

課題番号 78

## 植込型人工肺を目指したガス交換性維持排気システムの基礎検討

### [1] 組織

代表者：原 伸太郎  
(東京大学大学院工学系研究科)

対応者：山家 智之  
(東北大学加齢医学研究所)  
山田 昭博  
(東北大学加齢医学研究所)

#### 分担者：

磯山 隆 (杏林大学保健学部臨床工学科)  
高井 まどか (東京大学大学院工学系研究科バイオエンジニアリング専攻)  
小野 俊哉 (東京大学大学院医学系研究科生体物理医学専攻)  
伊藤 恵理子 (東京都立大学人間健康科学科人間健康科学研究科放射線科学域)

研究費：物件費 10 万円

### [2] 研究経過

2019 年末より Covid-19 が全世界でパンデミックとなり人工肺、なかでも ECMO と呼ばれる循環補助、あるいは呼吸補助に用いられるデバイスについては専門家のみならず、マスコミでも多くが取り上げられ一般市民にも普及した。しかし ECMO はいまだ多くの問題があり、令和 3 年に 6 時間以上 30 日以内の使用を目的とした中長期型人工肺におけるガイドラインが制定されたが、臨床では規定では現状も開心術を目的とした 6 時間以内の人工肺のみであり、現在の重症者に対する治療を含めて臨床医にオフラベルユースというのが現状にある。そのため、経験のある臨床医であれば現行の人工肺でも長期使用はできるが、誰でも自由に使えるわけではない。

本研究では、同様の医療機器である人工心臓とその周辺技術に着目して人工肺の性能ではなく、だれでも簡単に ECMO の管理と将来的な植込型人工肺を想定したガス交換性維持排気システムの検討を行った。

本共同研究では受け入れ先である東北大学加齢医

学研究所心臓病電子医学研究室の山家智之教授および山田昭博助教と ZOOM 等のオンラインでの研究打ち合わせを定期的に開催し、遂行した。

### [3] 成果

#### (3-1) 研究成果

本年度は如何に示す研究成果を得た。本共同研究である排気ガスシステムは植込型人工肺における恒常的なガス計測と密接に関係してくるが、一般病棟や在宅治療を考慮すると、キーとなるのは結露の問題である。結露は外気と人工肺ガス出口周辺温度の温度差より発生するが、臨床的には温風などで人工肺出口周辺温度を上げる対処を行っている。初年度に立案・実施した酸化チタンを用いれば、酸化チタンの光触媒としての効果を加味して余剰な水分を無くすことが可能ではないかと考えた。

第 1 に結果としては結露を予防するほどの効果が得られなかった。理由としては人工肺から発生する結露量が酸化チタンに光分解速度よりはるかに多いことが分かった。表 1 に結果による文献値を示す。そのため、温風など周囲温度を高くする以外には結露を防ぐほどの性能は得られないことが分かった。

表 1 酸化チタンによる結露予防効果がない理由

■人工肺排出ガスが周囲温度まで冷えて結露水を発生	
人工肺 排出ガス露点	36°C
周囲温度	20°C
サンプルガス流量	0.2L/min
結露水発生速度	0.34cc/h
水分解光触媒 文献の気体生成速度から計算した水分解速度	0.009cc/h

第 2 に作成した酸素および二酸化炭素の計測装置における酸素および二酸化炭素の測定結果について図 1 に示す。どちらのシステムについても臨床で用いられる酸素および二酸化炭素のレンジを十分に満たす結果を得ることができた。

今後の課題としては小型化などが考えられるが、これ以上の小型化については難しいことから、キー技術をもつ協力企業を導出して、産学連携に発展させたいと考えている。また本研究に関連して、血液ガスセンサーの自動化についても実施する必要があり、その一部は関連学会にて報告した(成果 1 参照)。

また作成した計測センサーについては特許出願などを前提に協力企業との打ち合わせが進んでいることから割愛する。

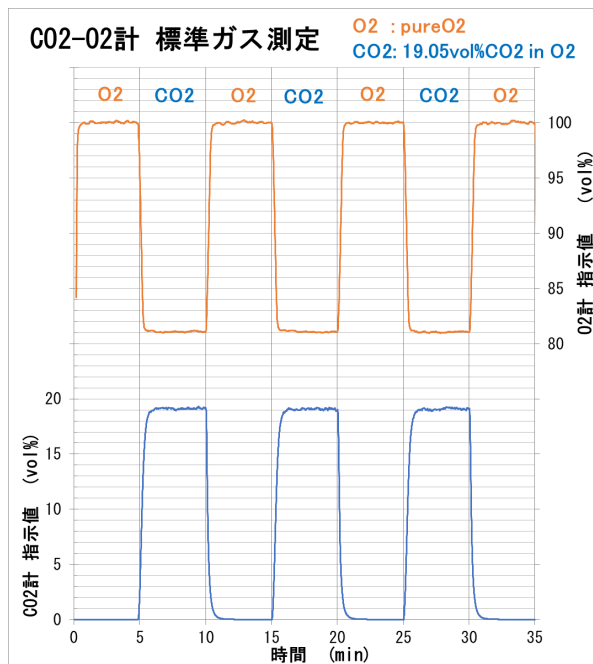


図1 測定結果

### (3-2) 波及効果と発展性など

本研究については現行の ECMO についても導入可能であると考え、協力企業と NDA を締結し、現在実施中である。本研究結果が現状の ECMO においても実装し効果があることが確認できれば、植込み型人工肺以外への応用も視野に入れることが可能である。更なる成果が確認できれば AMED を始めとする大型研究予算への応募なども視野に研究を計測する予定である。

参考文献：高田剛,堂免一成：高効率水分解触媒系の開発,工業材料,Vol.67 No.12,(2019)

### [4] 成果資料

- (1) ECMO リアルタイム血液ガス計測システムの基礎研究 原伸太郎, 伊藤菜乃, 増田造, 内田和杜, 磯山隆, 高井まどか人工臓器(日本人工臓器学会) 50(2) 2021 年