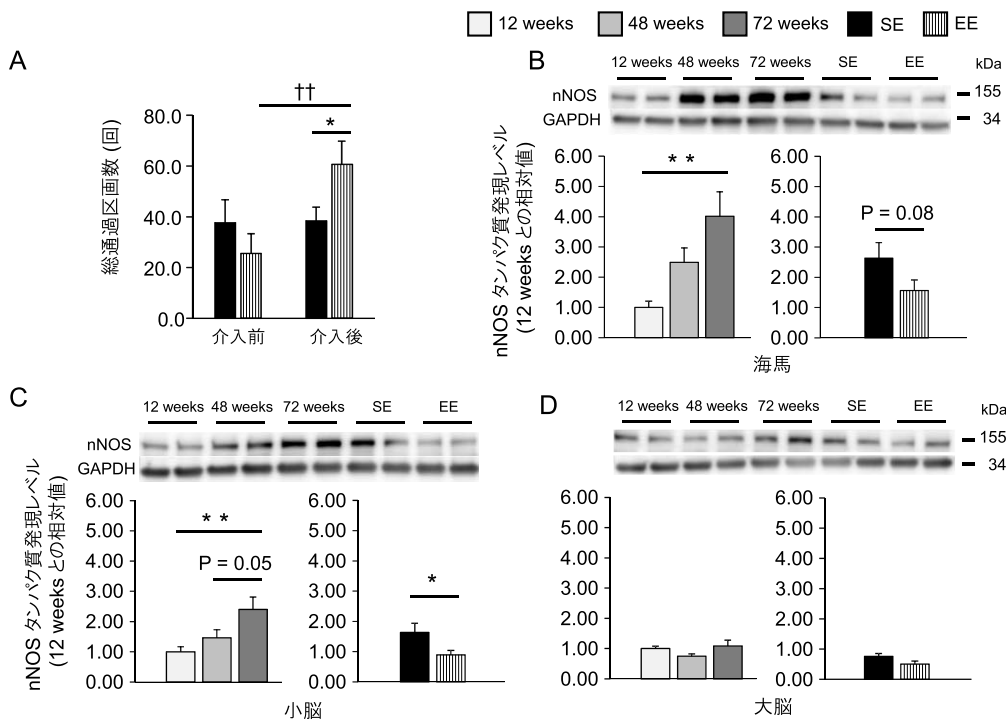


Fig. 1. 本研究の実験デザイン(A)、飼育環境(B)、ランウェイテスト装置の概要(C)  
Tomiga et al., BBRC 2016.



††:  $P < 0.01$  vs. EE介入前 \*\* :  $P < 0.01$  vs. 12 weeks \* :  $P < 0.05$  vs. SE  
平均±標準誤差

Fig. 2. ランウェイテストの総通過区画数(A)、及び海馬(B)、小脳(C)、大脳(D)の nNOS タンパク質発現レベル  
Tomiga et al., BBRC 2016 より一部改変

Ageing studyにおいて、nNOSタンパク質発現レベルは、海馬と小脳で加齢に伴い顕著に増加したが、大脳では変化がなかった (Fig. 2B-D)。EE studyにおいて、SE群と比べてEE群のnNOSタンパク質発現レベルは、海馬では減少傾向が (Fig. 2B,  $p=0.08$ )、小脳では顕著な減少が認められたが (Fig. 2C)、大脳ではAgeing study同様変化がなかった (Fig. 2D)。タンパク質発現の結果と一致して、小脳のnNOS遺伝子発現レベルは、SEとくらべEEにおいて低値を示した。

本研究は、EEが加齢誘発性の不安感情を改善する事、加齢に伴う脳nNOS発現の増加はEEにより抑制できる事、それらの変化には部位特異性がある事を初めて明らかにした。nNOSが薬理療法のターゲットとして注目されている事を考え合わせると、高齢者であっても、積極的に社会と交流して刺激を受ける事は、薬に代わり、脳機能低下の予防や維持・改善に効果的であるという可能性を示唆している。

## 引用文献

- [ 1 ] S. Moncada, A. Higgs, The L-arginine-nitric oxide pathway., *N. Engl. J. Med.* 329 (1993) 2002-12.
- [ 2 ] V. Volke, G. Wegener, M. Bourin, E. Vasar, Anti-depressant- and anxiolytic-like effects of selective neuronal NOS inhibitor 1-(2-trifluoromethyl-phenyl)-imidazole in mice., *Behav. Brain Res.* 140 (2003) 141-147.
- [ 3 ] J. Zhang, X. Huang, M. Ye, C. Luo, H.-Y. Wu, Y. Hu, Q. Zhou, D. Wu, L.-J. Zhu, D. Zhu, Neuronal nitric oxide synthase alteration accounts for the role of 5-HT1A receptor in modulating anxiety-related behaviors., *J. Neurosci.* 30 (2010) 2433-41.
- [ 4 ] J. Nithianantharajah, A.J. Hannan, Enriched environments, experience-dependent plasticity and disorders of the nervous system., *Nat. Rev. Neurosci.* 7 (2006) 697-709.
- [ 5 ] H. Van Praag, G. Kempermann, F. H. Gage, NEURAL CONSEQUENCES OF ENVIRONMENTAL ENRICHMENT, 1 (2000) 1-8.
- [ 6 ] Y. Tomiga, A. Ito, M. Sudo, S. Ando, A. Maruyama, S. Nakashima, K. Kawanaka, Y. Uehara, A. Kiyonaga, H. Tanaka, Y. Higaki, Effects of environmental en-

richment in aged mice on anxiety-like behaviors and neuronal nitric oxide synthase expression in the brain., *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 476 (2016) 635-640.





CD11b 陽性細胞よりもさらに数が少ない  $1 \times 10^5$  個の細胞を移植することでコントロールに比べて血流改善効果が認められた [文献4、図1]。

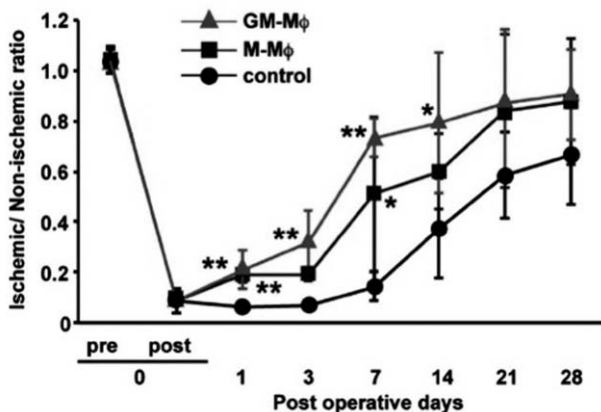


図1：M-Mφ、GM-Mφ 治療による血流改善効果

レーザードップラーによって虚血肢マウス下肢の血流を画像化し、健側下肢血流に対する患側下肢血流の比を経時的に示した (\*\* $P < 0.01$ , \* $P < 0.05$ )

この時最も有意な差が認められた細胞移植後7日目の組織を用いて血管内皮細胞およびリンパ管内皮細胞の染色を行った。その結果、コントロールに比べて陽性細胞が有意に増加しており、血管新生・リンパ管新生が生じていたことが分かった [文献4、図2]。

また虚血部位へ M-Mφ または GM-Mφ の移植を行った下肢組織中では抗炎症性サイトカインである IL-10 の発現がコントロールに比べて有意に増加していた [文献4、図3]。

以上の結果より M-Mφ、GM-Mφ 移植による虚血肢血流改善効果において IL-10 が重要な働きを担って

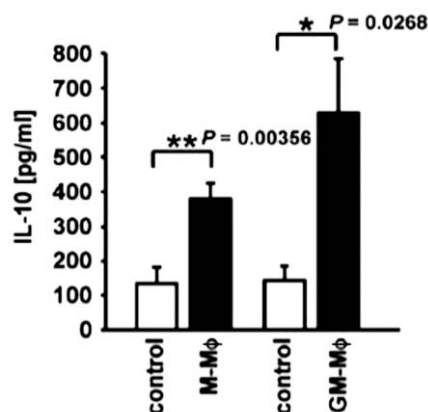


図3：マウス下肢の IL-10 濃度

細胞移植後7日目に健側および患側下肢組織中の IL-10 を測定した

いることが分かる。この作用機序については IL-10 遺伝子欠損マウスを用いて現在解析中である。一般的に Mφ はおかれた環境によって機能や形態を変え、組織の恒常性維持や免疫反応などに寄与する。その様々な性質は環境の変化に応じて可逆的で変化することから、極性を有するとも言われる。今後、様々な性質の Mφ 移植による血管再生治療のメカニズムを明らかにし、基礎疾患を有する虚血肢マウスを用いた治療効果なども検討したいと考えている。

### 【おわりに】

現在、少量の骨髄細胞から培養・増殖させた Mφ の移植治療による血管・リンパ管再生の研究はモデルマウスを用いたレベルである。今後、基礎疾患を有する患者に対して低侵襲で、選択的・有効的な細胞治療へ繋がるような研究を継続していく所存である。

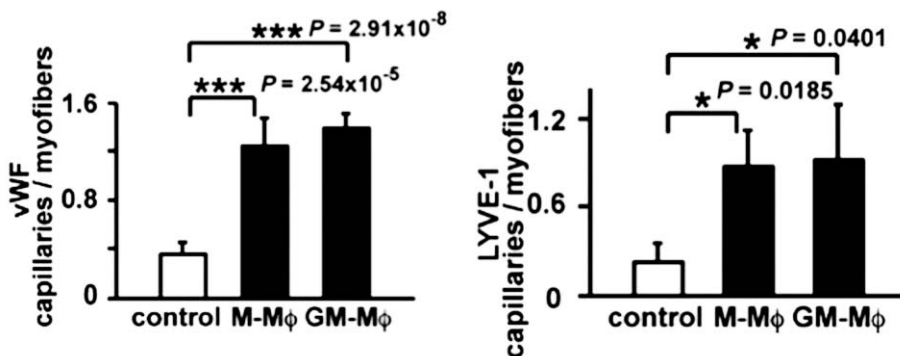


図2：血管新生およびリンパ管新生

細胞移植後7日目、血管内皮細胞のマーカーである von Wille brand factor (vWF) の染色およびリンパ管内皮細胞のマーカーである LYVE-1 の染色を行い、陽性細胞数をカウントして定量化した

## 【参考文献】

- 1 : Asahara T, Murohara T, Sullivan A, Silver M, van der Zee R, Li T, Witzenbichler B, Schatteman G, Isner JM. Isolation of putative progenitor endothelial cells for angiogenesis. *Science*. 1997 Feb 14;275(5302):964-7
- 2 : Tateishi-Yuyama E, Matsubara H, Murohara T, Ikeda U, Shintani S, Masaki H, Amano K, Kishimoto Y, Yoshimoto K, Akashi H, Shimada K, Iwasaka T, Imaizumi T. Therapeutic angiogenesis for patients with limb ischaemia by autologous transplantation of bone-marrow cells: a pilot study and a randomised controlled trial. *Lancet*. 2002 Aug 10;360(9331):427-35
- 3 : Kuwahara G, Nishinakamura H, Kojima D, Tashiro T, Kodama S. Vascular endothelial growth factor-C derived from CD11b+ cells induces therapeutic improvements in a murine model of hind limb ischemia. *J Vasc Surg*. 2013 Apr;57(4):1090-9
- 4 : Kuwahara G, Nishinakamura H, Kojima D, Tashiro T, Kodama S. GM-CSF treated F4/80+ BMCs improve murine hind limb ischemia similar to M-CSF differentiated macrophages. *PLoS One*. 2014 Sep 9;9(9):e106987









図3 実証実験を実施したし尿処理施設



図5 し尿処理施設へのグリセリン水溶液の搬入

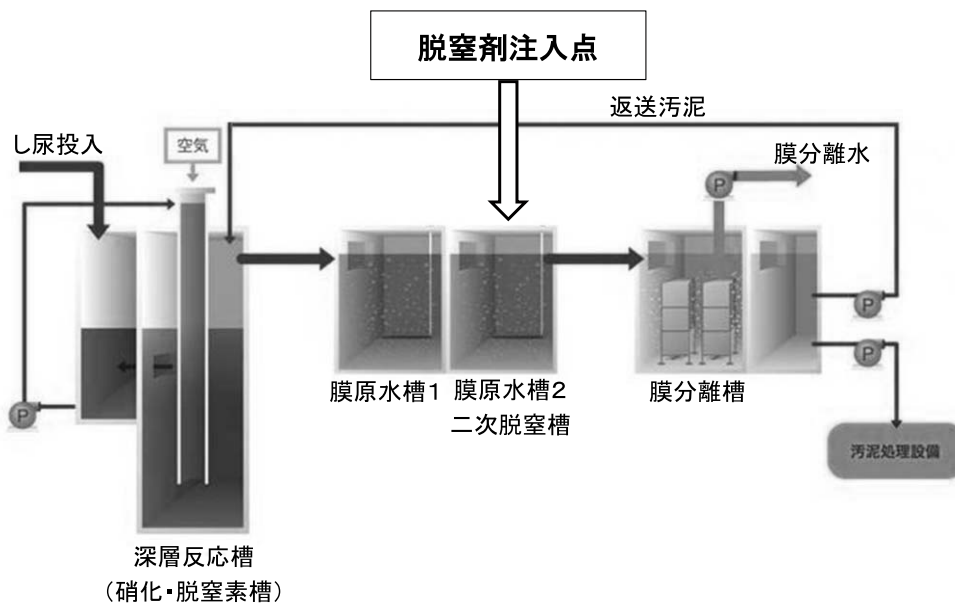


図4 し尿処理施設の生物処理フロー

## 研究成果

グリセリン水溶液は、総窒素濃度に対して有機性炭素濃度が十分高いことから脱窒剤の用途を検討した。し尿処理施設の活性汚泥希釈液を用いてグリセリン水溶液の脱窒剤としての性能を試験したところ、し尿処理施設で常用されている50%メタノールと同等の性能を示したため、脱窒剤として利用できることを確認した。一方、グリセリン廃液についても脱窒剤としての性能を試験したところ、脱窒素性能は50%メタノールよりも優れていたが有機性炭素が多く残存したため、そのままでは脱窒剤として利用できないことを確認した。次に、し尿処理施設でグリセリン水溶液を注入する実証実験から、処理負荷が急増した1点を除き、実験系と対照系の処理窒素量にほとんど差は見られなかった。また、窒素処理後

の膜分離水の  $COD_{Mn}$  を実験系と対照系で比較したところ、実験期間中の差はほとんど見られなかった。よって、グリセリン水溶液の脱窒剤としての性能は、50%メタノールと同等であることが稼働中のし尿処理施設を用いた実証実験によっても確認された。

一方、分離油の高位発熱量を測定したところ、グリセリン廃液の約150%、食用油（新油）の96%、A重油や再生重油（エンジンオイルや機械潤滑油の廃油をリサイクルした燃料）の83%に相当していた。そのため、分離油はそのままでも燃料油として使用可能であったが、さらにバイオ再生重油の原料とする用途を検討した。バイオ再生重油（JIS K2171）は、廃食用油と再生重油（JIS K2170）から製造され、燃料として使用することで二酸化炭素排出量を削減できると期待されている。

## おわりに

本研究により、グリセリン廃液から回収されたグリセリン水溶液をし尿処理施設の脱窒剤として、分離油をバイオ再生重油の原料として、それぞれ安定的な用途で資源利用可能とした。これにより、グリセリン廃液の全量が、二次廃棄物を発生させることなく資源利用可能となった。また、図1に示す湿式法の洗浄廃液をグリセリン廃液の希釈水の代わりに用いると、より有機性炭素濃度の高いグリセリン水溶液を精製でき、洗浄廃液も全量資源化可能となる。

最後に、本研究の成果が地域社会に導入されれば、全国各地に存在するし尿処理施設とBDF製造所の間で新たな資源循環が可能になる。その結果、双方のコスト低減および廃棄物や二酸化炭素の排出量削減に寄与できるものと考えている。

## 謝辞

本研究は、福岡大学資源循環・環境制御システム研究所、(株)フチガミ、クボタ環境サービス(株)の三社で行った共同研究であり、福岡県リサイクル総合研究事業化センターの共同研究プロジェクト研究助成を得て実施した。また、実証実験を行うにあたり、佐賀県三神地区汚泥再生処理センターの施設利用を快諾いただいた三神地区環境事務組合の関係各位に感謝します。

## 参考文献

- 1) 特許第5891573号, 武下俊宏, 安部剛, 橘峰生: 水処理方法, 脱窒剤の製造方法及び水処理システム (2016).
- 2) 武下俊宏, 村田真理, 樋口壯太郎, 井上芳樹, 大塚芳夫, 安部剛, 橘峰生: バイオディーゼル燃料 (BDF) 製造副生グリセリンを原料とする脱窒剤精製と脱窒性能評価, 廃棄物資源循環学会論文誌, 27, pp.61-70 (2016).
- 3) 安部剛, 橘峰生, 武下俊宏, 村田真理, 大塚芳夫, 井上芳樹: バイオディーゼル燃料製造過程で副生されるグリセリン廃液のし尿処理用脱窒剤としての利用, 第38回全国都市清掃研究・事例発表会講演論文集, pp.318-320 (2017).





analysis 法 (MemCalk; 諏訪トラフト社、日本) を用いて心拍変動解析を行った。総領域成分 (total frequency; TF, 0.0001-0.5Hz) を周波数によって4分割し、高周波数成分 (high frequency; HF, 0.15-0.4Hz)、低周波成分 (low frequency; LF, 0.04-0.15Hz)、超低周波数成分 (very low frequency; VLF, 0.003-0.04Hz および ultra low frequency; ULF, 0.0001-0.003Hz) を求めた。さらに我々は詳細な解析を行うべく、ULF を ULF-1 (0.0001-0.0003Hz) および ULF-2 (0.0003-0.003Hz) に分けた。これらの周波数成分をそれぞれ TF に対する割合として算出し、LF/HF を交感神経活動の指標として用いた。また、患者の自己申告による睡眠時間、すなわち入眠から起床時刻までを3等分して睡眠早期、睡眠中期、睡眠後期とし、各段階における HRV 周波数成分値、および睡眠中の経時的変化として評価を行った。なお、睡眠薬を服用している患者については、心電図モニタリングを行う夜は服用を中止するよう指導した。

#### 統計解析

周波数成分は、平均値±標準偏差で表した。年齢、BMI および睡眠時間の比較にはウィルコクソン検定を用いた。また、糖尿病および高血圧治療薬の服用人数の比較には $\chi^2$ 乗検定を用いた。周波数成分の比較にはウィルコクソン検定を用いて比較を行い、有意差が得られた項目について、ROC 解析を用いてカットオフ値 (cut-off value)、感度 (sensitivity; Se)、特異度 (specificity; Sp) および曲線下面積 (area under curve; AUC) を算出した。また、睡眠時における HRV 周波数成分の比較には、two-way ANOVA およびウィルコクソン検定を用いた。統計解析は全て、JMP (Ver. 11, SAS Institute Japan Ltd.) を用いて行い、 $p < 0.05$  を有意差ありとした。

### 【研究結果】

#### 患者背景

163名のうち除外症例を除き、最終的に54名を対象とした。対象患者に処方された漢方薬を表1に示す。対象患者を柴胡剤有効群 (27名)、柴胡剤無効群 (27名) の2群に分けて解析を行った。柴胡剤有効群は無効群に比べ、睡眠時間が有意に長く (柴胡剤有効群:  $463.5 \pm 83.9$ 、柴胡剤無効群:  $407.4 \pm 60.3$

分)、服用期間および柴胡剤服用量には差が見られなかった。

#### HRV 成分比較

女性における HRV 分析パラメータを表1に示す。有効群は無効群に対して ULF-1/TF が有意に低かった (柴胡剤有効群:  $0.21 \pm 0.07$ 、柴胡剤無効群:  $0.27 \pm 0.08$ )。また、VLF/TF は有効群において有意に高かった (柴胡剤有効群:  $0.35 \pm 0.05$ 、柴胡剤無効群:  $0.30 \pm 0.08$ )。また、ROC 曲線により得られたカットオフ値は、ULF-1/TF 0.24 (Se: 78%, Sp: 56%, AUC: 0.71)、VLF/TF 0.35 (Se: 63%, Sp: 78%, AUC: 0.71) であった。

#### 睡眠時の HRV 成分変化

睡眠時における VLF/TF の経時的変化を解析した。早期では両群に差はみられず、中期および後期にかけて有効群は無効群に比べ高くなった ( $p = 0.030$ , two-way ANOVA)。また後期においては、有効群の値が有意に高く、有効群は  $0.35 \pm 0.07$ 、無効群は  $0.30 \pm 0.08$  であった ( $p = 0.040$ , Wilcoxon rank sum test)。

表1. Comparison of Heart Rate Variability

	Effective group n=27	Ineffective group n=27	p
TF (ms <sup>2</sup> )	5406.0±2829.2	5676.7±3107.3	0.678
HF (ms <sup>2</sup> )	461.1±507.4	317.6±308.2	0.457
LF (ms <sup>2</sup> )	463.0±330.0	382.6±263.4	0.447
ULF (ms <sup>2</sup> )	2647.7±1375.7	3198.0±17630.5	0.246
ULF-1 (ms <sup>2</sup> )	1116.7±662.7	1604.0±1099.1	0.115
ULF-2 (ms <sup>2</sup> )	1531.1±849.0	1600.1±782.2	0.604
VLF (ms <sup>2</sup> )	1869.8±1073.3	1766.2±1227.3	0.795
LF/HF	1.49±1.17	1.51±0.66	0.261
ULF/TF	0.50±0.11	0.57±0.11	0.055
ULF-1/TF	0.21±0.07	0.27±0.09	0.006
ULF-2/TF	0.29±0.10	0.30±0.08	0.691
VLF/TF	0.35±0.05	0.30±0.08	0.009
LF/TF	0.09±0.04	0.07±0.03	0.233
HF/TF	0.07±0.04	0.05±0.04	0.074

mean±SD, Wilcoxon rank sum test.

ULF, 0.0001-0.003Hz; ULF-1, 0.0001-0.0003Hz; ULF-2, 0.003-0.003Hz; VLF, 0.003-0.04Hz; LF, 0.04-0.15Hz; HF, 0.15-0.4Hz. HF, high frequency; LF, low frequency; TF, total frequency; ULF, ultra low frequency; VLF, very low frequency.

(Research & Reviews: Pharmacy and Pharmaceutical Sciences, 2016)

## 【考察】

本研究結果は、柴胡剤の効果予測の指標として ULF-1/TF および VLF/TF が有用であること、そして VLF/TF はストレス状態と関連があることを示唆した初めての論文である。

自律神経失調と考えられる患者において、より客観的な効果予測の指標を探索することを目的として、HRV 解析を用いた自律神経機能の評価を行った。

柴胡剤有効群は有意に ULF-1/TF が低かった。我々は以前、漢方医学的な概念の1つである「陰陽」と HRV の関連についての検討を行った。陽証方剤が有効であった患者と陰証方剤が有効であった患者の、初診時における HRV 成分値を比較し、陰証方剤の有効患者は有意に ULF-1 が高いことを明らかにした。柴胡剤は神経過敏や炎症反応のある陽証患者に処方される方剤である。従って今回の検討で柴胡剤有効群の ULF-1 が低かったことは、以前の我々の知見と一致する結果である。さらに本研究での柴胡剤無効群は、陰証方剤が有効である症例が多かった可能性が示唆される。

また、有効群は有意に VLF/TF が高いという結果が得られた。VLF は、主に交感神経活動および一部副交感神経活動により影響を受け、自律神経機能の予測としては、LF や HF と同等かそれ以上のマーカーであると言われている。安静時における VLF の増加はすなわち交感神経活動の増加を意味し、身体活動やストレス反応と関係があると考えられている。したがって柴胡剤有効群の患者では、無効群に比べてより強いストレスを感じており、自律神経バランスが乱れた状態であったと示唆される。また、VLF/TP (total power) がうつ様症状の予測因子になることが、Blood らによって報告されている。今回の結果から、有効群はストレス反応同様、うつ様症状が強かったことが考えられる。さらに、イライラや緊張に対する柴胡剤の有効性はすでに多くの報告があることから、本研究結果は、VLF/TF がうつ様症状のみならず、ストレス性疾患の指標にもなりうる可能性を示している。

## 参考文献

- 1) Ashour M. L et al, Genus bupleurum: a review of its phytochemistry, pharmacology and modes of action, J Pharm Pharmacol., 2011, 63, 305-321.
- 2) Endo M., et al, Suppression of murine colitis by Kampo medicines, with special reference to the efficacy of saireito, J Trad Med., 2009, 26, 110-121.
- 3) Blood J. D. et al, The variable heart: High frequency and very low frequency correlates of depressive symptoms in children and adolescents, J Affect Disord., 2015, 186, 119-126.





大学病院臨床研究支援センターのスタッフである。実習の十分な時間を確保するため毎年度最大6名を募集している。募集規定を表1に示す。なお、応募多数の時は、ライフ・イノベーション医学研究所にて研究歴の浅い方などの選考基準を設けて、審査を行う。

過去3年間の研究課題別実習に参加された18名の概略を表2に示す。研究計画の設定、研究結果の統計解析およびその解釈までを主な教育実習としており、結果が当初の研究目的を達成できない場合もあるが、参加者には研究のあり方を学び、また、今後の研究へ参考となり得ると考えている。

表1 研究課題別実習の応募規定

1	新たな臨床研究を始めようとする者で、福岡大学に所属している。
2	当該研究の実施機関は、福岡大学に属する機関、または、多施設共同研究の場合は福岡大学が主幹機関である。
3	研究者自身が本プログラムの参加を希望しており、かつ、当該研究の発表論文の筆頭著者の予定である。
4	当該研究責任者および当該研究指導者が福岡大学に所属しており、本プログラムへの参加を了承している。
5	研究者は、教育プログラムおよび実習プログラムを履修することができる状況（実習を受ける時間を有する）にある。

表2 研究課題別実習の実施業況

		2014年度	2015年度	2016年度
所属	医学部・病院（医師）	4	5	2
	薬学部			1
	医科系大学院	2		3
	医科系以外大学院		1	
成果	論文発表	3	1	
	学位取得	2		

## 【提言】

ライフ・イノベーション医学研究所の使命の1つに研究者の教育・養成を掲げている。大学の使命として多くの研究成果を世に出すことが求められる中で、基礎研究に加えて、人を対象とする医学系研究は、EBM（evidence-based medicine）の構築において重要なステップである。そこには研究の科学性および倫理性の確保は必須であり、文部科学省事業を介

して、本事業に参加していただいた研究者には生物統計や倫理面でサポートできたと考えている。

今回の文部科学省事業は5年（2018年3月まで）で打ち切りとなる。研究費を獲得して、系統的かつ持続的に研究を実施できる研究者は限られており、それ以外の多数の研究者は限られた予算と時間の中で研究を行っており、福岡大学医に関する倫理委員会への審査依頼は、年間200件を超える状況である。これらの研究の多くは、特許を生むような研究ではなく、学内研究支援の予算も獲得できないが、現状の問題点を解決するのに重要な研究であり、また、次なる特許に関わる知見を生み出す研究である。これらの研究者は、旺盛な研究心を持っており、大学としてそのような研究を生物統計や研究倫理面でサポートができる体制の構築と継続は必要と考える。







流すことは不可能な状態になっており、早急に流域内での流出抑制施設の建設が望まれている状態でした。この七隈地区で発生した都市型水害による被害を軽減していくためには、七隈川流域で上流に位置し10%もの面積を占める福岡大学での流出抑制が非常に大きな役割を果たすことが期待されていました。そこで、仮設人工芝サッカー場を建設するにあたって、福岡大学と福岡市およびクリヤマ株式会社・シーマコンサルタント等の産学官連携の取り組みとして、実証実験を行うことを前提とした整備がなされました。この仮設人工芝サッカー場が建設されたことで、トース土に関する研究は大きな進歩を遂げるとともに、本学サッカー場における観測データから雨水流出抑制性能と周辺熱環境改善効果が実証され、その成果は全国各地に広まっており、同じ工法を採用したJFAによるピッチ公認検査に合格したグラウンドは既に三か所誕生している。また、仮設人工芝サッカー場建設当時は、トース土工法と言われる単に福岡の一企業が開発した工法であったが、それ以降の流域内での都市型水害を抑制するための雨水流出抑制への期待から、図1に示すように社会資本整備に伴って街を整備する際に可能な箇所で雨水浸透を実施することが望まれている。



図1 今後の雨水流出抑制を達成可能な社会資本

このような雨水流出抑制への社会的期待の高まりから、従来、トース土工法と呼ばれていた工法が、2017年度に国土交通大臣認可国官技第236号として新たに保水性と透水性を兼ね備えた「ATTAC工法®」（研究団体組織「ATTAC」= (All Japan Thosu Technical Association in Civil Engineering)）という呼び名に変更され、全国的に広がって流れが出来上がりつつある。本研究所もこれまでの研究成果を更に進めて行きながら、「ATTAC工法®」に関する技術開発を行っていく予定である。



写真3 七隈川流域浸水被害状況

## 機能・構造マテリアル研究所 2016年度レポート

機能・構造マテリアル研究所長 八尾 滋

機能・構造マテリアル研究所は、2016年度に発足した、多分一番新しい産学官連携研究機関です。本稿ではこの1年間の活動を振り返るとともに、今後の課題などを述べてみたいと思います。

本研究所は、プラスチックのマテリアルリサイクルの推進と、図1に示すような側鎖結晶性ブロック共重合体が示す、結晶化超分子間力に関する基礎および産業と連携した開発研究を効率的に実施するために設立が認可されました。プラスチックマテリアルリサイクルに関する研究は、2017年度に新たに環境省の委託テーマに選ばれましたので、今回は後者の研究テーマに関して、紹介したいと思います。

側鎖結晶性ブロック共重合体が示す結晶化超分子間力とは、これまで接着性が全くないとされていたポリエチレン表面と、側鎖に長鎖アルカン鎖を持つ高分子が、互いに擬結晶を形成することにより強い吸着力を示す現象のことで、八尾研究室により見いだされました。この現象が、ヤモリが壁を登れる自

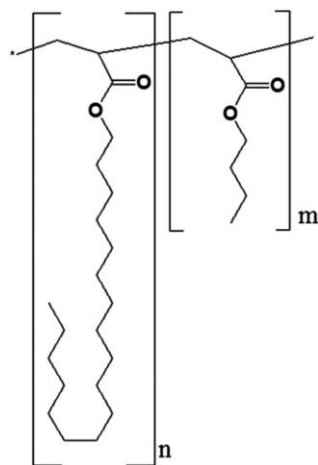


図1 典型的な側鎖結晶性ブロック共重合体の化学構造

然現象と似ているところから、研究紹介では図2のヤモリの写真を良く用いています。

前述したポリエチレンは最も安価でかつ最も利用されているプラスチックで、レジ袋のような汎用品から、リチウム電池のような高機能製品まで幅広く用いられている材料です。しかしながら一方で、強固な結晶構造を保有しているために、接着性の付与などの改質が困難なプラスチックの代表的な存在でもありました。反面、上述した側鎖結晶性の高分子に親水性などの機能性を持つ高分子を繋げた側鎖結晶性ブロック共重合体は、ポリエチレンの表面に任意の機能の置換基を持つ高分子を図3のようにブラシのように生やせることが見出されました。この原理を利用することで、これまで改質不可能とされてきたポリエチレンを多種多様な高機能素材に変えることができます。さらに最近ではポリエチレンよりももっと改質が困難とされるポリテトラフルオロエチレン（フライパンの上にコートしてある物質）に対しても、同じような吸着原理で改質が可能である高分子の創製にも成功しています。

現在この技術は多くの企業から注目されており、また大学・研究機関との共同研究も盛んに行われています。昨年度本技術に興味を持って研究室にいられた企業の方は約20社あり、またこれまでに加えて新たに複数の企業との受託研究などに発展することができました。大学との共同研究では、福岡大学の

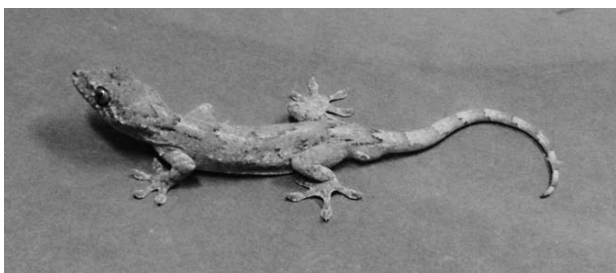


図2 福岡大学構内で遭遇したヤモリ

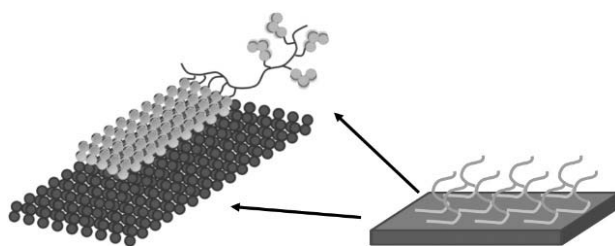


図3 ポリエチレン上に吸着した側鎖結晶性ブロック共重合体のモデル図

薬学部をはじめとして、九州大学、滋賀医科大学、東京工業大学と共同研究を実施しています。

これらの研究活動を一番支えてくれたのは、本テーマに真摯に取り組んでくれた院生あるいは卒論生の諸君で、感謝の言葉もありません。トピックスとしては、2016年11月6日～9日にオーストラリアのメルボルンで開催された高分子の成形と加工・機能化に関する国際会議である Asian Workshop on Polymer Processing において、大学院生1年生（当時）の三保優雅さんが“POLYETHYLENE MODIFICATION EFFECT OF THE SIDE CHAIN CRYSTALLINE BLOCK COPOLYMER WITH HAVING THE DI (ETHYLENE GLYCOL) ETHYL ETHER ACRYLATE IN THE FUNCTIONAL SITE” という題目でのポスター発表で、Best Student Poster Prize を受賞したことがあげられます（図4参照）。この国際会議は、開催地が日本ではなく、いわゆるアウェイであり、なおかつ日本の著名な国立大学の学生も参加した中での受賞であり、その意義は非常に高いと思います。副賞もついていたので、彼女自身も栄誉とともにメルボルンの街をエンジョイもできたのではないかと考えています。

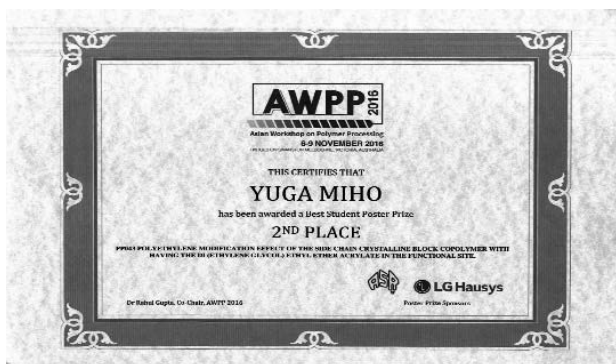


図4 AWPP ポスター賞の賞状

また昨年度は本研究所の予算で初めてポスドクにも来てもらいましたが、その精力的な仕事ぶりには本当に感心しており、またこの制度の有用性を十分に生かすことができたと感じています。

しかしながら、このように真摯に研究に取り組んでくれている院生やポスドクを見ていると、これまで気が付かなかった、改善の考慮が必要ではないかと思われる福岡大学の制度に対しても、思いを馳

せてしまいました。その中でも喫緊に解決が必要ではないかという課題が、博士後期課程の大学院生の名前が Researchmap に掲載できないことです。

皆さんもご存知のように、Researchmap では日本中の研究者の実績を閲覧することができます。福岡大学ではFU ポータルの研究者情報に論文などを入力した際に、学内発表者に名前を入力し、一番下の欄にある「Researchmap への提供」の項目で提供にチェックを行うことで、自動的に Researchmap に情報が伝達するようになっています。この学内発表者の欄ですが、東京大学をはじめとする多くの他大学では博士後期課程の大学院生も登録できるようになっています。これは博士後期課程を修了し、就職口を探すときに非常に有利になるもので、福岡大学でも早々に博士後期課程の大学院生も学内発表者に登録できるようにしていただきたいと思っています。

その他にもポスドクの呼称を、例えば特任助教などに変更することで、多くの人がキャリアとして応募を考慮してくれる確率が増える、あるいは定着率が上がるなどの効果があるのではないかと考えています。

研究環境を取り巻く社会情勢は刻々と変化していきます。よく言われることですが、社会情勢により求められる技術は変化します。しかし一方で、技術により社会情勢も変化します。できれば変化に追いつくだけでなく、逆に変化を呼び起こすような研究を実施できるよう、今後もスタッフ・ポスドクおよび院生・卒論生たちの実力をいかに発揮してもらえよう、指導ならびに環境づくりに努めていきたいと考えています。

