

陽子線ラジオグラフィによる冷媒挙動の観察

技術開発研究室 掛布光孝

Observation of Liquid Refrigerant in Narrow Channels Using Proton Radiography

Mitsutaka Kakeno

新開発のカーエアコン用熱交換器では、直径1mm前後の冷媒流路が採用され、流路内での冷媒流動様式や流路間での冷媒分配の均等性などがその性能に強く影響するようになった。このため、実部品内部における冷媒挙動の解明が、熱交換器の高性能化に不可欠となってきている。

従来、カーエアコン用実部品内部の冷媒挙動の観察には、中性子ラジオグラフィが活用されている。しかし、中性子の透過力は大きく、液冷媒の厚さが1mm以下になると十分なコントラストが得られない。そこで、本研究では、中性子より透過力の小さな陽子を利用した陽子線ラジオグラフィによる液冷媒の観察を試み、これに成功した。

Fig. 1に冷媒挙動の観察に供したチューブの断面図と陽子の入射方向を示した。流路の高さHは0.3, 0.5, 0.9, 1.1mmの4種類である。

Fig. 2は、H=0.3mmのチューブに入射した陽子のエネルギー変化の計算結果を示したものである。流路内の冷媒ボイド率が小さい場合（Fig. 2のB=0, 0.25）、チューブの管壁内部でエネルギーが0となり、陽子はチューブを透過できない。一方、ボイド率が大きい場合（Fig. 2のB=0.5～1.0）、チューブ裏面においても陽子は数MeVのエネルギーを有し、チューブを透過する。そこで、この現象を利用し、チューブを透過した陽子でシンチレータを発光させれば、ボイド率の違いをコントラストの違いとして映像化できることが分かった。また、Hの変

化には、陽子の入射エネルギーを変えることで対処できることも分かった。

Fig. 3に陽子線ラジオグラフィによる液冷媒の観察例を示した。図は、H=0.3mmのチューブ内部を高速流動する液冷媒をシャッター速度1/10000秒で撮影した映像の1フィールドをプリントアウトしたものである。白色の矢印で示した暗い影が液冷媒の塊を表す。Hの異なる他のチューブにおいても同様な映像が得られた。

陽子線ラジオグラフィの利用により、厚さ0.3～1.1mmの液冷媒の挙動がシャッター速度1/10000秒で撮影可能となった。

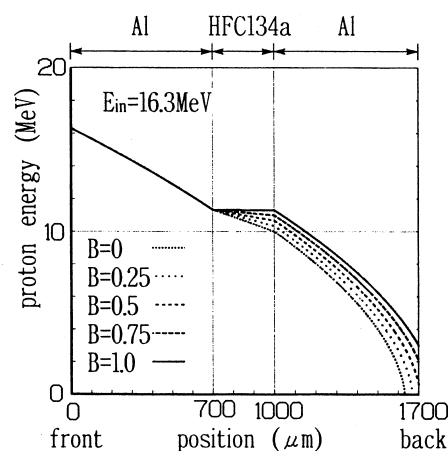


Fig. 2 Proton energy in a tube
 E_{in} is incident energy, and B is void fraction of refrigerant HFC134a.

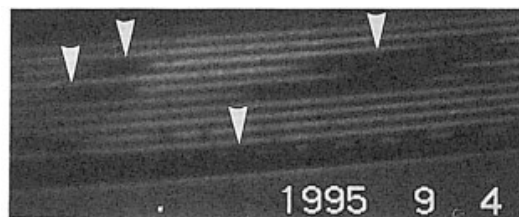


Fig. 3 Proton radiography image of boiling HFC134a in a tube.
A shuttering speed was 1/10000s. Black shadows arrowed in white indicate the liquid HFC134a.

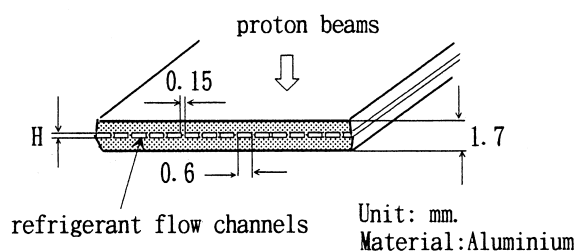


Fig. 1 Cutaway view of a tube and direction of proton beams flow.