

応用医工学研究室

Applied Medical Engineering Laboratory

○ 本間章彦 (東京電機大学)

Akihiko HOMMA, Tokyo Denki University

Abstract: We have been developing artificial hearts and peripheral technologies. Present research works at applied medical engineering laboratory are as follows.

- (1) Development of a pneumatic ventricular assist device and a total artificial heart system
- (2) Development of a pneumatic pressure generation system for the artificial heart
- (3) Development of a flow control system for the artificial heart by means of estimated flow rate
- (4) Development of an endurance test system for the artificial heart
- (5) Development of computer simulation techniques for anatomical fitting study of the artificial heart
- (6) Development of an axial-flow pump for the artificial heart

The process of starting the laboratory and changing research theme are introduced.

Key Words: Ventricular assist device, Total artificial heart system, Endurance test system, Anatomical fitting study, Axial-flow pump

1. はじめに

学生会企画 OS『大学教員の方が研究室を受け持つまで』として、大学教員になるまでどのような過程があったのか、また研究室を持つまでにどのような経緯と気持ちがあったのか、これまでの研究内容も踏まえて紹介する機会をいただきました。私の経験を紹介することで、これから研究や教育職を目指す学生の皆さんの参考になり、少しでもお役に立つことができれば幸いです。

2. 応用医工学研究室

現在、私は応用医工学研究室という研究室を持つ大学教員です。本研究室には人工臓器関連の研究を中心とした、いくつかの研究テーマがあります。空気駆動型補助人工心臓、空気駆動型全人工心臓、それらを駆動するための小型空気圧発生機構の開発、人工心臓の拍出流量推定方法の開発、全人工心臓の左右拍出流量制御方法の開発、人工心臓の耐久性試験装置の開発、人工心臓の解剖学的適合性に関する検討、小型軸流血液ポンプの開発などです。これらは、国立循環器病研究センターの妙中先生、巽先生、住倉先生、大沼先生、東京女子医大の西中先生のご指導をいただいております。また故・舟久保先生(東京電機大学)のご研究である人工肺や ECMO システムに関する研究、さらに野口先生(東京電機大学)を中心に繊維性 scaffold を用いた細胞の3次元培養システム、毛細血管網構築に関する研究、そして荒船先生(東京電機大学)を中心とした各種医療機器、解析評価システムの開発を初めとする様々な研究テーマがあります。また、鳥羽商船高等専門学校の坂牧先生のご指導の下、船舶動揺が乗船者に与える影響に関する研究に関する研究、埼玉医科大学の加藤先生のご指導によるめまい診断支援システムの開発も行っております。これら大学や研究機関以外に企業の協力も受け、研究を実施させていただいております。

3. ME との出会い

私が大学の学部1年生のとき、臓器保存の実験を見学させてもらう機会がありました。取り出された犬の心臓が体外の装置で動いている様子を見た私は、工学でもこんな分野があるのかと衝撃を受けたのを覚えています。今思えば、

私の将来の方向性はこの時に決まったように思います。学部4年生になると私は迷わずその研究室に入りました。それが私の恩師、福井先生(東京電機大学)の研究室でした。4年生の卒業研究として選んだテーマは人間の注視点を眼底写真上に一緒に撮影しようとする研究でした。当時、研究室に所属していた佐久間先生(現・東京大学)に指導をしてもらいましたが、佐久間先生は現在一緒に仕事をさせていただいている荒船先生の恩師にあたる方であり、不思議な縁を感じております。卒業研究では、眼底カメラの光学系に偏光板を加えるという改良を施し、条件を変えてはひたすら眼底写真を撮り続けました。自分も含めて人によって眼底の画像はこんなにも違うのかとびっくりしたのを覚えています。

4. ハチの気持ちになって

その後、進学し、修士論文の研究テーマについて悩んでいると指導教授である福井先生から、「昆虫のハチが何故、正六角形の巣を作ることができるのか工学的な観点から取り組んでみたらどうか」という提案を受けました。その時おろかにも私は「同じ長さの直線を120度ずつ曲げて繋げばいいだけでは」と答えてしまいました。すると福井先生は「それではいかん、ハチがそんなことをしているとは思えない、ハチの気持ちになって作らなくてはならない」と言われ、それが最終的には博士論文の研究テーマにもなりました。当時、ハチの巣作りなど、文献や資料が十分にあるだろうと思っていましたが、ハチの生態に関する論文はあるものの、巣作りの過程を細かく取り上げたものはなかなかありません。論文などよりも、むしろ児童向けの「はちのくらし」のような本に昆虫写真家による巣作りの過程を撮影した写真を見つけることができました。書店でそのような本をまとめ買いすると、当時まだ学生でしたが、「子供さんにですか?」と店員から言われる始末に。また写真だけでは良くわからない部分も多々あり、巣作りの映像がないか、テレビ局などの自然科学映像を取り扱っている部門に問い合わせしてみると、おそらくそのような映像はあるだろうとのこと。ただし、見つかるまでの調査時間に応じた調査料が別途必要であり、見つかった場合でも、映像価格は1秒あたり最低でも数万円以上になるとの回答でした。

映像価格の相場という現実打ちのめされながら、これはもう自分で撮影するしかないという覚悟を決めました。しかしながらハチにもいろいろな種類があります。そこで巣作りの様子を観察しやすく、全国に広く生息し、民家の軒先などに巣を作るアシナガバチを観察対象に選びました。幸い、田舎にキャンパスがある当大学は周辺に観察ポイントが多数あります。ビデオカメラを手に、民家の軒先を覗きながらハチの巣を探していると不審者に間違われることもありましたが、中にはお茶を出してくれる家もあり撮影に協力してもらったこともあります。ただし巣作りの最初の過程を見られるのは春先の4~5月に限られ、一年に一度しか観察のチャンスがありません。簡単に一年を棒に振り、自然界での撮影の難しさを痛感した私は、ある文献を参考にハチを飼育して観察することを思いつきます。しかしながら文献のとおり捕まえてきた女王蜂は飼育箱のなかではまったく巣作りをしてくれず、それどころか幼虫の餌となる青虫などを毎日捕まえて行かなくてはなりません。青虫などを採りに畑を覗きこんでいると、今度は野菜泥棒と間違われ、自分は果たして工学系の学生なのかと自問自答する毎日を送っていました。なかなか文献通りにはいかないので自分なりに新しいアイデアを考え、青虫は自分で取ってきてもらう半開放型の屋外観察箱をキャンパスの片隅に作り、巣作りの初期の女王バチを巣ごと移植する方法で、ようやく巣作りの様子を撮影することに成功しました。映像を分析することで、自分の体を物差し代わりに、左右の触覚から得られる情報を比較しながら積層により六角形の部屋を作る方法が分かりました。触覚センサとロボットアーム、樹脂のディスペンサを組み合わせて、巣作りのルールを学習する巣作りロボットを作りましたが、今思うと、近年、話題となっている3Dプリンタと同じようなことをハチは既に自然界でやっていたこととなります。ようやく福井先生に報告できる映像の撮影と巣作りロボットの報告ができましたが、今度は「アシナガバチ以外にもいろいろな種類のハチがいるが、他のハチも同じような方法で巣を作っているのか？」という指摘を受けました。そこで、長野県で有名なハチおじさんを頼ってスズメバチの巣作りを撮影に行きましたが、良い映像が撮影できないばかりか、頭を刺されてあえなく撤退することに。ミツバチの巣作りについては養蜂業者から巣箱を分けてもらいキャンパスの裏で飼いはじめましたが、巣箱がスズメバチに襲われ一週間で全滅することになってしまいました。スズメバチとミツバチの気持ちにはまだなれておりません。

5. 人工心臓の研究に

大学院を修了後、所属する福井研究室で行っていた人工心臓関連の研究テーマにも関わりながら、大学の助手を2年半ほど勤めました。その後、面接官からは「うちではハチの研究はできませんが」と言われながらも、国立循環器病研究センター研究所、人工臓器部でなんとか雇っていただけることになりました。当時、研究室の先輩でもある増澤先生(現・茨城大学)が同研究所で全人工心臓のプロジェクトに携わっており、それを引き継ぐような形となりました。同センターでは、同じ敷地内に人工心臓を装着しながら心臓移植を待っている患者さんがおり、臨床を間近に感じながら研究開発を行うという貴重な経験をさせていただきました。人工心臓の開発において模擬循環回路で性能評価などを行いますが、最終的には牛やヤギを使った動物実験で評価しなくてはなりません。特に全人工心臓装着手術後の動物は、24時間の監視体制が一週間ぐらい続くこと

になります。血行動態や生化学検査などをしながら動物の状態に常に気を配り、その目で寝泊まりしながら、人工心臓の駆動状態と生体へ与える影響について評価を行う毎日を過ごしておりました。このときに勉強させていただいたことが現在とても役に立っております。

6. 研究室を持つ

その後、母校である大学で教員募集があり、縁あって戻ることになりました。私が研究室を受け持つことになったのはこのときになります。人工臓器部では一研究員として研究に集中できる環境にありましたが、大学では様々な業務があります。その中で最も大事な仕事は教育ですが、それ以外に大学運営に関する業務として、入試、広報、教学、教育改善、就職、学部や大学院の運営などの委員会、もちろんこれ以外にも様々な仕事があります。また学外においても、先生によっては学会や国の仕事に携わっている方もおられます。これらをこなしながら学部や大学院の学生の研究と論文作成指導、もちろん費用もかかりますので、研究費の申請・獲得をしながら研究室を維持していかなければなりません。研究室を持つということはまるで中小企業の社長さんのような、とても大変なことであるということに、研究室を持ってからあらためて気づきました。

7. 研究室を運営、維持するという事

私は様々な人々との出会いと、機会に恵まれ、多くの人の助けを得ながら、いつのまにか研究室を維持する立場になっていました。研究室を持つまでの経緯や実務的な面について述べてきましたが、実はもっと大事なことがあります。研究室をどう運営、維持していくかということです。それは研究室の備品や研究設備を整えることではありません。もちろんそれらも重要だと思いますが、それ以上に大切なことは、次につながる人材をいかに輩出していくのかということです。私の恩師である福井先生は、「学生の生まれながらにして持っている個人の才能をいかに伸ばすかが大切である」ということを言っております⁽¹⁾。福井研究室からは18名の博士が誕生し、その研究テーマも全て異なる内容となっています。同じ研究をそのまま続けることも大事ですが、過去の研究に捕らわれることなく、それらをぶち壊し、常に新しい分野に挑戦していくことが研究室の発展につながると思います。また、異なるそれぞれの分野において活躍できる新しい人材が育つための、環境や研究テーマを継続的に提供できるかどうか大切なことかと思われれます。スズメバチは外殻に覆われた巣を作りますが、不思議なことに外殻に覆われた形状のまま巣が大きくなっていきます。実は内部の巣の大きさに合わせて常に外殻を作っては壊し、また作ることを繰り返して巣を大きくしていきます。巣を大きくしていくためには一度壊すということが必要不可欠になります。またミツバチは、群れを増やし種族を保存するために、分蜂します。このとき、古い女王蜂は新しい女王蜂に巣を明け渡して、自分が厳しい外界へ出ていくそうです。私自身、まだ研究室の教育研究の基本理念を確立はできてはおりませんが、はたして昆虫のハチでさえ子孫繁栄のために行っていることができるのかどうか、スズメバチとミツバチの気持ちに少しでも近づけることができたのかどうか、まだまだこれからです。

参考文献

- (1) 福井康裕, 明德を明らかにすることをめざして, 人工臓器, vol.42, no.3, pp. 249-253, 2013.