

医療用呼吸温湿度交換器の  
動的特性に関する研究

2023年度

沖永 佳史

報告番号	㊦ 乙 第	号	氏 名	冲 永 佳 史
主 論 文 題 名 : 医療用呼吸温湿度交換器の動的特性に関する研究				
(内容の要旨) 近年、患者の呼吸を適切に確保するために、医療用呼吸温湿度交換器 (Heat and Moisture Exchanger with Filter : HMEF) が、病院内だけでなく、救急医療の現場においても利用されるようになってきている。このHMEFに関しては、時間平均的な挙動などについてはいくつかの研究がみられるものの、その動的特性について系統的に解析した研究はみられない。そこで本研究では、呼気を想定した温度37°Cの飽和空気 (呼気と呼ぶ) と吸気を想定した温度26°Cの乾燥空気 (吸気と呼ぶ) をHMEFに交互に供給し、呼気側、吸気側の湿度、温度の時間変化を実験的に測定し、その内部現象を検討するために一次元数値解析を行った。その際、HMEF内部が空の場合、スポンジを設置した場合、塩化カルシウムを含浸させたスポンジを設置した場合の3パターンについて検討を行った。 第1章は序論であり、HMEFについて概説し、従来の研究、目的を述べている。 第2章は研究手法であり、実験装置および実験方法、ならびに一次元数値解析の支配方程式、境界条件および計算手法について述べている。 第3章では、呼気を180秒、吸気を180秒、ステップ的に転換して供給した場合の過渡応答特性について実験、数値解析により検討を加え、塩化カルシウムによる水の凝縮、蒸発に伴って、湿度、温度が顕著に変化することを明らかにした。 第4章では、呼気吸気の周期を256秒から、ヒトの呼吸の周期に対応する4秒まで変化させ、その周期応答特性について実験、数値解析により検討を加えた。その結果、呼吸の周期を短くすると非定常性が顕著になり、塩化カルシウムの温度、湿度の変化が人の利用に適した範囲になることを明らかにした。 第5章では、HMEFの基本特性として、塩化カルシウムを含浸させたスポンジ部の厚さおよびHMEFの全長の影響について、数値解析結果をもとに検討を加えた。その結果、単位スポンジ厚さあたりの水の保持量はスポンジ厚さが厚くなるほど少なくなること、また全長を長くするとスポンジ部に到達せずに戻ってくる空気の影響により、湿度、温度の変動の振幅が小さくなることが示された。 第6章では、塩化カルシウムの初期状態およびHMEFの空洞部、接続部などの未利用領域の影響について数値解析により検討を加えた。その結果、両者を適切に設定することにより実験結果に定量的にも対応する結果が得られ、これらの要因がHMEFの特性に重要な役割を演じていることを明らかにした。 第7章では、本論文の結論および今後の課題をまとめた。				

## Thesis Abstract

No. \_\_\_\_\_

Registration Number	<input checked="" type="checkbox"/> "KOU" <input type="checkbox"/> "OTSU" No. _____ *Office use only	Name	Yoshihito Okinaga
Thesis Title <div style="text-align: center; padding: 10px 0;">Dynamic Characteristics of Medical Heat and Moisture Exchanger with Filter</div>			
Thesis Summary <p>A medical heat and moisture exchanger with filter (HMEF) is used to keep the smooth respiration of patients during operations and emergency medical care. The dynamic characteristics of HMEF are investigated experimentally and numerically. Temperature and humidity at both ends of HMEF are measured in three patterns in the HMEF, with no sponge, with a sponge, and with a sponge partly impregnated with the calcium chloride, supplying the 37 °C exhalation air with 100 % relative humidity and the 26 °C inhalation dried air alternately from opposite sides. One-dimensional numerical analysis was performed to discuss the motion inside the HMEF.</p> <p>Chapter 1 provides a background, previous studies, purpose, and the outline of this dissertation.</p> <p>Chapter 2 provides methods of experiments and numerical analysis. The experimental setup, measurement methods, and experimental procedures are mentioned as well as governing equations, boundary conditions, and computational methods for the one-dimensional numerical analysis.</p> <p>Chapter 3 analyses the transient response to the 180 s exhalation air supply and the 180 s inhalation air supply followed by the step change after the exhalation phase experimentally. Results reveal that calcium chloride plays a significant role in water's condensation and evaporation. Results of one-dimensional numerical analysis support experimental ones.</p> <p>Chapter 4 analyses periodic response by changing the period of exhalation/inhalation air supply from 256 s to 4 s. The period of 4 s corresponds to that of normal respiration. Results elucidated that the amplitude of temperature and humidity variations reduces to the level which accommodates human use conditions by decreasing the period of exhalation/inhalation air supply for nonstationary effect increased. Results of the one-dimensional numerical analysis support the experimental ones.</p> <p>Chapter 5 discusses the basic characteristics of HMEF based on the results of one-dimensional numerical analysis. When the width of the sponge impregnated with the calcium chloride increases, the amount of water absorbed by the sponge per unit width of the sponge decreases monotonically. When the length of HMEF is increased, the variation in humidity and temperature decreases because the amount of air that does not reach the sponge increases.</p> <p>Chapter 6 discusses the influences of the initial condition of calcium chloride and the dead space which are the open space in the HMEF and the connecting tubes. The numerical results show that not only qualitatively but also quantitatively closer profiles of humidity and temperature to experimental ones. It suggests that these influences play important roles in the characteristics of HMEF.</p> <p>Chapter 7 summarizes the conclusions and future research topics.</p>			