

急性心不全患者を対象とした治療用人工心臓の研究開発

Therapeutic artificial heart for acute heart failure

06T1016R 浮田 啓悟

指導教員：増澤 徹 教授

1. 緒言 従来補助人工心臓は心移植までのつなぎ(bridge to transplant)として使われてきた。一方本邦のみならず欧米でも長期間補助人工心臓装着中に心不全が回復する症例が散見され、'bridge to recovery'という概念が提唱されている。そのメカニズムは依然不明であるが、比較的心筋の損傷の少ない急性心不全患者であれば、心機能回復の可能性が高いと考える。また、心機能の回復には心臓収縮期における高流量補助による冠動脈への血流増加と負荷軽減が必要と考える。本研究では磁気浮上技術を用いた高流量補助が可能な体外循環型治療用人工心臓の開発を目的とした。

2. 方法 本研究で開発する体外循環型補助人工心臓の概略図を Fig.1 に示す。本人工心臓は高耐久、低溶血、抗血栓性に優れた磁気浮上人工心臓とする。本人工心臓は浮上インペラ、磁気軸受ステータ、モータステータ及びポンプケーシングから構成される。血液ポンプの形状には高流量が得ることが可能な遠心ポンプを採用した。浮上インペラの両端には永久磁石とヨークからなる浮上用と回転用のロータディスクを配置した。磁気浮上モータの磁気軸受部については本研究室で開発したダブルバイアス磁束型磁気軸受を用いることで強力な磁気浮上性能が実現可能となる。モータは 12 スロット 3 相 8 極のブラシレスモータを採用した。インペラにかかる磁気軸受ステータとモータステータの軸方向吸引力をつりあわせることにより、インペラを磁気支持するとともに回転させる。

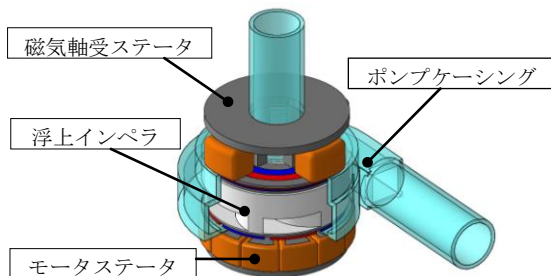


Fig.1 治療用人工心臓

2.1 ポンプの設計 本血液ポンプは回転によって血液を送血するインペラとインペラによって与えられた運動エネルギーを圧力に変換するポリュートで構成する。設計には経験的設計理論および汎用数値流体解析ソフト STAR-CD(CDAJ)を使用した。本ポンプは人工心臓として使用する 2000rpm において、設計目標値を流量 5L/min 送出時揚程 100mmHg 発生可能、流量 20L/min 送出時揚程 10mmHg 発生可能とした。インペラはクローズドインペラとし羽根の入口角度 β_1 出口角度 β_2 は流体機械の経験的設計理論に基づいて設計した。羽根高さは入口から出口に従って低くなるようにし、羽根厚さは出口に従って厚くした。これによりインペラ内を通過する流体の流路断面積が一定となり、インペラ内の圧力損失が減少する。

3. 結果と考察 Fig.2、Fig.3 に設計したインペラおよびポンプケーシングの形状を示す。インペラは外径を $\phi 50$ とし目玉径を $\phi 16$ とした。羽根入口角を 47° とし、出口角を 23° とした。羽根高さは入口高さを 15mm、出口高さを 6mm とした。流入口、流出口の径は高流量を得るため共に $\phi 16$ とした。ポリュートはシングルポリュートとした。ポンプ性能試験機を製作し、ポンプ吐出性能試験を行った。Fig.4 にポンプの HQ 特性を示す。

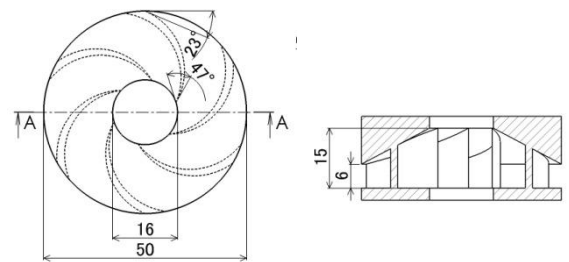


Fig.2 インペラ

Fig.3 インペラ A-A 断面

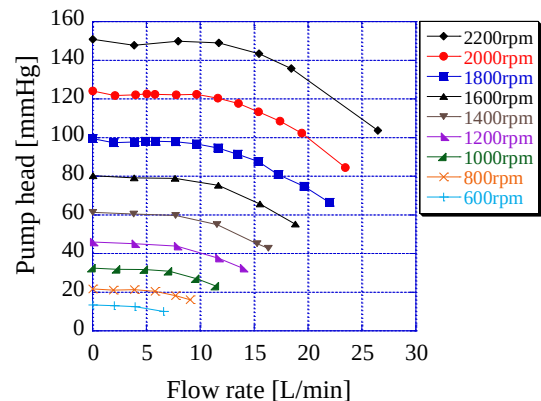


Fig.4 ポンプの HQ 特性

本ポンプは使用回転数 2000rpm において流量 5L/min 送出時、揚程 121mmHg 発生可能であった。また高流量補助時に予想される流量 20L/min 送出時、揚程 105mmHg 発生可能であった。この結果から十分な高流量補助が可能とわかった。しかし、今回設計したポンプおよび使用回転数では、心臓の拍動収縮期にサクションが起こると考える。

4. 結言 本研究では、治療用体外循環型人工心臓に使用する遠心ポンプの設計を行った。流入口、流出口の径を大きくし羽根出口高さを高くすることで、高流量補助可能なポンプの設計が行えた。