



人工弁の創造と心臓外科手術 開発への道

—— 鈴木章夫先生に聞く ①

ゲスト：鈴木章夫先生（東京医科歯科大学前学長）

ホスト：四津良平先生（慶應義塾大学医学部外科教授）

鈴木章夫先生は、1960年、自ら創り上げた世界初の人工三葉弁を用いて大動脈弁置換術を成功させました。続いて、Kay-Suzuki disk 僧帽弁を開発し、また両側内胸動脈を用いた冠動脈バイパス術を行うなど、アメリカを舞台に心臓手術の最先端を行く新しい治療技術を次々と開発されました。2007年には文化功労者として表彰を受け、世界の心臓外科史に大きな足跡を残されています。

2回連載の第1回は、鈴木先生が経験されたアメリカという国の懐の深さ、出会った偉大な恩師たち、そのなかで新しい治療技術を身を砕いて産み出されていったお話など、多彩なエピソードを交えて伺いました。



..... いつの時代も奉仕ができる医師の道を選ぶ 念願のアメリカ留学を手中に

四津 本日は、大動脈弁置換術を始めとするさまざまな心臓外科手術に大きな足跡を残された鈴木章夫先生に、いろいろなお話を伺いたいと思います。

初めに、先生が医学部に進まれた動機、外科を選ばれた理由をお聞かせください。

鈴木 私が旧制中学4年のときに戦争が終わり、世の中がガラリと変わりました。私の父は教育者で、後に静岡県の郷里の町長をしていましたから、GHQの政策である農地解放、公職追放の影響をかなり受けました。若い方はご存じないかもしれませんが、戦前に公職に就いていた、しかも戦争に協力していると見られるような職業に就いていた幹部、例えば戦争当時、教授だった人、大学の幹部であった人などはすべて追放されて、公職に就けなくなりました。農

地解放は、地主を認めずに政府が農地を没収して、小作人に売り渡した政策です。世の中がひっくり返りました。

そのときの経験から、私はどんな時代が来ても人に奉仕でき、しかも自分の仕事ができる医師という職業が一番良いと思いました。戦争のときでも、どんなときでも、医者であれば敵でも味方でも医療に奉仕できます。このような社会的要因が医学の道に進もうと考えた理由のひとつです。

もうひとつは、17歳のとき奥村鶴吉先生の書かれた「野口英世」(岩波書店)を読んで、いたく感激したことです。ふつう伝記というものは美化されて書かれるものですが、この本には、野口英世のいいところも悪いところもすべてが書かれていました。そして、そういう破天荒な人を受け入れてくれるアメリカという国に、非常に興味を持ちました。この本の出会いも、医学へ進んだきっかけのひとつです。

四津 外科を志した理由はありますか。

鈴木 外科は病巣を見て治療することができ、結果がはっきり出るように思ったこと、また、私は絵を描いたり、ものを作ったりすることが好きでしたので、手を動かしてする外科の仕事は自分に向いているような気がしたのです。

四津 先生が野口英世の伝記で興味を抱いたアメリカに留学する前に、東京米国陸軍病院でインターンをされていましたね。当時は戦勝国と敗戦国との人種差別みたいなものがあったのではないですか。

鈴木 一般的にはそういうものはありましたが、われわれインターンにはそれを感じさせませんでした。みんながドクターとして認めてくれました。その病院は、昔の日本帝国海軍病院が接收されてできていて、現在の新橋演舞場から高速道路を挟んで向いの国立がんセンターの辺りにありました。銀座裏でここだけがアメリカ式プログラムでインターンの宿舎は勝鬃橋^{かちどき}の旧海軍経理学校で、非常に魅力的でした。私は大学の医学部時代、硬式庭球部のキャプテンでテニスばかりやっていたので、難しい試験のある日本の一流病院のインターンは大学病院とあまり変わらないと考え敬遠しました。そこで、英語でやる試験ならなんとか食い込めるかと思って受けましたら、大変な応募者があったにもかかわらず、10人の1人に入り採用されました。今までのどの試験の合格よりもうれしかったですね。アメリカ行きをほぼ手にしたようなものでしたから、合格通知の英文を今でもはっきり覚えています。

当時のアメリカの軍医は、日本の軍医のように軍隊に入ってから階級が上がっていくのとは違います。まず全米の大学教授などから、いい人材を選んで連れてくるわけです。そして、大学のポジションに応じて軍医大佐や軍医中佐、軍医大尉となります。ですから、軍といってもすごく民主的です。しかも教養ある人たちで、われわれインターンにも非常に良く接してくれました。医学教育は厳しかったですが、人間的にはおおらかに接してくれました。

四津 アメリカのスケールの大きさを感じますね。

渡米、心臓外科医にやりがいを見出す

四津 そして1957年にアメリカに渡られましたね。

鈴木 ニューヨークのAlbany医科大学に行きました。東京米国陸軍病院での同期10人はみんな、外科か内科に行きたがっていましたが、そこで初めて、先ほど四津先生がおっしゃった人種的な問題が引っかかってくるわけです。いい大学の臨床では、日本人は鼻にもかけてくれません。

私も70大学くらいにアプリケーション・フォームを送ってもらうように依頼しましたが、返事が来たのは10通くらい、そのすべてに応募しました。採用の連絡があったのは2大学、そのひとつは、なんと、あの有名なJohns Hopkins大学外科で、整形外科を専攻するならとの条件付き、もうひとつはAlbany医科大学で、外科のレジデンシーはstraight surgical internから始まる5年ないし6年のプログラムで、それで良かったら来いということでした。私は直ちにAlbanyを選びました。Hopkinsの返事の意味が当時は全くわからなかったのですが、10年くらいたって、あのファロー四徴症の手術の創始者Blalock先生がHopkinsの医学部を出て、Hopkinsの一般外科のレジデンシーを取れず、泌尿器科を1年やれば次の年に取れるといわれ、そのとおりにしたが結局取れなくて、Vanderbilt大学に行ったという話を聞き、わかった気がしました。このように外科の正規のプログラムに入るのものはものすごく難しい状況だったのですが、幸いAlbany医科大学から採用の返事が届いたのです。

四津 お若いころですから、やってやるぞという気持ちだったでしょうね。

鈴木 意気込みはありましたが、厳しいシステムでした。ピラミッドシステムといって、大きな大学は1年目には30～40人の外科レジデントを採ります。しかし、毎年数人ずつ切り落として5年目には2～3人にしてしまうのです。そして彼らが本当のチーフレジデントになります。

1, 2年生はローテーションをして、外科なら外科系すべてを回るのです。その後、脳外科、胸部心

臓外科、形成外科等と専門に分かれていますが、それまでに多くの日本人がふるい落とされます。日本人留学生はどんなに英語がわかるといっても、アメリカ人同級生の7割程度理解できたらいいいほうですね。それで競争をするのですから、ほかがよほど良くないと、次のリコメンデーションがもらえないわけです。

四津 大変なご苦勞だったと思います。心臓外科を目指そうという決心はニューヨーク時代になされたのですか。

鈴木 東京米国陸軍病院のインターンだったころ、なんとなく胸部外科が良いと思っていました。当時、未開拓の分野は脳神経外科と胸部外科で、胸部外科は開胸手術がまだ大変な時代でした。東京大学から日本大学の教授になられた宮本忍先生が開胸手術で結核を治療するというので、俗っぽい意味で脚光を浴びた時代です。ですから、アメリカに留学するのなら最先端のことを学びたいと思いました。

私が行ったAlbany医科大学は、当時アメリカ屈指の脳外科のサービスがありました。脳外科を回っていたとき、120kg以上も体重のある人の脊髄穿刺を、1日10～20人行い、それを朝の7～8時ころまでに終わらせなければならず、大変な作業でした。さらに、脳神経外科の手術は視野が狭くて、下の助手にはよく見えず、術後の結果も、当時はあまり劇的な効果には思えませんでした。

四津 当時は再建が少ない部類の手術だったかもしれませんね。

鈴木 はい、ところがAlbany医科大学の心臓外科では、先天性心疾患の手術が主だったのですが、ファロー四徴症のBlalock手術など、良くなるときは劇的に良くなります。今までブルーベビーで紫色だったのが次の日にはピンクになっているのです。一方、開心術は、Henry Swan先生のクラシックな低体温法を始めたばかりで、悪戦苦闘でした。人工心肺の影も形もありません。なんとしても患者さんが助かるようにしたいと考えました。そのような理由から、心臓外科が自分にはやりがいがあると思えたのです。

そのころ、レジデントでもフェローでもなく、終

日、胸部外科の心臓標本室にこもって、われわれとも口をあまりきかない不思議な男がいました。この人こそ、20年後に先天性心疾患の発生病態の研究で大きな貢献をするVan Mieropその人でした。時流に惑わされず一途に研究することがいかに大切かを物語っています。

着任初日に Welch 先生から先制パンチ

鈴木 Albany医科大学に着いたのが1957年 6 月30日です。レジデント・クォーターに泊まっていたところ、翌朝 6 時半に電話がかかってきました。「私は Stewart Welchで、第 4 外科の教授だ。今から回診するからすぐ来い」というのです。

突然の電話にびっくり仰天して、慌てて身支度をして、どこかもわからない第4外科の病棟にたどり着くと、そこには中肉中背のナポレオンに似たような白人男性とナースが立って待っていました。

「お前がドクター鈴木か」と聞かれ、「Yes, sir」と答えますと、「私はStewart Welchだ。今から回診しよう」というのです。しかし、教授と私とナースの3人だけで、ほかに誰もいません。回診しようといっても、こちらは患者について何も知らないわけです。ところが、回診が始まると、Welch教授が「この患者の手術はいつ何をやったか、一番新しい検査データはいくつか」と聞くわけです。「知りません」と答えると「ばか者」と怒られました。次の部屋へ行っても、またその次の部屋でも、患者について聞かれては答えられず、怒鳴られるという繰り返しです。私もいささか頭に来て、「私は昨日着いたばかりで、患者を診る暇はなかった。だから何もわからない」といいました。すると、「そんなことは百も承知だ。しかし、お前は今日の0時0分から第4外科の1年目のhouse officerだ。この病棟で何事が起こっても、お前が一番先に呼ばれるのだ。そのときに患者のことがわからなかったら、どうして患者の治療ができるのか。患者にすまないと思わないのか。これは医師の義務だ」といわれたわけです。それは全く正論で、私も納得

するしかありませんでした。優秀なナースのおかげで、私のみじめな60床の回診は終わりました。その夜、ドヴォルザークの「新世界」をしみじみと聞き、これが新世界だと自分にいい聞かせました。

それ以後、私は患者のことはすべて頭に叩き込んで、何を聞かれても、何でも答えられるようにしました。当時は若かったから記憶力も良かったのだと思いますが、これは、その後現在まで私の習性となりました。

四津 初日から大変な経験をされましたね。

鈴木 あとでわかったのですが、Welch教授は偉大な外科医でした。36歳くらいでボストンのTaft大学の外科のチェアマンに選ばれ、全米で将来を嘱望された人です。ところが奥様が妊娠後期に急性腹症となり、執刀者が当時ボストン随一の名外科医Leland Mckettrickで、第一助手が後のHarvard大学教授で「Metabolic care of surgical patient」の名著者Francis Mooreだったそうですが、広範な腸の壊死でなすすべもなく他界したそうです。Welchはすべての職を辞し、どこをどう放浪してきたかは知りませんが、Albanyに行き着いて、外科のチェアマンでない教授になっていました。1954年にはすでにイヌで肝臓移植を行い、肝臓が機能することや拒絶反応があることを証明しています。奥様のことから臓器がすべてやられたらどうしたら良いかを考え、この移植実験につながったのではないかと、不肖の弟子は推測しています。現在となっては有名なあのStarzelの最初の実験(1957年)より4年も前のことです。このことはStarzel教授の自伝「Puzzling people」の129頁辺りに出ています。

四津 そういう人だからこそ、初日からの厳しい言葉だったのですね。

鈴木 医師の準備不足やミス・ジャッジは自分も含めて許すことができなかったのではと思います。

Kay先生に命じられた人工心肺の改良

四津 翌1958年、鈴木先生にとって大きな仕事の場と

なるオハイオ州クリーブランドのSt. Vincent Charity病院に赴任されましたね。クリーブランド空港から走る高速道路から見えますね。私も何回か横を通りましたが、「あそこに見えるのが、鈴木先生のいたSt. Vincent Charity病院だ」と、後輩と一緒にのときはいつも話しています。当時、全米のなかでもSt. Vincentは心臓外科としてはトップのクラスで、競争も激しかったと思います。

そこに行かれたきっかけは、Welch教授の推薦ですか。

鈴木 そうです。当時、日本人など臨床には採ってくれないので、Welch教授の推薦も大きかったと思います。さらに、St. VincentにはEarle B. Kay先生がいて、全米で2~3カ所くらいしかなかった開心術をやっている施設のひとつでしたから、私はぜひ行きたかったのです(写真1, 2)。

St. Vincent Charity病院というので慈善病院ではないかと思われがちですが、カソリック一派のsisters charityで建てられたため、この名があるだけで、慈善病床は多いですが、本質的にはprivateな病院です。1959年ころ、テキサスのDeakey先生のグループの内科医が、開心術のために患者を送って来るのに「患者はお金持ちだからprivateな病院に行きたいのだが、そういう部屋はあるのか」という質問をしてきて大笑いしたことがあります。

四津 そこで、鈴木先生とKay先生の出会いはあり、歴史に残る2人の研究が始まったのですね。最初はどうのような研究をされたのですか。

鈴木 Kay先生は、初めは心臓の非開心手術を行っていましたが、どうしても開心手術が必要だということで、人工心肺の開発に取り組んでいたのです。四津先生もよくご存じのように、そのころの人工心肺にはメンブレンタイプと気泡タイプと円板も含めたスクリーンタイプと3つの型がありました。

クリーブランドのCity病院では、Clowes先生がメンブレンタイプの開発をしていました。Kay先生はそれとは全く別に円板タイプ(rotating disc oxygenator)の開発をやってまして、Minnesota大学ではWalton



写真 1 Earle B. Kay先生

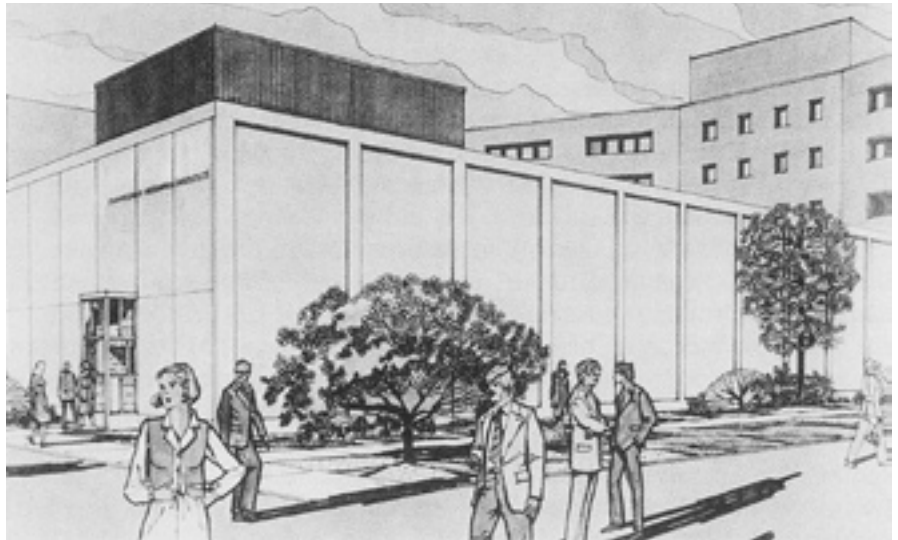


写真 2 手前がKay先生が始めた現在の心臓血管研究所の偉容

1950年代、Kay先生と鈴木が人工心肺や人工弁を研究したのは隔離病棟の地下の2室で、その研究の成功により、1964年ころ、この建物がつくられた。後ろがSt. Vincent Charity病院

Lillehei先生が気泡タイプ、メイヨークリニックではEllisやMcGoonやJohn Kirklin先生がIBMの製作による非常に高価なメイヨー・ギボン型のスクリーンの開発をやっていました。

メンブレンタイプは膜を通しガス交換をするので原理は理想的ですが、当時は良い膜がなく、とても大きいのです。1度見学に行きましたが、いい膜ができずに畳1畳くらいのものをいくつも組み合わせてやっていて、当時、臨床には使えませんでした。

Kay先生の円板タイプは、円板が回転しながら、その円板に血液が付着して、ガス交換を行うものです。溶血も気泡タイプよりは少ないから、1960年の初めごろ、全世界にKayの円板タイプが広まってきましたが、それは私どもが並々ならぬ苦勞をして改良を行ったあとのことです(写真3)。

四津 先生は、まず、その円板タイプの人工心肺の改良を行ったのですね。日本でも京都大学と東京大学が輸入しました。

鈴木 その話はその機械を製造しているPemcoの社長から日本から初めてのオーダーだと聞きました。そのときは「あ、そう」と受け流したのですが、学長に

なってから、これが日本の国立大学の予算配分の原点なんだと、嫌というほど知らされました(笑)。

当時は、少なくとも4年は一般外科を経験しないと胸部外科のレジデントにはなれないという規則がありましたから、私も初めは一般外科のレジデントとして胸部外科を回って円板タイプの装置を使っていました。Kay先生は1956年に自作の人工心肺装置を使って臨床例に成功しましたが、実際に安全に使えるのは、15～30分くらいでした。これでは駄目だから2時間でも3時間でも安全に使えるようにしろと私に命じたのです。

最初は何から手をつけていいのかわからなかったのですが、私が人工心肺を見たところ、全くフラットな、よく磨かれた円板でしたので、血液が溶血を起こすのは円板回転が速いためではないかと思いました。そこで円板の大きさや枚数を調節したり、また円板にギザギザを入れたら、ガス交換の表面積が広くなり、回転数を落とせるのではないかと考えました。ちょうどそのころ、ハンガリー動乱の亡命者でハンガリー大学の物理学者が実験の助手などをしていていました。彼に「それはグッド・アイデアだ」

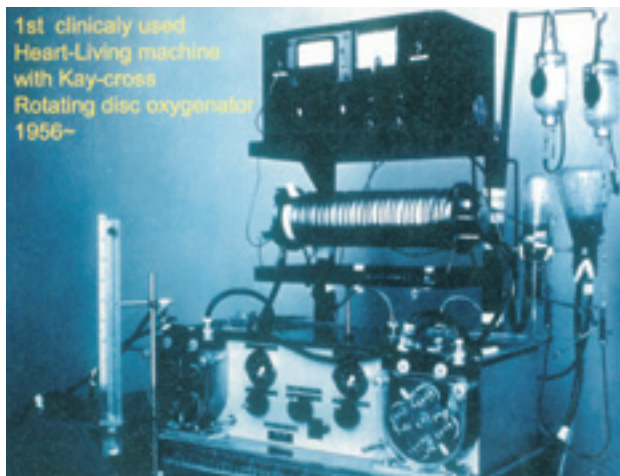


写真3 Kay-Cross式回転円板型人工心肺装置
写真右のフラスコは鈴木が心停止と冠灌流装置
中央の円筒のコイルはニクロム線(熱交換器の源流)

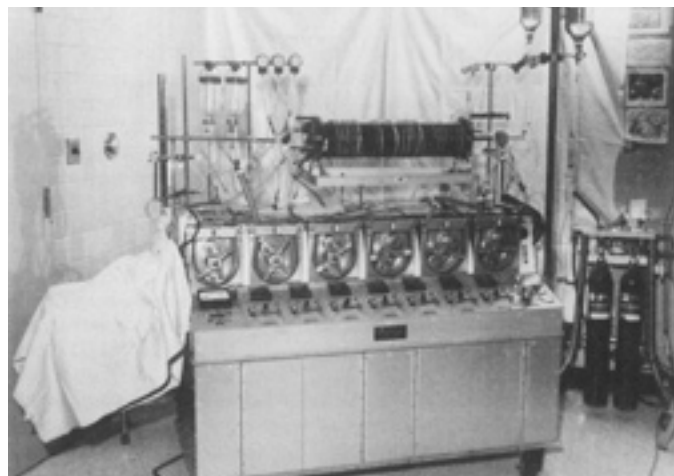


写真4 鈴木が改良を加えた改良型Kay-Cross式回転円板型人工心肺装置(1960年)

といわれ、彼と一緒に計算や実験をやってみたのです。また、シリコンを円板に焼き付けることもやりました。低体温が使えるように円板を入れた円筒にニクロム線を巻きました。現在の熱交換器の源流(笑)。

そうしたところ、表面積が何倍かに増えたため、回転数を半分くらいに落とすことができて、また、低体温を加味して送血流量を減少させ、溶血しなくなりました。このときの常温、マイルドな低体温での体外循環灌流量(25~50cc/kg・BW/minで体温25~35℃)は、その後の体外循環の基本となり¹⁾²⁾、現在も用いられていると思います。また、動脈圧のみならず中心静脈圧による体外循環の制御も特色のひとつでした。これで心臓のなかを2時間以上開けて手術できるようになりました。日本はもとより世界中から著名な外科医が毎日のように見学に来て、この装置が全世界に広まったのです(写真4)。それ以後、Kay先生は私を信用してくれるようになりました。これにより、世界で安全に開心術ができるようになったといっても過言ではないでしょう。

四津 改良しろと命じられるのはうれしいですね。

鈴木 そのおかげで、私は2年飛び級をして胸部外科のレジデントになりました。

大動脈弁の開発~テフロンを求めて

四津 開心術が可能になり、いよいよ大動脈弁の開発の話を知りたいと思います。先生が人工弁を作ろうと思われたのはなぜですか。

鈴木 人工心肺が使えるようになり、開心術ができるようになったのは画期的なことでした。今まで何も見えなかった心臓のなかで、どこが悪くて、弁のどこが漏れているかが見えるようになりました。当時、僧帽弁は右開胸でしたので、Kay先生は椅子に座ってbeating heartの弁を診るのです。他施設では心臓を開けて閉じるのが数分という時代でしたので、世界中の名外科医が見学に来て、カルチャーショックだと言っていたのが印象的でした。そこでダクロンのテープを使って僧帽弁の弁輪形成術(EB. Kay's annular plication)を部分弁輪あるいは、私の提案で全弁輪に毎日のように行いました。Debost門下のAlan Carpentierの兄弟子Philip Blondeauがよく見学に来たのはこのころで、パリに帰ってこの弁輪形成術を多数実施しました。しかし、この弁輪あるいは弁形成術でうまくいくのはいいけれども、アメリカ人の弁膜症は弁の石灰化がひどくなると1cmほども厚くなる場合があります。石灰が砂を積み重ねたみたい

になり、少し触るとポロポロと落ちてしまうような状態になります。こうなると、その弁で修復するわけにはいきません。また、石灰化がなくとも弁の破壊が重度で修復が十分できない症例もあります。現在行われている弁形成術は、大動脈弁、僧帽弁ともに当時ほとんど行っています。成果は術者により異なる。

術後の全責任は私にあり、Kay先生は「完全な手術をやった」といい張り、私は「私にはそう見えなかった。弁の修復が完全なら術後も良いはずだ」と考える。2人で激論もしました。この信頼し合う師弟の考え方のギャップを埋めるにはどうしたら良いか。それには、置換すれば生理的に機能する人工弁のようなものが必要だろう。これが人工弁開発の差し迫った理由でした。しかし、本質的にはそれより以前、弁輪形成術や弁形成術を始めた1958年ころから、重症心不全の患者さんであればあるほど短時間での完全な弁修復手術が必要ですが、当時の手術手技が及ばず、手術もできず内科病棟で毎日のように苦しみながら亡くなる患者さんを見るに耐えかねていたので。なんとか患者さんを助ける方法はないものか、もしも人工弁のようなものがあれば患者さんは助かるかもしれないと常々考えていました。しかし、心臓内の人工弁など夢のまた夢でした。

四津 外科の研究者には2通りあります。研究はするが臨床はしない研究者、先生のように、治療器具を研究して製作し自ら臨床で使用する研究者です。先生のようなタイプが一番理想的ですね。

鈴木 私がクリーブランドに行ったときに、Kay先生からいわれたことがあります。「外科医には2つのタイプがある。ひとつはテキストブックに忠実に従って本当にいい手術をやる人だ。これも優れた外科医だ。もうひとつのタイプは、今まで治せないものを治すことができるように、新しい治療法を創る外科医だ。私は後者の外科医になろうと思って、今まで一生懸命努力してきた。人工心肺もそのひとつだ。だからお前も、そういう外科医にならなさい」と。

その言葉は今でも鮮明に記憶に残っています。もちろん、それは難しいことで、私がいうのはおこが

ましいのですが、志せばできるものでもないと思います。そのときに出会ったものなどもすべて自分の味方にして必死の努力を続けないと、なかなかできないと思うのです。

四津 最初に作られた人工弁は三葉弁ですね。

鈴木 テフロンファブリックに、ポリウレタンの薄いフィルムをコーティングしました。

四津 それは神が創った大動脈弁に似せて作ろうという考えですか。

鈴木 そうです。人間の臓器ほど精巧なものはありません。なにも修理しないで100年ももつポンプは人間の心臓だけでしょう。

四津 このテフロンとポリウレタンという素材にたどり着くまでも大変だったのでしょうか。

鈴木 いろいろな材料を試しました。なにしろ、寝ても起きてても人工弁のことを考え続けていましたから。そのころ手に入った薄くて強いものは、なんでもテストしました。300種類以上は試したでしょう。1つひとつの材料の耐久性、抗血栓性、組織反応等すべてテストするわけですから、大変な作業でした。最後に残ったのがテフロン・ニッテッド・ファブリックでしたが、当時はお金を積んでもテフロンが手に入らなかったのです。

四津 当時、テフロンはどのようなものに使われていたのですか。

鈴木 ほとんど一般には使われていなかったですね。市販もされていず、どうしても手に入らないので、私はデラウェア州にあったデュボンの本社まで単身で訪ねました。「私はこういうものを作っていて、成功すれば患者さんを助けられると思う。テフロンが手に入らないから売ってくれませんか」と話すと、驚いたことに社長が担当の重役を連れて応対してくれたのです。「あなたのいうことはよくわかった。売るわけにはいかないけれど、これをあげますから、使ってください」といって、ハンカチ程度の大きさのテフロンを5枚譲ってくれました。

今思えば、どこかの後進国から来た一青年医師に、よく大会社の社長が会ってくれたものですが、そのときはそんなことすら思わなかったほど、私は若かつ



当時の人工弁を手に対談が進む
(東京医科歯科大学学長室にて)

たですね。

四津 おいくつのときでしたか。

鈴木 29歳くらいでした。

四津 それもすごいことですね。先生の熱意が大企業を動かしたのですね。

鈴木 私も若かったし、アメリカに行くときから、何も失うものはないという気持ちはありましたから勇敢だったのですね。周囲には一味違う日本人という印象を与えたようでした。

四津 そうして苦勞されて手に入れた5枚を裁断して作られたわけですが、下手に切ったらなくなってしまいますね。型紙作りから加工まで先生がやられたのですか。

鈴木 はい、いろいろ工夫して、忘れかけた数学、物理、コンパス、製図器具、すべて使いました。弁葉の形を作る数式も開発したりしました。一番簡単な数式が私の最初の文献に出ています(写真5)³⁾。身心を忘れて没頭とはこのころのことだと思います。

四津 実験には、どんな動物を使われたのですか。

鈴木 少なくとも25kg以上のイヌです。

四津 大きなイヌですね。人工心肺による体外循環も行っていました。

鈴木 そうです。イヌの手術は人間より難しいです。でも、実験助手がいて、今夜何時に実験するというと人工心肺や器具を全部用意してくれましたし、専

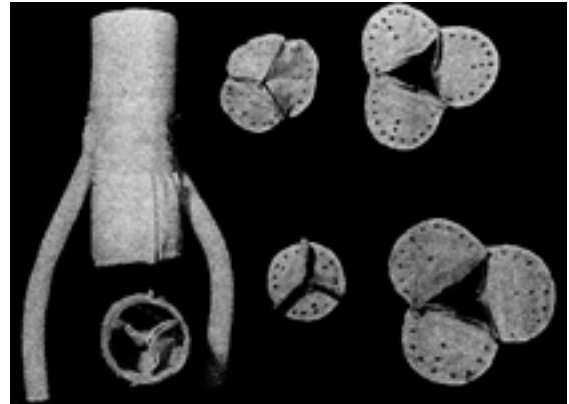


Fig. 321. Initial design of aortic prosthesis providing for transplantation of coronary arteries to side-arms of aortic valve, and tricuspid leaflet prosthesis for use in normal anatomic position.

写真5 鈴木の人冠動脈附大動脈弁(1959年)と人工三葉弁の最初のデザイン(文献3より引用)

人工冠動脈附大動脈弁(左端)はほとんど現在のキャプロール手術と同じ原理

用の動物舎もありました。朝手術に入る前に今日は何時にやるとか、手術が長引いたから1時間延びると指示すれば、すべて用意してくれました。私がお手洗のような環境をつくりトレーニングしたのです。昼は臨床、夜は実験の連日でした。

四津 そういう環境は、現在の日本ともかなり違いますね。それがその当時からできたということは、アメリカはすごいなと思います。ただ、体外循環やイヌ、アシスタントはいつでも駆り出せるけど、弁は自分が作らないと植えられませんから、先生が作っておくわけですね。

鈴木 はい、夢のようなことに誰も協力してはくれませんでした。あったとしても実験の成否、ひいては人の命にかかわることなので、人に任せるわけにはゆかず自分で作り確かめることが不可欠で、自分一人で種々工夫して、絶えず人工弁を作っていました。あるとき病院を出たら、すっかり周囲の景色が様変わりしていてシーズンが移ったのを初めて知ったことなど、よく覚えております。

四津 動物実験がある程度成功すると、今度ははいよいよ臨床になりますね。

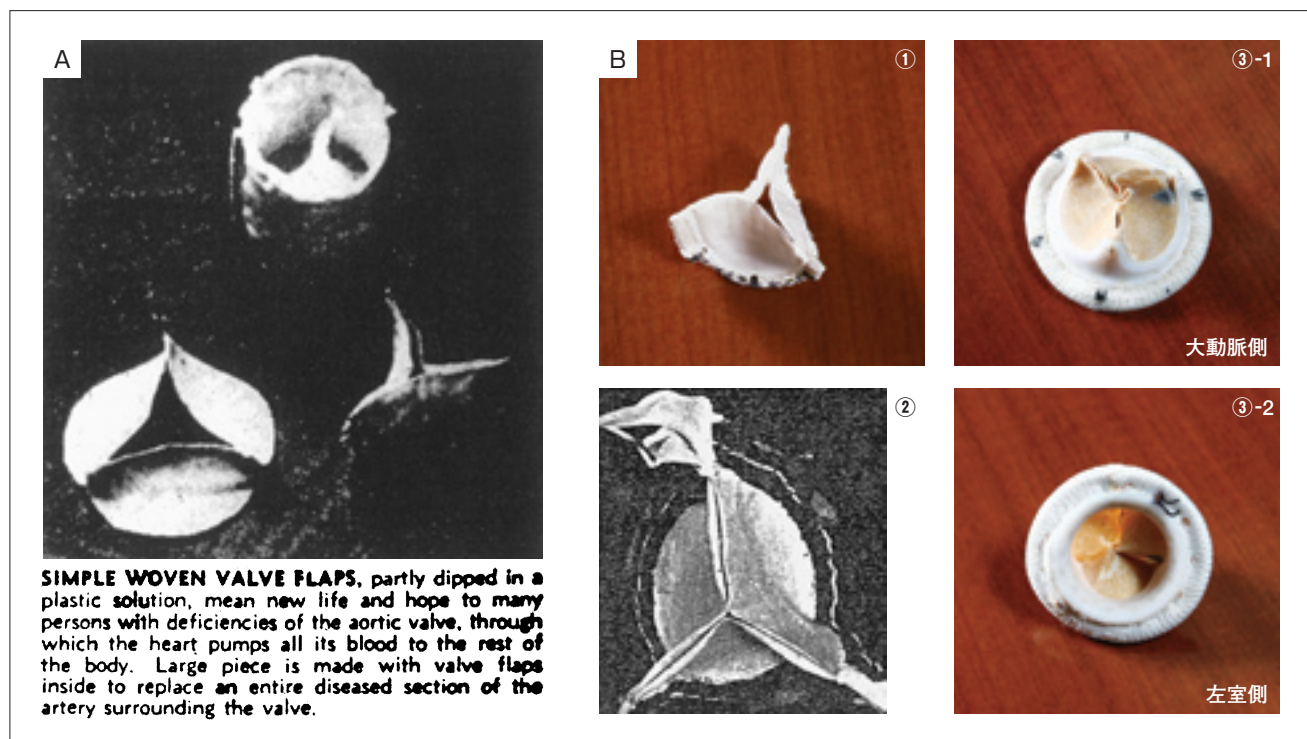


写真 6 最初の人工三葉弁

A：世界初の大動脈弁置換術の成功を報じた1960年6月3日付クリーブランドプレス紙第1面より

B：三葉弁デザインの変遷(1960～1963年，鈴木章夫先生所蔵①②③の順)．②は交連を大動脈壁内外で2重に安全に留めることができる(文献5)．③はunit valve．テフロンフレームに三葉が付いている(文献6)．

世界初の人工弁による大動脈弁置換術

四津 どういう経緯で1例目が決まったのですか。

鈴木 内科の病棟で，Henry A. Zimmerman先生(左心カテーテルの創始者)のもとに，左心不全でときどき肺浮腫を起こしている当時37歳のW.Mという名の患者さんがいました。大動脈弁閉鎖不全で，Kay先生とZimmerman先生が相談して，内科治療はもう効果がないし外科的修復も難しいのではないかと判断し，人工弁ならば助かるかもしれないということになったのです。2人が「Dr. Suzuki，人工弁は大丈夫か」と聞いてきましたので，「もちろん大丈夫だ」と答えましたが，内心は不安と自信が交錯していました。1960年5月初めのことでした。数週間前の大動脈根部の造影写真より計測して，どんな形にも対応できる7種類くらいの弁を作っておきました。実施計画

は理事会の承認を得たとKay先生に聞きました。

四津 手術は先生自身が行ったのですか。

鈴木 そうです。このころはほとんどの症例の開胸，人工心肺装着は私がやり，なかにはそのまま開心術を行った症例もありましたが，この症例は特に前日から話がありました。Kay先生が入ってくると，佳境に「go ahead」といい，そのあとはほとんど私がやりました。その点がKay先生の偉いところだと思いますが，自分より相手のほうがよく知っている手術だというときには，黙ってメスを差し出すのです。あるいはあとから入ってくるのです。その数カ月前(1959年12月)と1960年4月に私の作った人工弁で大動脈弁置換をKay先生が行い，うまくいかなかったことも私には幸いしたかもしれません。

1針ひと針，細心の注意で縫いあげ，大動脈を綴じて電気ショックをかけ，心臓が動き出したときの

感激は今でも忘れません(写真 6)。その後は、患者が麻酔からさめて口をきき、手足を動かし、物を食べる、すべてが初めての経験で 1 週間付き添いました。以降の 3 カ月間に私は 6 例手術して、6 例とも成功し、患者さんは約 1 カ月の入院後退院し、全例、日常生活を送れるようになりました。人間の心臓がプラスチックの弁で正常に機能し、日常生活を送れることを世界で初めて再現性をもって証明したことになります³⁾⁴⁾。これによって見学者はさらに増加し、あるときフランスの循環器内科教授が訪れ、「世界で初めての人工弁の音を聴かしてくれ」というので私が聴診器を差し出すと、「non」といって患者さんの胸に左耳を押しつけてじっと聴き、「fine! fine!」と私にいったのには患者さんも私もびっくりしました。なるほどこれが聴心法の原点でした。

人工弁の血栓防止に warfarin と dicumoral(persantin) を併用したのもこの症例からです。これは今でも定型的治療法です。また、人工弁は新しい良い材料が出るとデザインも形も変わりますが、このときの手術方法の要点は 50 年たった今も変わっていません。

四津 先生は世界初の自作の人工弁による大動脈弁置換手術を成功されたあと、この手術を成功させるのに必要な心筋保護の概念も報告されていますね。

鈴木 世界中から見学に来た外科医が Kay 先生より私に執拗に聞くものですから、論文にしたほうが良いと思って、大動脈弁に三葉弁を入れたすぐあと、「Myocardial protection during aortic valvular surgery」という論文を出しました²⁾。この冠動脈灌流もそうですが、左室の減圧は上行大動脈をクランプし、O₂を飽和した 0～3℃の ringer 液を上行大動脈に注入して、冷却による instant な心停止とともにやっているわけで、現在の心筋保護法の源流ではないかと思います。

四津 心筋保護もそうですし、左室破裂のときの補助循環にも使えます。私にとっては教科書的なものです。先生のやられたことは機械的なデザインばかりでなく、宿主側の手術をうまく完成させ、手術を終えて動かすところまできちんと配慮されているところ

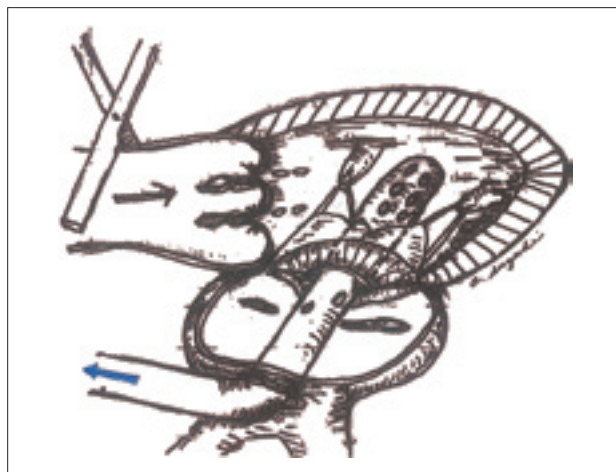


図 1 左室減圧と心筋保護の概念(鈴木章夫先生提供)
テフロン製の減圧チューブを左房より左室に入れた図

が違うのだと思います。私などがいうのは生意気ですが、心臓というものを知っていらっしゃるのです。

鈴木 初めのころの実験では、大動脈に三葉弁を入れたあと、大動脈の切開を閉めて、大動脈のクランプを外すでしょう。心臓がまだ静止していて、三葉弁はその瞬間に必ずしもピシッと閉まるわけではないし、あるいはリングに少しの隙間があって、そこから血液が漏れるのかもしれませんが、一瞬に左室が膨張することがあります。心筋に断裂が起きたら元も子もありません。そこで必要があるなら左室の減圧をする。心臓が打てばまた人工弁が正常に機能するわけですから、減圧をすべきなのです。これは当時、新しい発想でした(図 1)²⁾。

四津 今でもこれ以上のものはありません。

鈴木 そうですか。四津先生は理解していただけると思いますが、減圧チューブの全周にわたって開いている孔は、どういう形だったと思いますか。

四津 少し楕円ですか。

鈴木 円は円です。人工弁流入口の斜角と同じで、1 つひとつの孔に血流がスムーズに入り乱流が起きないようにしてあります。乱流により溶血が起こるので、そういうことまで細心の注意を払いました。

四津 これは製品として売ってはいませんか。

鈴木 そうです。テフロンチューブを曲げて作りま

した。技術者に作り方を教えましたから。Pemco社で後になって売っていたかもしれません。

四津 エッジを丸くするところまでは普通は考えませんね。孔の開け方にまで気をつけているということも、いわれないとわからないですね。

鈴木 それは別に自慢していうのではなく、患者さんをなんとしても生かさなくてはならないということが念頭にありました。もともと人工弁を作ったのはそのためですから、どんなことでも患者にいいことはやらなければならないのです。

四津 テフロン・ポリウレタン・コーティングの弁は何例されましたか。

鈴木 大動脈弁置換術は195例くらい行いました。1963年ころまで行ったと思います。

四津 大変な数ですね。

鈴木 ところがテフロンファブリックにポリウレタンを塗った三葉弁で行った手術から3～4年ほどたったころ、拡張期雑音や閉鎖不全が出現してくる症例がありました。それで再手術をしなければならない症例があったため開けてみると、長く血流のなかにあると三葉弁が石灰化することがわかりました。

四津 血中の蛋白も吸収するでしょうし、生体弁が石灰化するようにボロボロになりましたか。

鈴木 ボロボロになるほどではなかったのですが、血液がポリウレタンのなかに入っていくとテフロンの一部がクラックしてしまうのです。そこまでいかなくても可動性が低くなっていました。そのため、10%くらいの患者に弁の入れ替え手術を行いました。しかし、不思議にも再手術で1例も死亡はありませんでした。人工弁で機能が良くなって、心筋が保護されていたからだと思います。心筋が保護されることがそれほど重要であることを思い知らされました。人工弁の異常に気がついたら直ちに再手術を行うこと。なかには交連の一部が剝離していて人工弁のデザインを変え(写真6B②)⁵⁾、最終的にはテフロンフレームのunit valve(写真6B③)⁶⁾になります。

四津 数年たったら石灰化して、違う弁を作ろうという新しいチャレンジが生まれてきたわけですね。

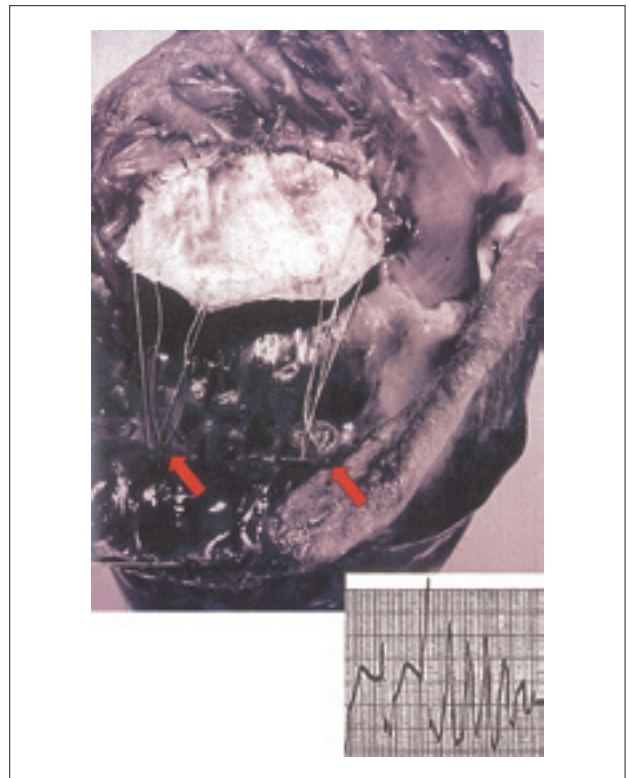


写真7 僧帽弁置換術の標本(1959年12月)

(文献7より引用)

Kay-Suzuki disk弁の開発

四津 次に、Kay-Suzuki disk弁の開発について伺います。

鈴木 私たちが1959年12月に僧帽弁の人工弁置換を行ったとき、1人は4日間生存しました。もう1人は7日ほどでした。これも私自作の弁で、自然の僧帽弁を基本的にまねたものです。テフロン糸の人工腱索を左室壁に縫いつけてありますから、腱索が引っ張られるたびに心電図が心室頻拍のようなものを起こしたりしていました。結局、腎不全などを併発して亡くなってしまったのです(写真7)⁷⁾。それで、腱索がない人工弁を作らなければならないと思いました。したがって研究はずっと続けていました。この手術を見学に来て写真を撮り、同じ手術を行い、患者さんが1例だけ1カ月間だけ生存して名をはせた外科医もいます。

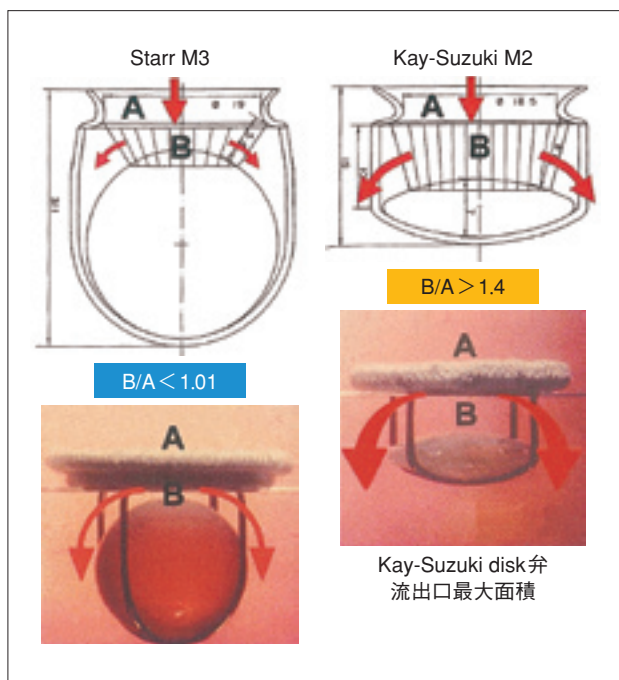


図2 Disk弁とball弁の流出口(frustum curtain)の比較
 A：流入口面積，B：流出口面積
 同じ流入口面積に対してdisk弁は，ball弁よりも血液が抵抗なく流出する．理論的には B/A が1.4以上必要である

私たちが大動脈弁置換術を行ってから半年ほどしてOregon大学のStarr先生がball弁を作って僧帽弁置換術を成功させました．今の人工弁と同じで，リングにテフロンかダクロンの布がつけられていて，それを弁輪に縫いつけるわけですから，腱索付の二葉弁を縫いつけるよりはやさしいわけです．そこで私もball弁を研究しましたが，どうもケージが大きくて，ballも大きいのです．開いたところと閉じたところを見てもなんとなく狭窄的で，実際に計測してみると，人工弁に入った血液が出ていくところの面積(frustum)が非常に狭くなっていました(図2)．血流が狭窄的だと血栓も溜まりやすくなります．始めのころのball弁は，室内で安静に生きながらえるにはいいけれども，本当の日常生活を送れるようにはデザインされていないとは思っていましたが，それが後に証明されています⁸⁾．

自然の弁口に匹敵するような大きな弁を入れると，

大動脈弁置換では人工弁のトップのところ，すなわちバルサルバ洞の上で大動脈が細くなっているから，大動脈壁とballとの間が狭くなり，そこから血液が出ていくのが妨げられます(図3)⁹⁾．人工弁に入った血液がそのまま抵抗なく出ていくようにしなければいけないと思い，何かいい方法はないかと考えました．もっと人工弁の流出口を広げて，入った血液が抵抗なく人工弁から出るようにすることが必要でした．また僧帽弁位ではballが大きいため，左室壁との間で血流の流出を妨げたり，ケージが中隔に当たって不整脈を起こしたりします(図4)．これらを防ぐためにballの代わりにフラットなdiskにしたらいのではないかなどと，いろいろな実験を繰り返して，1962年ころからdisk弁の作製に取りかかりました(図2～4)．

四津 それがKay-Suzuki disk弁ですね(写真8)．

鈴木 こういうものを研究して作るときに，いつも考えることは，現存のものよりも患者さんが長生きして，いい血行動態にならなかったら，作る意味がないということです．こうして，最も生理的な弁と学会でHarvardのHarken教授にほめられたものができました．Kay-Suzuki disk弁は大動脈弁置換にも僧帽弁置換にも使用されました．

もうひとつ，本当の意味で人工弁を理解するために知ってほしい誤解があります．それは，大きな弁は流入する2次元の弁口面積が広いから，血行動態が良くなるのではという誤解です．ところが大き過ぎる弁を入れると，人工弁と左室壁や大動脈壁との間にできる流出口が閉塞されるようになります．私はこれを外科的流出口と呼んでいます(図3，4)．つまり3次元あるいは4次元すなわち臓器全体で考えなくてはならないと思います．

体表面積なり体重に合った小さいほうの弁でも，良くデザインされた人工弁は，入った血液がよどみなく出るように，狭窄しないようにできています．しかし，当時，日本からはball弁，disk弁ともに一番大きなサイズの注文が多かったのです．それは弁輪いっぱいものを入れるのがいいという概念が通っていたからではないでしょうか．現在はどうですか．

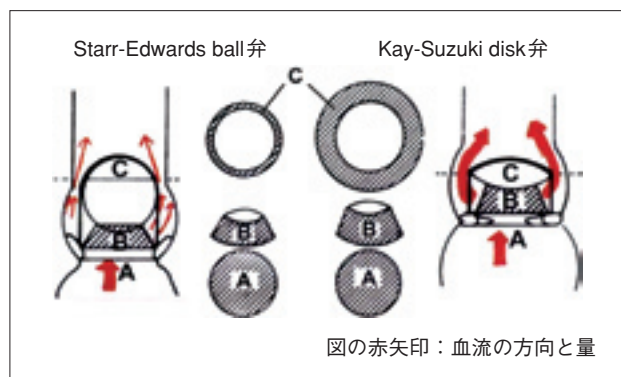


図3 大動脈弁位での人工弁の流出口面積

A：1st orifice (流入口面積)，B：2nd orifice (流出口面積)，C：3rd orifice (外科的流出口)

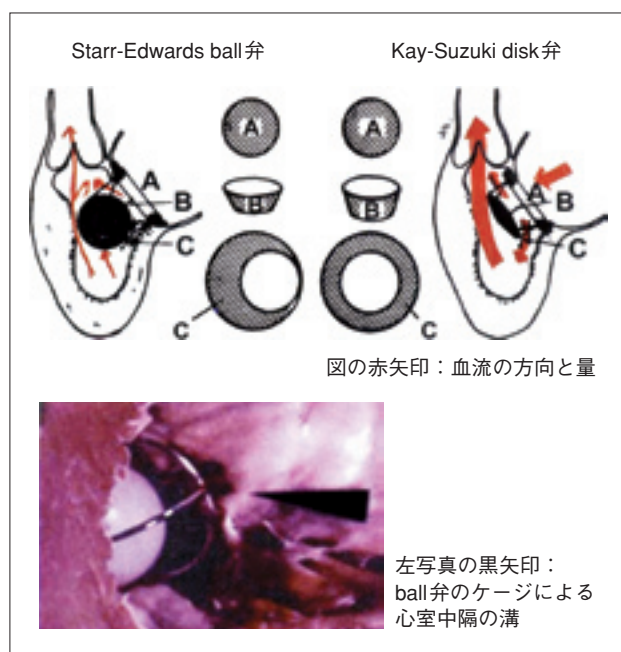


図4 僧帽弁位での人工弁の流出口面積と解剖学的障害

A～C：図3と同じ

Ball弁でケージを大きくすると、心室収縮期にケージが心室中隔を刺激して溝を作り、不整脈を繰り返した。また大きなball弁は左室への流出口を狭窄する

四津 今は一番適切なサイズを入れるのですが、大動脈弁も僧帽弁も、小さいものを入れると医者の間でも罪に感じるところはあります。少し削ってでも大きいものを入れようという考えがあります。

鈴木 そうですね。私の愚問です。私もdisk弁を作

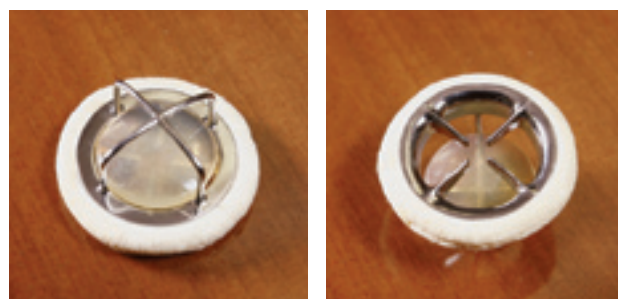


写真8 最初のKay-Suzuki disk弁
(鈴木章夫先生所蔵)

る前はそう思いました。しかし、人工弁は物理学的にも流体力学的にも正しくできているわけです。成人ももちろんですが、特に子どもさんに入れる場合などは、大きい弁を無理していろいろ難しい操作をして入れるよりは、まず命を救うため、その身体に合った小さいほうの人工弁を入れて、その際、血行動態が術前より良いことが条件ですが、成長して体力がつき狭窄気味になってきたら、患者さんも外科医も、面倒でも、また大きい人工弁を入れるということでもいいと思います。無理して大きい弁を入れて命を失っては何なりません。

先ほど、最初のテフロン製三葉弁が3～4年たって石灰化し始め、10%くらいの弁を入れ替えた話をしました。もちろん8～10年以上、なんともないものも多数ありましたが、入れ替えるときは剥離などの手術が難しいのではないかと、初めは大変懸念していましたが、何例か手術している間に、注意して行えば、人工弁を入れ替えることはあまり危険因子にならないことがわかりました。

それはどういうことかという、入れた人工弁によって左室の負担が軽減され、心筋が保護されているわけです。ですから、人工弁が一部石灰化しても、まだひどい狭窄やリークにはいたっていません。心筋が保護されている限り、心筋症を起こしていない限り、極論すれば何回手術をしても耐えられるものです。私は、経験から患者さんの人工弁の変化を感じ取れるようになり、選択的に人工弁を入れ替えるようにしていました。

若い先生たちには常に心筋保護を念頭に、人工弁の特性をよく理解して入れるようにお願いしたいですね。

四津 若い先生たちは、人工弁という製品をそのまま使っているのですね。先人がどういう試行錯誤を経てここまで来たかを知って植えるのと、それを全然知らないで植えるのでは1針ひと針違うと思います。今回の先生のお話でそのあたりのメッセージが伝われば良いと思います。

両側内胸動脈を用いた冠動脈バイパス手術

四津 次に、冠動脈バイパス手術の話をお聞かせください。先生は世界で最初に左右内胸動脈を使ったバイパス手術を行っていますが、当時は伏在静脈が普通でしたか。

鈴木 はい、普通というより全盛でした。冠動脈バイパス手術は、私の人工弁手術を時々、見学に来ていたRené G. Favaloro先生とその上司のDonald B. Effler先生が冠動脈内膜剝離術を行っていたとき、うまくゆかず、仕方なく静脈片でバイパスして、偶然に成功したのが始まりです。

当時は、Mason Sones先生がselective coronary arteriography(選択的冠動脈造影法)を開発したところで、Vineberg先生がSones先生のところへ内胸動脈を心筋内に移植する内胸動脈心筋内埋没手術(いわゆるVineberg手術)を施した患者さんを連れて行き、造影してもらったところ、内胸動脈から冠動脈が造影されて、側副血行ができていたことが証明されました。それから、Vineberg先生の手術がCleveland Clinicでは盛んに行われていました。しかし、この手術は即効性がなく、側副血行のでき方が人によって違い、できても血流量が小さいのが欠点でした¹⁰⁾。そこで、Effler先生は冠動脈狭窄に冠動脈内膜剝離術を始めましたが、ご承知のように動脈内膜剝離術はうまくいくときはいいけれども、きれいに抜けてくれないと血栓ができたり、機械的閉塞を起こします。

Favaloro先生とEffler先生は冠動脈内膜剝離術を

行っていてどうしてもうまくいかず、困ってしまい
 静脈で末梢につなげてみようということになって、大
 伏在静脈片でバイパスしたところ血流が流れました。
 とにかくその手術は切り抜けたわけです。これだとい
 うことで、それから一斉にバイパス手術に移行したの
 です。後にEffler先生は「大伏在静脈は神様がこの
 手術のために作ってくれたものだ」と断言したのが
 印象的でした。

四津 先生はそれをさらに動脈を使ったバイパス手術に発展させたわけですね。

鈴木 私たちが行った静脈を使ったバイパス手術で私が血流を測定したところ60, 70から200ccくらいまで流れました。ちなみにVineberg手術では術後数カ月で側副血行の血流量が25ccから多くて50ccくらいで¹⁰⁾、静脈片によるバイパス手術はVineberg手術よりも即効性があり患者さんは劇的に良くなります。

しかし、そのとき私たちが考えたことは、動脈と静脈とは直径も違うし、静脈には弁もあり血管壁の性状も違うので、静脈片を動脈間のバイパスに使用するの短期間であれば良いかもしれないが、長期予後はおかしくなるのではないかということでした。それであれば動脈同士をつなぐ手術のほうが良いのではと、1967年ころから1本は左内胸動脈を前下行枝につなぎ、他は静脈片でのバイパス手術を行っていました。しかし、できるだけ動脈によるバイパスが望ましいと考え、1969年に両側内胸動脈を胸壁より剝離して、その末梢を冠動脈に吻合する術式を行ったのです(図5)。

4年間フォローアップして、血行動態から左室機能まで比べて、全部分析しました。開存が良好なだけでなく、左室機能も良いことまで証明しました¹¹⁾。

クリーブランドの近くて遠い関係

四津 Effler先生もSones先生もKolf先生もクリーブランドにいらっしゃいましたね.

鈴木 当時、クリーブランドは心臓外科が盛んな地域で、2 km以内にWestern Reserve大学、Cleveland

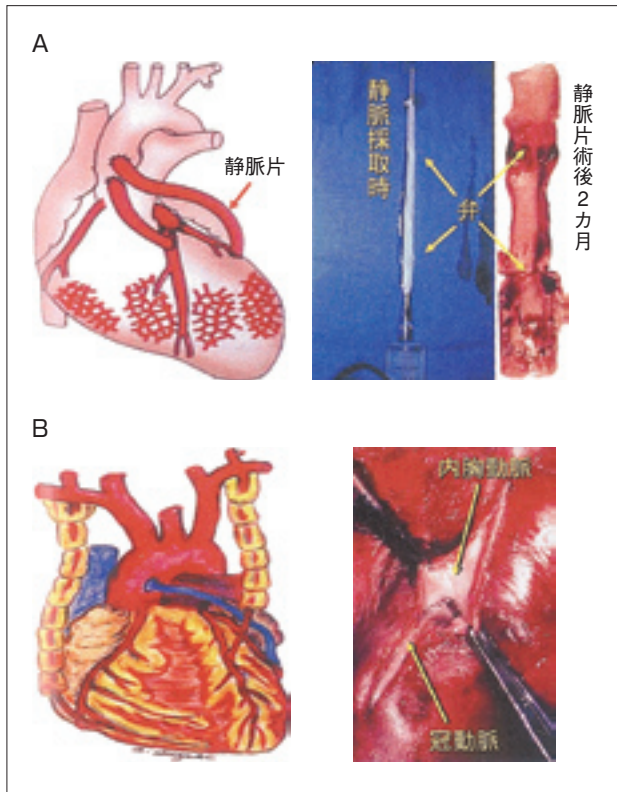


図5 静脈片による冠動脈バイパス術(A)と両側内胸動脈による冠動脈バイパス術(B)の比較

Clinic, St. Vincent Charity病院と3つの施設が張り合っていました。Western ReserveにはClaude Beck先生と心臓生理のCarl Wiggers先生とメンブラン肺のGeorge Clewes先生がおり、私の先生KayはBeck先生から、心臓以外ならという条件で、戦後すぐ胸部外科の教授として招聘されたのです。Kay先生は、これからは心臓をやらない胸部外科は考えられない、そんなところにいてもしょうがないと直ちに断わり、心臓外科の研究室を持たせてくれるというSt. Vincent Charity病院に来たといういきさつがありました。そこにHenry A. Zimmerman先生が加わりました。Cleveland Clinicには当時、Effler先生、放射線科にSones先生、研究室にKolf先生と大変な陣容でした。また、高血圧の研究ではIrvin Page先生とArthur Cocuran先生(後にSt. Vincentに移籍)がいて、初めは心臓外科よりこちらが有名で日本の優れた研究者

が集まり、後に北海道から九州まで多数の大学の内科教授を輩出して圧巻でした。

Kay先生とEffler先生はいつもライバルでした。2人ともMichigan大学の出身でしたが、Kay先生はそこをトップで卒業し、同大学の一般外科からJohn Alexander教授のもと全米で初めてできた胸部外科のチーフレジデントを勤め、レジデントのころから優れた研究をしたエリートでした。一方、後輩のEffler先生ももちろん立派な外科医ですが、Michigan大学を出てから、レジデントをWashington, D.C.でとったと聞いています。どちらかといえば無骨なKay先生に対してEffler先生は長身でスマートで雄弁でした。2人は一見、紳士的に先輩後輩の礼をつくしていましたが、内心は犬猿の仲でした。Kayと私が人工心肺、人工弁の開発と次々に新しいことをやったのが、さらに拍車をかけたようでした。

最初のころのEffler先生の開心術は、あの有名な人工腎臓の開発者William Kolf先生が人工心肺の監督をしていました。でも、不思議なことに人工心肺はKayの回転円板型を使っていました。

四津 そうそうたる顔ぶれですね。

鈴木 Kolf先生はKayの腎不全の患者に透析が必要になったときに来てくれて、洗濯桶のように大きな初期の人工腎臓を私と一緒に回してくれたことがあります。貴重な体験でした。そんなとき、さまざまな話をしながら、あのKolf先生が私に「人工弁は、血栓ができるため決して成功しない」としきりにいっていたのは牽制だったのでしょうか。今から考えるとおかしいですね(笑)。

しかし、Effler先生やあのSones先生は私には非常に良くしてくれました。「あいつは嫌いだけれども、あいつの仕事はお前がやっている。お前よくやっているな」といってかわいがってくれたのです。

四津 判官びいきのようなものでしょうか。

鈴木 多分にそうだったと思います。Effler先生とFavaloro先生がCleveland Clinicでバイパス手術を行ったのが1967年くらい、その日のうちにその情報が伝わるや、私は1本は内胸動脈を前行枝に、他は

静脈でバイパスする方法を1967年の後半から手掛けました。Effler先生が静脈でバイパスしたら、Kay先生とEffler先生は犬猿だから、Kay先生も「あれはおかしいよ。なぜ静脈を動脈につなぐのか」という。そこで前下行枝だけは内胸動脈を使おうということになり、私はコンセプトとして動脈と動脈のほうが良いわけだし、2本使えるのだから2本使い足りない部分だけ静脈を使おうとしました。

あまり歓迎されたことではありませんが、Cleveland Clinicがああやるなら、私たちはこうしようという意識もありました。話はさかのぼりますが、それより数年前、冠動脈疾患の患者さんをなんとか救いたいと、私とKay先生はカナダのVineberg先生のところまで行って、手術を始め標本の樹脂注入で内胸動脈から冠動脈への側副血行ができていることを確かめ、実験もして、実はVinebergの手術は私たちが先に、しかも両側内胸動脈を使って行っていたのです¹⁰⁾。私はその手術で埋め込んだ内胸動脈から冠動脈に側副血行ができているか、Cleveland ClinicのSones先生のところに患者さんを連れていき、冠動脈と内胸動脈の造影をしてもらいました。そうしたらコラテラルがちゃんとできていました。

これは若い人に聞いてもらいたいと思いますが、患者さんを連れて行って、朝の8時から始め、患者さんには昼食も出て、冠動脈造影と内胸動脈造影が終わったのは夕方4時ごろです。

四津 それは長いですね。

鈴木 初めてのころの選択的冠動脈造影は、Sones先生でもそのくらいかかったのです。後にSones先生が私に「自分が半日から1日かかった造影を今の若者は1～2時間でできる。どうなっているのだ」といっていました。パイオニアの仕事とはえてしてそんなものなのです。Sonesという人は一面では素朴なところがあって、なぜか私とは親しく接してくれました。Sones先生はもともと放射線科で心臓に興味を持ち、心臓の写真を撮る仕事は一手に引き受けていました。冠動脈造影法を始めてからものすごく有名になりましたが、それまでは心臓内科や心臓外科の人たちに名

も知れない存在でした。だから私にCleveland Clinicでの不満を語ったりしていました。彼にとって私はKayとEfflerにおける緩衝剤みたいな存在でもあったのでしょうか。しかし、それができるほどお互いに理解し合っていました。

四津 研究者同士の競い合いのなかでも、先生の実力と公正な立場に、皆は尊敬の念を抱いたのだと思います。

(次号に続く)

文 献

- 1) Kay EB, Suzuki A, Mendelsohn D Jr : Operative results in aortic valve surgery. *Circulation* 1962 ; 26 : 484-493
- 2) Kay EB, Nogueira C, Suzuki A, et al : Myocardial protection during aortic valvular surgery. *Ann Surg* 1961 ; 154 : 159-164
- 3) Kay EB, Nogueira C, Suzuki A, Mendelsohn D Jr : Factors in the surgical correction of aortic regurgitation (Prosthetic valves for cardiac surgery. September 10, 1960) edited by KA Merendino. Springfield III ; Charles C. Thomas Publisher ; 1961
- 4) Kay EB, Mendelsohn D Jr, Suzuki A, Zimmerman H : Correction of aortic regurgitation using plastic valves. *JAMA* 1961 ; 176 : 1077-1081
- 5) Kay EB, Suzuki A : Evolution of aortic valvular prosthesis. *J Thoracic Cardiovas Surg* 1963 ; 45 : 372-381
- 6) Kay EB, Zimmerman HA, Suzuki A : Prosthetic valves : long term results (Heart substitutes) edited by Brest AN. Springfield III ; Charles C. Thomas Publisher ; 1966
- 7) Kay EB, Suzuki A, Postigo J, Nogueira C : Prosthetic replacement of the mitral valve (Prosthetic valves for cardiac surgery. September 10, 1960) edited by KA Merendino. Springfield III ; Charles C. Thomas Publisher ; 1961
- 8) Kay EB, Suzuki A, Demaney M, et al : Surgical correction of rheumatic valvular disease. Late survival studies with the Kay-Suzuki disc valve. *Ann Thorac Surg* 1972 ; 13 : 110-121
- 9) Kay EB, Suzuki A, Demaney M, et al : Comparison of ball and disk valves for mitral valve replacement. *Am J Cardiol* 1966 ; 18 : 504-514
- 10) Kay EB, McLaughlin EE, Suzuki A : Preliminary studies on postoperative volume flows after bilateral internal mammary artery implantation. *Am J Cardiol* 1968 ; 22 : 235-241
- 11) Suzuki A, Kay EB, Hardy JD : Direct anastomosis of the bilateral internal mammary artery to the distal coronary artery, without a magnifier, for severe diffuse coronary atherosclerosis. *Circulation* 1973 ; 48(1 Suppl) : III 190-197