

北海道大学工学部 〇田倉智之 菊田幸明 勇田敏夫 下岡聡行 北海道東海大学 三村好短

## 1. はじめに

心臓代用弁に関する研究の中で、弁の耐久性は最も重要視されている要因の1つである。一般に耐久性評価は、単位時間当たり生体心臓の数倍に弁開閉回数を加速した加速耐久試験法によって行われている。しかしながら、加速した際の弁開閉追従、ならびに弁に作用する負荷の問題、試験時間の短縮などに関する評価が十分なされた装置は少ない。

そこで我々は第2報での結果を基に、心臓代用弁の耐久性に関する機能評価の向上を目的として、より弁の高速開閉を行い得る加速耐久試験装置を開発し、試作、検討を行った。特に本報では、高速開閉域における弁の開閉状態について検討を行ったので報告する。

## 2. 心臓代用弁耐久試験装置

図1に試作した加速耐久試験装置の概略図を示す。本装置は、駆動装置に3相モータ(インバータ付き MITSUBISHI SUPER LINE 1.5kW)⑦、循環方式による流体供給に遠心ポンプ(EBARA 40VSD)⑩を用い、貯水タンク⑬とハウジング⑩、弁の開閉を行うチャンバーを含むコンパクトにまとめた設計となっている。

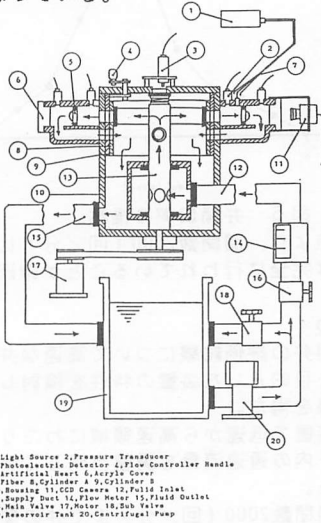


図1 システムの概略図

チャンバーには、弁前後に圧力センサ(KYOWA PS-2KB)②が、アクリルカバー⑥の手前にCCDカメラ(IKEGAMI FCD-10)⑪が外光を遮断して取り付けられており、弁後部にはチャンバー内の照明用ファイバ⑦が6本差し込まれ、ファイバは光源(PENTAX LH-150)①に接続されている。また、ダクト⑬の頂上にはダクトの回転数を計測するた

めの光電式検出器(ONO SOKKI LG916)③が付けられている。

本装置の特徴には、弁開閉を行うチャンバーが8個あり、8個の弁の耐久試験を同条件で同時に行えるという特徴を有する。またハウジングの内面は、二重円筒が接する構造となっており、各チャンバーの2つの開口部には、流体の流量調節と増加を目的とする楕円口を持つ可動式の円筒B⑨が備え付けられている。ダクトには、チャンバーへの流入パイプが90°ずらした位置で上下に2本ずつ直線上に取り付けられており、ダクト1回転に対して2回の弁開閉を1チャンバーで行うことを可能としている。流入パイプの先端は、円筒A⑧の楕円型流出口と一対を成している流入口に固定されている。そのため円筒Aは、ダクトと一体構造をなし、同時に回転を行う。

## 3. 実験方法

実験には、市販の二葉型弁(Duromedics)を用いて、弁開閉回数、ダクト流入流量をパラメータとした弁開閉状態および弁前後の圧力変化を観察した。以下に実験条件を示す。

使用流体 : 水道水  
弁開閉回数 : 600~2000(回/分)

ダクト流入流量 : 30~60(l/min)

なお、弁開閉回数2000(回/分)における弁開閉状態の確認は、弁正面にCCDカメラを取り付け、弁後部のチャンバー内部を照明し弁葉部と弁開口部の明暗状態を33(msec)の間隔で汎用画像処理装置(NACL TVIP-2000)に取り込み、10回の弁開閉から1回閉の画像を合成した後、弁の開口面積を計算する事によって行った。

## 4. 結果と考察

## 4.1 チャンバー内通過流量の増加

本装置は、第1報、第2報で報告した装置を大幅に改良したものである。特に第2報での弁高速開閉における開閉不全を解決するため、チャンバー内への流入量の増加を図れるような設計となっている。具体的には、チャンバー口と円筒A間の円筒Bの楕円口(回転の逆方向に広がった)によって、円筒Aの流入、流出口はチャンバー口と完全に一致する位置に来る前に楕円口と一致し、楕円口を経由してチャンバー内外へ流体の移動を行う。このため、チャンバー内の流量は増加し、弁を高速開閉させ得る流量を確保できる。この効果は、次に示す弁の高速開閉で確認する。

## 4.2 チャンバー内の圧力変化と弁の動作

図2に弁開閉回数600(回/分)、ダクト流入流

量40 (1/min) における圧力データを示す。弁の開閉は完全に行われており、円筒Aの動作とチャンパー内の圧力変化の関連を以下に考察する。

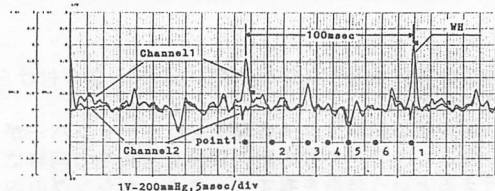


図2 圧力変化 cyclic rate 600(beat/min)

Ch 1は弁前部(弁葉が手前に開放)の圧力、Ch 2は弁後部の圧力の変化を記録したものである。WH(WATER HUMMER)圧のピーク間時間は100(msec)となっており、弁1開閉時間と一致している。Point1は弁が閉鎖された瞬間であり、弁閉鎖前の流体の移動方向は弁前部から弁後部なので、流体の慣性により弁前部(Ch 1)は陽圧に、弁後部(Ch 2)は陰圧にWH圧が現れる。この時円筒Aの流入、流出口は、チャンパー開口部にほぼ一致していると思われる。Point2は、チャンパー開口部が円筒Aによって塞がれた状態であり、流体の移動は行われていないと思われる。Point3では、チャンパー開口部に円筒Aの流入、流出口が接続し、そのためチャンパー内への流入が急激に行われ、弁葉が開き始めた状態になり、チャンパー内の圧力が上昇する。Point4は、円筒Aの流入、流出口が、Point1とは逆にチャンパー開口部に一致している状態で、弁が最大限開いている状態だと思われる。Point5は、円筒Aの流入口とチャンパー口がずれたが、円筒Aの流出口が楕円形に横へ広がっているため、チャンパー口とまだ接続している状態である。この状態の直前では、流体は弁後部より弁前部に移動しており、この流体の慣性によってチャンパー内の圧力は減少すると思われる。Point6は、Point2と同じ状態であると思われる。以上のようにチャンパー内の圧力変化から、弁は円筒Aの回転に依存して動作することが理解できる。

#### 4.3 弁開閉数2000(回/分)における弁開閉状態の観察

図3に弁開閉回数2000(回/分)、ダクト流入流量60(1/min)における圧力データを示す。弁1開閉経過時間に相当する間隔30(msec)で、周期的にWHを確認することが出来る。弁前後のWH差圧は約400(mmHg)となっており、弁の開閉は完全に行われていると推測できる。

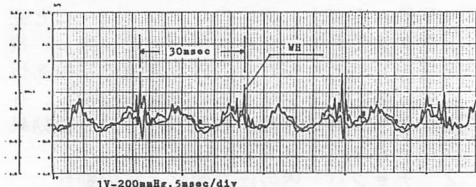


図3 圧力変化 cyclic rate 2000(beat/min)

図4に図3の圧力データと同時に取り込んだ弁の画像を示す。これは、3(msec)の時間間隔で弁1開閉を10分割したものとなっており、2値化処理等の画像処理を行った後の表示である。この図より、弁の開閉の様子が観察される。

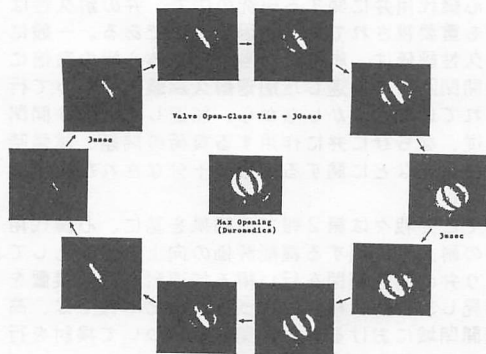


図4 弁開閉状態

次に、弁葉が最大に開いた状態の弁の開口面積を基準(100%)として、図4の画像の弁の開口面積を計算したものを図5に示す。この図より、時間の経過と共に弁が完全に開放し、また閉鎖していく様子が示されている。

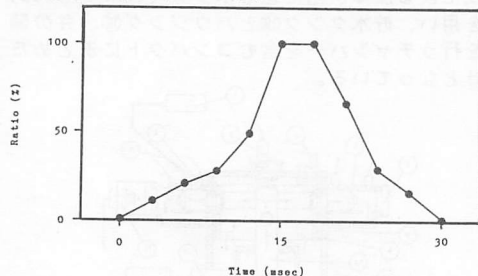


図5 弁開口率の推移

以上の点より、開閉数2000(回/分)において弁の開閉は完全に行われていることが確認できた。

#### 5. まとめ

心臓代用弁の評価試験について高速な弁開閉で行うことを目的とした装置の特性を検討し、以下に示す結果を得た。

- 1) 本装置で低速から高速領域にわたりチャンパー内の通過流量を調整出来ることを確認した。
- 2) 弁開閉数2000(回/分)まで弁の開閉が完全に行われており、生体心臓弁の約30倍の加速耐久試験を本装置で行える。

#### 参考文献

- 1) 田倉智之 他 "心臓代用弁耐久試験装置の試作と検討(第2報)" 1990年精密工学会秋期大会講演論文集
- 2) 横山重吉 "水撃入門" 日新出版