

水飼陽斗 慶應義塾大学理工学部機械工学科 3 年

ジョージア工科大学 Abramson Lab (PI: Alex Abramson, Mentor: Jihoon Park)

## 1. ジョージア工科大学での研究活動

私は、School of Chemical and Biomolecular Engineering の Alex Abramson 先生のラボで、心筋梗塞治療用のドラッグデリバリーデバイスの研究に取り組みました。

心筋梗塞は、心臓の表面にある冠動脈がアテローム性プラークの形成などによって閉塞し、心筋への血液が途絶えることで、酸素不足となった心筋が壊死してしまう疾患です。心筋梗塞の現状は非常に深刻で、心筋梗塞を含む虚血性心疾患による死亡者数は世界で年間約 900 万人にのぼり<sup>1</sup>、死因として最も多い疾患となっています<sup>2</sup>。そのため、有効な治療法の開発が急務となっています。

心筋梗塞の治療薬として、Vascular Endothelial Growth Factor (VEGF)が知られています。VEGF は受容体に結合することで新たな血管の生成を促進するため、心筋梗塞発症直後の心筋に注射し、損傷組織全体に行き渡らせることで、新生血管を介して血液が供給され、心筋の再生が促されると考えられています。過去には、心筋梗塞マウスの心筋に VEGF を注射して心機能が改善したという報告もされています<sup>3</sup>。しかしながら、ヒトを対象とした臨床試験はいまだに成功していません<sup>4</sup>。この理由について我々研究チームでは、VEGF が高分子であるため、10-15 mm ほどの厚さがあるヒトの心筋（マウスは 1-2 mm）で十分拡散できていないことが原因なのではないかと考えました。実際に、心筋の厚さがヒトに類似するブタの心臓に薬剤を注射したところ、心筋の厚さ全体の約 30%までしか薬の拡散は認められませんでした。

そこで、VEGF の拡散範囲を広げるため、COMSOL を用いてシミュレーションをし、注射条件の最適化を行いました。具体的には、針および組織のモデルを作成し、針穴の数や位置、形状、そして注射液の体積流量などを変化させ、広範囲に均一に液体を注射できる条件を明らかにしました。その結果に基づき、レーザーカッティングマシンを用いて針を加工し、シリンジポンプを使用して、ブタの心臓に薬剤を ex vivo で注射しました。

薬剤の分布を解析した結果、心筋の厚さに対する薬剤分布域の割合を増加させることに成功し、通常条件下と比較して約 3 倍広い範囲まで薬剤を拡散させることができました。本研究は、心筋梗塞治療の新たな展開に寄与するものであり、今回作成した針およびその作成プロセスは、他の臓器疾患治療にも応用可能であると考えられます。

## 2. 研究活動における日米の違い

学部生でも研究に取り組める制度が整っていたことが印象に残りました。学部生は3年生以下でも研究に参加することができ、研究をすることで単位がもらえる仕組みになっているそうです。私がいたラボでは博士課程の学生は1人当たり学部生を2、3人持っており、学部生と一緒に研究を進めていました。日本では馴染みのない制度でしたが、早い段階から研究というものが身近にあって実際に研究に取り組める環境は素晴らしく、日本でもこのような制度が一般的になると研究に興味を持つ人が増えて良いのではないかと思います。

また、これは私がいたラボ特有のことかもしれませんが、学生が医学、生物学、化学、工学といった色々な分野に精通していたことも印象に残りました。所属したラボは学際的な研究を行っており、多様なバックグラウンドを持った学生が集まっていて、そのような学生が互いに交流することで様々な分野についての知見を深めているように感じました。多様な分野に精通し、研究のアイデアに関する多くの引き出しを持っていることで、問題が起きた時に解決策を考え出すことができたり、起きた現象の面白さに気付くことができたりもししていました。私も今回の研究では、上で述べたシミュレーションや金属加工のみならず、ELISA、免疫染色、CAD、CTなど多様な実験を行うことができ、多角的に考える楽しさを学ぶことができました。日本はアメリカと比べて分野間の壁があるように感じているため、学問領域を超えた共同研究がより盛んになると良いなと感じました。

## 3. 米国の文化・生活面での発見・苦労等

食事がとても合っていました。中国、インド、モンゴルなど色々な国のお店がありどれも美味しかったのですが、特にアメリカンフードが好きで、行くべきアメリカンフードのお店のリストをラボの人と作って一緒に食べに行ったりしていました。

一方で、買い物をしようと思うとなんでも量が多かったり、距離や治安の関係などから車がないと行けないところも多く、近くにコンビニがあったらなあと思うことは最初の頃よくありました。

また、様々な宗教的背景を持つ学生がいることから、ラボの学生と食事に行く際には、宗教上の理由から食べられない食材に配慮することが必要な場合も少なくありませんでした。現地の学生は、そのような状況をととても自然に受け入れ、柔軟に対応していたことがとても印象に残りました。

#### 4. 本プログラムに参加の成果・意義

本プログラムを通じて、海外で研究活動に取り組むという貴重な経験を得ることができました。異なる研究環境の中で多様な価値観や研究手法に触れたことで、自身の研究に対する視野が大きく広がりました。また、自身の持っている知識や経験を活かして研究を深めることができたこと、そして行った研究内容を発表したことなどは、とても楽しく、素晴らしい経験になりました。これらを通して、海外で研究することがより身近なものとなり、今後の方向性をより明確にすることができました。更には、自ら積極的に行動することの重要性についても強く実感することができました。海外の研究環境では常に色々なチャンスが身の回りにあり、それを掴むかは自分次第でした。そのため、私も意識して積極的に行動するようにしていました。例えば、興味ある研究を行っている方に会いに行き話を聞くなどし、人脈を広げることができました。

#### 5. 謝辞

ホストラボの PI である Alex、メンターの Ji、その他全てのラボメンバーに感謝いたします。暖かく受け入れてくださり、常に親切に接していただいたおかげで、楽しく研究に取り組むことができました。加えて、本プログラムを支援していただいた、小川さんをはじめとする中谷財団の皆様、そしてアメリカでの生活をより充実したものにしてくれた JP fellows、US fellows、ならびに Alumni の皆様にも心より感謝申し上げます。

- 
- 1 Yang, L., Zheng, B. & Gong, Y. Global, regional and national burden of ischemic heart disease and its attributable risk factors from 1990 to 2021: a systematic analysis of the Global Burden of Disease study 2021. *BMC Cardiovasc Disord* **25**, 625 (2025). <https://doi.org/10.1186/s12872-025-05022-x>
  - 2 Khan, M. A. *et al.* Global Epidemiology of Ischemic Heart Disease: Results from the Global Burden of Disease Study. *Cureus* **12**, e9349 (2020). <https://doi.org/10.7759/cureus.9349>
  - 3 Su, H. *et al.* Adeno-associated viral vector delivers cardiac-specific and hypoxia-inducible VEGF expression in ischemic mouse hearts. *Proc Natl Acad Sci U S A* **101**, 16280–16285 (2004). <https://doi.org/10.1073/pnas.0407449101>
  - 4 Simón-Yarza, T. *et al.* Vascular endothelial growth factor-delivery systems for cardiac repair: an overview. *Theranostics* **2**, 541–552 (2012). <https://doi.org/10.7150/thno.3682>