

人工心臓の研究

東京大学名誉教授

渥美 和彦

Kazuhiko ATSUMI



1. わが国における人工臓器の歴史

1950年の後半より1960年にかけて、東京大学の木本外科教室において人工臓器の研究が始められて、人工血管、人工心肺、人工腎臓、人工弁などの研究が始まり、人工食道、人工心臓、人工肝臓、人工血管と発展していった。1960年代には、人工臓器研究会が組織され、その後、日本人工臓器学会へと発展した。

私は、1958年頃より、人工心臓の研究を始め、その動物実験の成果を1963年に米国の人工臓器学会 (ASAIO) で発表したが、その後、多くの日本人がASAIOで発表することとなった。

1972年、東京で行われた第2回国際人工臓器シンポジウムが、参加者のコルフ、メリル、能勢、クリニックマン、プレントナーノなどにより、第1回国際会議となり、日本において、国際会議が発進することとなった。その後、ヨーロッパ人工臓器学会 (ESAO) ができて、ISAO, ASAIO, ESAO, そしてJSAOの4つの学会が研究発表の場として競うこととなった。

当初の人工臓器研究会は、次の特色を挙げることができる。

- ①若手の研究者が集まり、研究会を組織していた。役員は、40歳以下というメンバーであった。
- ②産官学の連携が緊密で、具体的な臓器が開発され、臨床に応用された。具体的には、東大 木本誠二教授、北大 三上二郎教授、阪大 曲直部寿夫助教授、名大 彌政洋太郎助教授などをコアとした外科学の医師を中心として、東大工学部 渡辺茂教授、東工大の神原周教授、

高分子学会の荒井溪吉氏、基礎の東大生理学 松田幸次郎教授が集って、学際的研究が行われた。また、東大などでは、特殊ポンプ社、日本マイクロモーター社、アイシン精機、東レ、帝人などの繊維企業、泉工医科工業などの医療機器企業が集って、支援が行われた。

2. 人工心臓の研究

東大 木本外科に入局した私は、心臓外科を専攻したが、人工臓器研究のメッカにおいて、各種の人工臓器が研究開発されるのを目の当たりにみてきた。当時、ASAIOとの連絡は殆どなく、多種の人工臓器は、僅かの文献を頼りにして、独自に研究開発したものが多くといえる。そのような雰囲気の中においても、“人工心臓の研究”を提案した時、その困難性から、賛成してくれる先輩は極めて少なかった。そこで、東大工学部に助手として就任していた石井威望氏を頼り、東大工学部の渡辺茂教授の機械工学の研究室で、人工心臓の研究を行うことができた。1階で人工心臓のデザインを行い、地下で動物実験を行うことになった。渡辺教授に人工心臓の構想を述べたところ、「人工心臓はポンプでなる」「ポンプは定常流が良く、弁もなく、作り易く、能率も良い」と言われた。

私たちは拍動流にこだわった。そこで、血液ポンプを天然ゴムで作し、2つの血液ポンプ(両心室)を水圧で駆動する方式を選び、駆動装置は特殊ポンプ社が開発することとなった。

イヌの自然心臓を除去し、両血液ポンプを胸壁に置く実験をした。なお、完全置換には、人工心肺が必要であった。当時、イヌの人工心肺実験で、生存することは極めて困難であった。

そこで、工夫をこらして、瞬時に肺動脈や両心房に挿入し、大動脈血管は胸部大動脈の側壁に縫合することにした。

■ 著者連絡先

E-mail. atsumi@imj.or.jp

イヌの血液を集めるために、早朝4時頃、犬小屋を訪れて採血した。装置の準備も大変で、実験が始まるのは夕刻近くであった。何回かの失敗の後に、人工心肺で完全置換したイヌが自然呼吸をするのをみて、成功したのを覚えている。

この成功をもとに、体内に内蔵する埋め込み型人工心臓を研究しようということになった。2つのポリエチレンの蛇腹のポンプをカムで圧迫して、心臓流を拍出するもので、動力として小型マイクロデータを使用した。そして、イヌを直腸温20℃という超低体温下で人工心臓による置換を行った。埋め込んだ人工心臓の拍動流により、イヌが自然呼吸を開始した時は感動的であった。7時間位、生存したと記憶している。

以上の人工心臓の研究は、東大 木本外科の友人とともに、“Artificial heart incorporated in the chest”というタイトルで、1963年、米国のボルチモアでのASAIOの会議で、私が報告した²⁾。当時、すでに、ASAIOには、人工心臓のセッションがあり、米国から5題の発表があった(その中に阿久津哲造、能勢之彦、両氏の報告も含まれていた)。司会は、クリーブランドクリニックの人工臓器部門長のWilliam Kolff博士であった。

私は、英語でしゃべったつもりだったが、英語らしい日本語をどなっただけだったらしい。私は、ホッとしたところ、会場から質問があったのである。ニューヨークのKantrowitz博士である。質問は、「ポンプのエネルギー源は如何ほどか」ということらしく、私は「8W」と答えた。

その後、人工心臓のスライドを唯一の武器として、米国の主な研究所を廻った。先ず、ワシントンのNIHに行き、国家計画“人工心臓プロジェクト”を知った。次いで、New YorkのKantrowitz博士を訪れ、ボストンの堀原一氏のアパートに宿泊した。ハーバード大学のMGMで、Merrich博士の腎臓移植を見て、エーテルドールを見学し、感動した。さらに、クリーブランドクリニックのKolff、阿久津博士、デンバーのデンバー大学(アルプス見学)、スタンフォード大学のShumway博士を訪れた。Shumway博士は、心臓移植の研究をしており、将来、心臓置換の分野での協力を誓った。その後、Mexico Cityの心臓研究所を訪問した。米国視察で、一介の日本人医師の講演を一生懸命聞いてくれて、もてなしてくれた米国人の懐の深さに感動を覚えた。

さて、研究に必要なものは、リーダーの意志である。揺らぎない強固な意志がなければ、目的は達せられない。次いで、集まるスタッフの人材である。この2つが研究の基本的要素である。如何に人材が集まっても、十分な研究が

できない。そして、研究費、すなわち設備と消耗品である。とくに、米国の研究施設を見学して、その充実している装置と便利な支援組織が必要と感じた。わが国では、動物の世話から、装置の準備まで、すべて研究員が行うが、米国では、実験助手のシステムが充実していて、研究員は実験に没頭できる。

東大では、この準備期間に10年を必要とした。工作機器室、無菌室、動物小屋、手術室、監視室など、実験を支援する部位に、時間と資金がかかったのである。人材は、全国から秀才が集まったが、彼らは、留学を必要としなかった。東大の研究室の設備が整っており、外国に行く必要がなかったのである。その代わり、実験当初は大変であった。工学出身の井街宏氏が手術を学び、医学出身の藤正巖氏がコンピューターのソフトウェアを開発したのである。人工心臓の装置開発を外注すると、時間がかかる。そこで、研究室内で自製をすることにした。血液ポンプや、機械の部品は、研究室でつくることができた。最も大きな駆動装置や監視装置は企業の製品となることは、言うまでもない。

米国では、実験動物に仔ウシを使用している。そこで、東大農学部で農場で仔ウシを入手し、実験をしたが、手術器具がないので、うまく行かない。そこで、ヒツジで実験を行うことにした。ヒツジは脂肪が多く、麻酔の管理が難しい。また、心房が薄くてもろいので、縫着が難しい。そこでヤギを使用したところ、麻酔も縫着もうまくいったので、その後、東大ではヤギを使用することになった。東大外の施設でもヤギを使用することになり、“人工心臓の実験はヤギ”という事実が定着するようになった。研究者として、嬉しいことである。

3. 人工心臓循環の制御

人工心臓の研究で最も重要なのは、人工循環を如何に制御するかという問題である。指標を何にするか、如何に自動的に制御するか、心臓(循環)生理をひもといたが、必ずしもあてはまらない。

人工心臓では、右心の吸引を強くすれば、いくらでも静脈還流が還ってくる。しかしその量をそのまま送血していると、過剰拍出量になり、動物は死ぬ。心臓の拍出量は少ないと、循環不全で死亡するが、過剰でも良くないのである。

イヌの実験で、静脈圧を指標にして、駆動圧を制御する実験を行ったことがある。これは、“人工心臓のオンラインコントロール”ということで、話題を呼ぶ発表となった。後日、藤正氏が空気圧で駆動制御する装置を開発した。これは、小型で室外に持ち運びができる。そこで、ヤギの左

室補助の実験動物を屋外に連れ出すことができた。

このように、面白いアイデアが生まれ、技術が開発され、動物の生存成績が延長し、1985年には、344日という世界最長生存を記録することができた。研究施設の最も輝かしい時代である。

次から次へと新しい夢が実現し、私も楽しかったが、スタッフも楽しかったと思う。大雨が降り、地下のマンホールから水が溢れて、地下実験室が水浸しになって大騒ぎをしたことがある。

動物が生存し始めると、スタッフ2人(医学と工学)が宿泊し、夜を徹して監視しなければならない。とくに年末、正月、お盆などの時は、その宿泊日の配分が大変である。幸い、スタッフの中で、その折り合いをつけてくれた。感謝する次第である。

米国でも同じ状況になるとのことである。クリーブランドでは、“動物が死ぬか、人間が死ぬか”という表現を使用していた。それ程、人工心臓の実験は過酷なのである。そのため、人工心臓の研究所は限られている。米国では、クリーブランドクリニック、ユタ大学、ハーシー医療センター、テキサス大学などであり、ヨーロッパでは、ベルリン大学とチェコスロバキアのブルノ大学などである。

4. 人工心臓装着動物の移動

埋め込み型で、動力も埋め込むと、動物の移動は可能である。しかし、大型の駆動装置につながれている動物は、移動が難しい。そこで、東京から大阪の医学総会の会場に、トラックに積んで移動することにした。名古屋で休憩中に、駆動管を踏む事故があったが、無事、到着し、会場に集まった人々に人工心臓装着のヤギを披露することができ、PRに大いに役立った。これをASAIOで発表した時、“米国まで連れて来い”というコメントがあった。なお、人間用には、駆動装置を小型化にして、車椅子型の装置を開発することとなった。

5. 人工心臓の障壁

人工心臓の研究には、多くの越えるべき障壁がある。それらの中で最も重要なものは、再血栓性材料の開発である。世界最長生存のヤギの死因も、全身性の血栓による循環障害であった。この難関に対して、多くの材料が開発されてきたが、未だに理想的な抗血栓性材料がない。異物と接触すると血栓ができることは、血管が破れることと同義であり、生物にとって本質的な問題である。つまり、解決が極めて困難だということである。生物はよくできており、これを代行することは至難の業であり、たとえ代行したとし

ても、それは、一時的な“モノマネ”に過ぎないのではないか。

6. 真理を把握するという事

どのような研究でも、その目標の1つとして、“心理を把握する”ということがある。世の中のすべての事業には、“真理”というものがある。先人は、この真理を学ぶために色々の努力を重ねてきたと言われている。私の経験では、“真理”というものは、いつもはヴェールに隠されていて、ある時、突然、現れるのである。これは、予測しながら待っていないと、体験することはできない。絶えず待ち続けて、初めて巡り合えるものである。

7. 今後、私が行いたいこと

私が東大施設教授の時、日本学術会議の会員となり、さらに第7部長となり、米国のNIHを訪れたことがある。その際に、“相補代替医療”，そして“統合医療”というものがあるのを知った。その後、現在まで“統合医療”の推進を進めている。

統合医療とは、近代医療のみならず、東洋と西洋の伝統医療や民間療法などを統合するものであり、次の特色がある。

- ①患者中心の医療
- ②身体のみならず、精神、患者の社会的状況などをとらえ、患者の治療のみならず、疾病の予防や健康を行うもの

である。所属する分野が医療と療法に分かれており、多様な研究者や臨床者が存在し、統合することは決して容易ではない。しかし、世界の医療は、この方向に進むものと考えられる。

東日本大震災の後、世界の医療は大きく変わった。

- ①治療中心の医療から、予防・健康の医療へ
- ②エネルギーを消費する医療からエコ医療へ
- ③自分の健康は自分で守るセルフケアへ

この社会を、「未来健康共生社会」と名付けている。このように、医療需要が変わると、新しい産業が生まれる。これが、新健康産業の創出ということになる。

このような社会を構築するために、未来健康共生社会研究会を立ち上げた。そのために、渥美和彦記念未来健康医療財団を設立した。多くの専門家の意見を聞きつつ、参集された企業とともに、新健康産業を創出し、世界にその情報を発信したいと考えている。

本稿の著者には規定されたCOIはない。

文 献

- 1) Watanabe S, Ishii T, Inou T, et al: Theoretical studies concerning quantitative analysis on the artificial internal organs. *Trans Am Soc Artif Intern Organs* **5**: 113-9, 1959
- 2) Atsumi K, Hori M, Ikeda S, et al: Artificial heart incorporated in the chest. *Trans Am Soc Artif Intern Organs* **9**: 292-8, 1963
- 3) 渥美 和彦：人工内臓. 病気の生化学 第7巻, 「病気の生化学」編集委員会編, 中山書店, 東京, 1966, 118-224
- 4) 渥美 和彦：人工心臓. 現代外科学大系 第25巻, 木本誠二監修, 中山書店, 東京, 1969
- 5) 渥美 和彦：人工臓器. 東京大学出版会, 東京, 1970
- 6) 渥美 和彦, 稲生 綱政：人工臓器. 人工臓器と臓器移植, 共立出版, 東京, 1976, 1-101
- 7) 藤正 巖, 井街 宏, 渥美 和彦：人工心臓. 人工臓器の基礎と臨床, 秀潤社, 東京, 1980, 26-36
- 8) 井街 宏：人工心臓の拍出量制御. 宇都宮敏男編：生体の制御情報システム, 朝倉書房, 東京, 1978, 445-52