

人工臓器，臨床工学の分野に携わって

帝京平成大学健康メディカル学部教授，順天堂大学特任教授

峰島 三千男

Michio MINESHIMA



筆者は37年間奉職した東京女子医科大学を2020年春に定年退職し，現在，帝京平成大学ならびに順天堂大学にて臨床工学分野の教育・研究に従事している。人工臓器，臨床工学の分野に携わった1研究者としての今までを振り返るとともに，今後の抱負を述べさせていただく。

1. 「人工臓器」との出会い

振り返れば学生時代，「人工腎臓の工学的研究」のバイオニアであられた早稲田大学 酒井清孝先生（現・名誉教授）の研究室に配属されたことが，筆者の針路を大きく決定づけたことになる。学部における卒業研究は燃焼工学という全く異分野のテーマだったが，大学院進学を契機に酒井先生より「人工腎臓の研究」に関わるよう命を受けた。その後，幸いなことに筆者が修士課程在学中に酒井先生が37歳の若さで教授になられたことで，博士課程進学の道が拓けた。この大学院時代に日本人工臓器学会などで発表する機会を幾度か与えていただき，筆者にとっての人工臓器研究，医工学研究の活動が始まったことになる。そのような学会を通じて数多くの医学研究者の先生方とも接触する機会に恵まれ，とりわけ東京女子医科大学の太田和夫先生と阿岸鉄三先生にはいろいろな面でご指導をいただいた。

2. 東京女子医科大学における研究活動

そんなご縁もあり，筆者は1983年に早稲田大学大学院を修了し，工学博士取得と同時に東京女子医科大学腎臓病総合医療センター（以下，腎センター）にご厄介になることになった。ここで臨床に近いpositionでの工学的なアプ

ローチによる研究活動がスタートしたことになる。当時，筆者のようなPh.D.が臨床医学部門に所属することは我が国ではきわめて稀であったが，腎センターにはすでに上智大学大学院理工学研究科出身の早坂勇太郎先生が移植免疫室を担当されていたのには驚きを隠せなかった。人工臓器のみならず腎移植の分野でも，同センターが我が国における時代の先端を走っていたことは間違いなく感じた。

筆者も「工学博士」を引っ提げて意気揚々と東京女子医科大学に入ったつもりだったが，直面した現実は想像を超えるものであった。まず，筆者は透析室の技士室に机を1ついただいた。当時の腎センター透析室は，鈴木利昭先生（現・阿佐谷すずき診療所顧問）を室長に，久保和雄先生ら多数の医師が在籍されており，看護部には足立悦子婦長，大橋信子主任らが働いておられた。そして技士室には江良和雄技士長，山形桂仁，金子岩和，星野敏久班長を中心とした技士がすでに30人近く在籍していた。臨床工学技士法が成立する6年も前のことで，彼らは無資格のスタッフとして働いていたことになる。その事実は，透析業務にテクニシャンが必要なことを太田先生が当初から痛感し，またそれを実践されていたことにもなる。これも同センターが時代の最先端を走っていた1つの証といえよう。とにかく，この時代の腎センターは外科も内科も関係なく，医師も看護師も技士も筆者も，皆同じ方向を向いて仕事をしていたことを記憶しており，振り返ってみても実に楽しく充実した日々を送っていた気がする。

入職直後の筆者の指導係は江良技士長となったわけだが，30人の技士の部屋に工学博士が1人入ってきたわけで，恐らくどう扱ってよいか困惑されたのではないかと想像する。最初は透析室の中で技士の見習いのような仕事をした記憶もあるが，やがてスタッフに筆者の立場を少しずつ理解していただけるようになり，本来の研究活動を進め

■ 著者連絡先

帝京平成大学健康メディカル学部医療科学科
（〒170-8445 東京都豊島区東池袋2-51-4）
E-mail. m.mineshima@thu.ac.jp

ることができた。

もともと血液浄化などの人工臓器の研究は「医学と工学の学際領域の分野」といわれて久しい。具体的には、医学サイドから発信されるニーズに対して工学技術に基づいてデバイスやシステムを考案し、企業化してそれを臨床応用していくケースが多い。まさに医工連携が重要である。

現実的な研究活動を進めるにあたって筆者がまず感じたのは、医学研究と工学研究の目指すところが異なる点であった。医学研究は、臨床応用を最終目的としその根本は患者の利益に根ざしているが、工学研究は現象の解明、真理の追求が重要であり、具体的には新技術の創出などを目的とすることが多い。前者には時として研究のオリジナリティの所在がしばしば曖昧になることがあり、一方後者には学問的意義はあっても臨床的にはほとんど無意味なことも少なくない。そのような背景の下、筆者の専門である工学的知識・スキルを臨床医学に応用させるまでの研究を進めるには、医師などの医療スタッフが何を考え、何を求めているかを知り、互いの立場を理解し合える環境を構築することが重要と考えていた。

臨床部門における医工学的研究活動を進める上で、具体的にはいくつかの問題点に遭遇した。まず、自分のアイデンティティを他の医学研究者、医療従事者に認めてもらう必要がある。次に重要なのが、実験・研究する場所を確保することで、臨床部門では元来研究に割くスペースが少ないため時間をかけて自分のテリトリーを確保していく必要があった。筆者は透析患者の待合室の隅で実験をしたこともあった。また、研究費の獲得も重要であり、収益性のない研究活動を周囲の人に認めてもらうには自分で研究費を集めてくるしかないと考えていた。科学研究費助成事業(科研費)などの競争的資金の取得は、たんに金額だけではなく自分のアイデンティティを高めるために重要な意義を持っていた。

研究にはマンパワーも必要である。筆者の場合、恩師の酒井先生のご配慮により出身大学の学生(工学部)を派遣してもらうか、周囲にいる若手の医師や臨床工学技士を巻き込んで研究を進めるしか手段はなかった。個人差はあるが工学部学生の場合、一般に時間が十分取れ、研究手法をきちんと身につけている学生はきわめて魅力的な存在となりえたが、欠点はやがて卒業してしまうことである。一方、医療従事者を共同研究者とした場合、研究活動を業務の合間に行わなければならないものの、長期間にわたって共同研究できるという利点もあった。研究成果がまとまったときに、誰がどこで発表し、どこに投稿するかもしばしば問題になった。また、筆者の場合は医学系学会、工学系学会

の双方でアピールする必要があるが、どちらか一方では不十分だったと当時は考えていた。

しかし筆者の場合、幸いこれらの懸念は研究活動が活発になるにつれ次第に解消されていった。また、共同研究を遂行する上で自分の武器を見失わないことが重要であり、臨床部門における医工学研究者が医師や技士のまねごとをしては本末転倒であると今でも思っている。

周囲の人との考え方や言葉の違いなどに苦勞したことはあったが、概念創出から臨床応用まで完結させる喜びを得ることもできた。今振り返れば、他分野で利用されていた技術をたんに応用しただけだが、いくつかの技術は周囲の医師、看護師、臨床工学技士、企業の協力もあって臨床応用に成功し、それなりの治療効果を得た喜びは筆舌に尽くせないものであった。

3. 臨床工学技士の誕生

筆者の周りにいた無資格の技士たちにもやがてチャンスが回ってきた。1988年に臨床工学技士法が成立し、5年間の経過措置もあって、ほぼ全員の技士が有資格者となった。太田先生はこの法律の成立にも長年尽力されており、その証しとして第1回「臨床工学技士国家試験」の試験委員長を務めておられた。これにより、技士たちの社会的地位は格段に向上し、名実ともに医療スタッフの一員となった。なお、太田先生は臓器移植法の成立にも先頭に立って指揮を取られ、現在の腎代替療法の礎の一端を築かれたといっても過言ではない。

臨床工学技士法が成立した時点での養成学校の数はわずか8校しかなかったが、現在では大学と専門学校を合わせ80校近い数に上る。学校が増えるということはそれだけ医療におけるニーズがある証拠であり、とりわけ慢性腎不全患者数の増加と2007年の第5次医療法改正に伴う医療機器の保守管理の医療機関への義務化が、臨床工学技士のニーズを下支えしたと考えられる。現在、中国などの透析発展途上国で爆発的に患者数は増えているが、我が国の透析医療との決定的な差は技士がいないことだと個人的には感じている。そのぐらい臨床工学技士の法制定は先見の明をもってできたものであり、諸外国にはない類まれな国家資格といえる。

1998年頃の東京女子医科大学病院臨床工学技士は救命救急センター、麻酔科器材室、人工心肺室、心臓カテーテル室、透析室などに分かれて仕事をしていた。技士たちはお互いに顔を見たことがある程度で交流はゼロに近く、まさに部署ごとのスペシャリスト技士の集団という状態であった。臨床工学技士のその後の組織となる「臨床工学部」

の設立に向け技士たちとともに筆者も早速活動を開始したが、それぞれの技士たちは関連診療科に属していたこともあり、反発は想像を超えるものがあつた。関連診療科への趣旨説明、技士間の交流の増進など時間をかけて進める一方、病院に対しては医療機器の中央管理によって機器の効率的な運用と性能維持、機器の安全性向上、機器停止期間(down time)の短縮、経済的効果(修理費、遺失収益費の削減)の向上が見込まれることを丁寧に説明した。こうした努力の結果、2004年ようやく臨床工学部の設立を認めていただいた。同年、部と密に連携し、技士に対して教育・指導する診療科として「臨床工学科」が創設され、筆者は臨床工学科の初代教授、臨床工学部の運営部長を仰せつかり、2020年に退職するまで務めさせていただいた。この新しい診療支援部門ならびに診療科の設立には、当時腎センターの所長ならびに病院長であられた阿岸先生と東間 紘先生のご尽力がなければ実現しなかったものと思われる。その後の筆者の存在を考えると、両先生にはいくら感謝しても足りない思いを今でも持っている。

臨床工学部の設立に伴い、ジェネラリストの技士である酒井基広技士(現技士長)を外部から採用し、ME機器管理室をすぐさま開設した。具体的にはシリンジポンプ・輸液ポンプ、人工呼吸器などの汎用性の高い医療機器の中央管理を皮切りに、院内医療機器の保守管理を、同室を中心に始めたことになる。その後、院内における臨床工学部の業務は増え続け、今では東京女子医科大学病院に必要不可欠な部署の1つに位置付けられたと自負している。

4. 東京女子医科大学臨床工学科

一方、臨床工学科では早速助手の公募を行い、九州大学大学院で工学博士を取得した崎山亮一先生が2005年に赴任してきた。崎山先生は筆者と同じ医用化学工学分野の研究に従事しておられたが、再生医療に関連する研究にも取り組んでおり、東京女子医科大学・早稲田大学連携先端生命医科学研究所(TWIns)の岡野光夫先生、大和雅之先生、清水達也先生らの指導も受け、共同研究する機会に恵まれた。2010年には、早稲田大学高等研究所におられた山本健一郎工学博士が本学臨床工学科に助教として赴任してきた。酒井研究室出身の筆者の後輩にあたるが、血液浄化機器の性能評価などの研究を行い、とりわけ透析排液中の溶質濃度連続モニターを企業と共同開発された。また、経済産業省の新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)プロジェクトにも参画し、我が国のレベルの高い透析技術の中国における展開事業に貢献していただいた。両先生とも幾多の研究成果を残したのち、現在、崎山先生は大阪工

業大学、山本先生は川崎医療福祉大学の准教授として赴任され、活躍中である。

一方、2017年に、東京女子医科大学腎臓内科出身で血液浄化療法科に所属されていた亀井大悟先生が臨床工学科に移ってこられた。亀井先生は筆者と同門の早稲田大学理工学部応用科学科を卒業後、医師国家資格を取得された方で透析専門医をすでにお持ちだった。2019年からは集中治療科に週3日出向しICUにおける呼吸療法、循環補助のスキルも身に付けてもらい、東京女子医科大学病院における臨床工学技士の指導的な立場に近い将来立てよう研鑽を積んでいただいた。

臨床工学科は我が国の大学医学部で初めて設立された診療科である。医工学的基盤技術の創出から臨床応用までを研究対象とするとともに、日々の患者の状況に応じて院内臨床工学技士を適材適所に配置するなど、新しいタイプの診療体制を構築するための要となる科と認識している。今春筆者が退任後、日本医科大学付属病院外科系集中治療科臨床教授の市場晋吾先生が臨床工学科教授に着任された。臨床工学科ならびに臨床工学部のますますの発展を祈るとともに、最先端の診療体制を東京女子医科大学病院の中で発展させることを切に望んでいる。

5. 今後の展望(臨床工学分野での教育・研究)

東京女子医科大学を定年退職後、筆者は現在帝京平成大学健康メディカル学部医療科学科教授として臨床工学技士を目指す学生の教育に携わっている。東京女子医科大学時代、医学部4年生に対する「人工臓器の種類と原理」、「医療機器の種類と原理」についての講義や大学院先端生命医科学専攻における講義「人工臓器・バイオマテリアル」、実習「体外循環型システム」などを受け持っていたが、帝京平成大学では久しぶりに工学系の基礎科目などを担当している。ただ、新型コロナウイルス感染症(COVID-19)の関係で入所当時からオンライン講義となってしまう、最初は戸惑いもあったが、新しい時代の教育方法についても勉強させていただいている。

実は、帝京平成大学の内定を2019年秋に頂戴した直後に順天堂大学に医療技術系の新しい学部を作る話が舞い込んできた。臨床工学技士と臨床検査技師の2職種養成課程からなる「(仮称)医療科学部」であり、2022年春の開学を目指しているとのことであった。筆者は臨床工学科のまとめ役を仰せつかり、2020年春から順天堂大学医学部特任教授として新学部設立に関わり、2021年春からはこの設立に100%力を注ぐ予定である。

臨床工学技士はすでに現代医療に欠かせない職種の1つ

になったことは前述したが、今後も「医療機器は増えることはあっても減ることはない」ことは容易に予想され、ますますその果たすべき役割は増大していくものと思われる。

しかしながら、臨床工学技士の養成課程をみると、医学系と工学系の科目がおおよそ半分ずつを占めており、やや消化不良の感は否めない。悪くいえばどちらも中途半端である。またそれをきちんと教育できる教官も少なく、例えば、臨床工学技士に必要な物理や工学を適切に教えられる教官がほとんどいない。さらに、欧文論文を読める臨床工学技士も少なく、まして原書論文を英文で投稿できる臨床工学技士もきわめて少ない。

一方、日々の業務を通じて、近い将来どのような技術が必要かを身近に感じ取れる職種も臨床工学技士と思われる。現に、1人の技士のアイデアから創出された新しい治療法・治療技術の発掘もそう多くはないがいくつか存在している。きちんとした教育を受け、臨床に近い立場で研究する能力を身に付ければ、我が国の医工学治療の分野はさらに発展するであろう。最後は“人が重要である”と確信している。

順天堂大学では先に述べた「(仮称)医療科学部」と同じ浦安市日の出キャンパスに、2023年春「(仮称)データサイエンス学部」の開学を目指している。メディカル分野におけるICT (information and communication technology) エンジニアの育成が目的である。患者に装着されたセンサーや治療に使われる医療機器からは膨大なbig dataが休みなく発信されているが、医療の現場にそれらデータはほとんど活用されていない。

この新学部を卒業したエンジニアは医療にどのようなデータがあり、どのように抽出してよいか当初はよく分からないことであろう。一方、医療スタッフ側もこれらのエンジニアに対し適確なニーズを発信する術を知らない。筆者は、医療科学部の教官や同学部を卒業した医工学研究者などが、そのよき仲介役になると考えている。

以上述べた新しいengineeringに焦点を当てた教育・研究を、筆者は今後も精力的に進めていきたいと思っている。

最後に、このような執筆の機会を与えてくださった日本人工臓器学会の関係者に、この場を借りて深謝申し上げる。

本稿の著者には規定されたCOIはない。