

人工肺の排気の数値流体力学（CFD）による解析

井手 拓海¹⁾ 伊藤 ほたる¹⁾ 張 梓越²⁾ 磯山 隆³⁾

- 1) 杏林大学保健学部臨床工学科4年
- 2) 杏林大学大学院保健学専攻 臨床工学分野 博士前期課程1年
- 3) 杏林大学保健学部臨床工学科

目的

ECMOは中空糸膜を介して血液のガス交換を代替する医療機器である。しかし、長期間ECMOを使用すると、膜から血漿が漏れ出るプラズマリークが生じることがある¹⁾。新型コロナウイルス感染症（COVID-19）は肺炎を引き起こす疾患であり、重症化した患者にはECMOが用いられた。ウイルスは血液中にも存在し、実際に排気部分に漏れ出した血漿から、COVID-19のウイルスが検出されたという報告がある。このような背景から、人工肺からの排気によって室内にウイルスを含むエアロゾルが拡散する危険性があると考えた。本研究では数値流体力学（CFD）を用いて、ECMOから出る排気の様子をコンピューターで数値計算することを目的として解析を行った。

方法

3D CADのOnshapeを用いて、T社およびS社の2種類の人工肺を模擬したモデルをコンピューター上に作成し、流体解析ソフトAnsys2024 fluentを用いてCFDシミュレーションを行った²⁻³⁾。シミュレーションでは人工肺のガス入り口に37℃の水蒸気を毎分4 Lで流し込み、排気部分（T社の人工肺ではケースに排気孔1つと円筒状の排気ポート1つ、S社の人工肺では排気孔3つと排気ポート1つ）から外部空間（20℃）に放出される水蒸気の様子をfluentにて計算し動画化した。

結果・考察

T社、S社の人工肺からの排気の様子をそれぞれ図1、2に示す。どちらのモデルにおいても、水蒸気は排気部分から放出されてすぐに上昇する様子が観察できた。暖かい

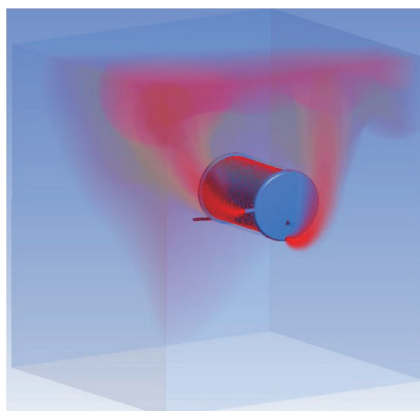


図1 T社人工肺からの排気の様子

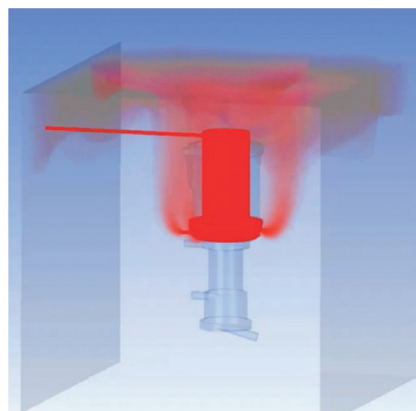


図2 S社人工肺からの排気の様子

気体は体積が膨張することで密度が小さくなり、密度が小さな水蒸気は周囲の室温の空気よりも軽いため、上へ押し上げられると解析結果となった。

また、両人工肺の排気の流量分布を表1に示した。表1より、T社では排気ポートからは全排気の約1/3が、排気孔から残りの2/3が排出されている解析結果となった。S社では4つの排気部分の中で排気ポートが最も流量が少なく全排気の約1/5が、残りの4/5は3つの排気孔からほぼ均等な流量で排気されることが読み取れた。

臨床工学技士はCOVID-19パンデミックの際にはコロナ病棟でECMOや人工呼吸器の管理を行う職務であり、感染の危険性と隣り合わせであったことが今回の研究動機の一つであった。CFD解析によりECMOの排気に含まれる水蒸気は排気ポートや排気孔から室内上方に拡散していく様子が得られたことから、医療従事者の安全対策における一つの知見が得られたと考えられる。

【指導教員】保健学部臨床工学科 教授 磯山 隆, 准教授 小林博子, 准教授 瀬野晋一郎, 講師 渡辺篤志, 助教 木暮英輝

表1 流量分布

T社 人工肺		S社 人工肺	
名称	流量[L/min]	名称	流量[L/min]
排気ポート	1.35	排気ポート	0.789
排気孔	2.65	排気孔1	1.01
		排気孔2	1.16
		排気孔3	1.03

【参考文献】

- 1) 岡井まなぶ. ECMO(PCPS)に起こる代表的なトラブル【血漿リーク】とは. <https://ceokai.com/circulation-assist/287/> (accessed 2024-11-5).
- 2) Ansys Fluent ベーシックセミナー. サイバーネットシステム株式会社, 2022.
- 3) Ansys Fluent ベーシックセミナー例題集. サイバーネットシステム株式会社, 2022.