

# 異なる封入ガスを用いた霧箱によるアルファ線の飛跡観測

防衛大学校 本科 55 期 応用物理学科 小林 大樹

## 1. 研究目的

霧箱は放射線を視覚化できる装置として、20 世紀前半における現代物理学の発展に貢献した。1950 年代からは、教育用目的として主に空気中でのアルファ線観測などに使用されている。本研究では、空気と He ガスという異なる封入ガスを用い、物質の違いによるアルファ線の飛跡の違いが視覚的に観測できるかを検証する。視覚的違いとして、飛程（アルファ線が気体中で静止するまでに通過する距離）および飛跡の濃さを観測した。

## 2. 霧箱の原理と実験装置

霧箱の原理を図 1 に示す。霧箱上部の溝に溜められたエタノールは、電熱線により蒸発し霧箱内に充満する。さらに、その蒸気を底部の液体窒素で静かに冷却することにより過冷却層が形成される。気体中をアルファ線が通過すると陽イオンと電子が生成されるが、過冷却層内では陽イオンが核となり、過冷却状態のエタノール蒸気が凝集し、エタノールの液滴が成長していく。次第に液滴が大きくなり霧となってアルファ線の飛跡が見えてくるようになる。

本研究で使用した霧箱の観察槽内の様子を図 2 に示す。観察槽の大きさは縦横 30 cm 四方、深さ 7 cm（容量：6.3 リットル）である。アルファ線源として用いた  $^{241}\text{Am}$  は、半減期 432 年で  $^{237}\text{Np}$  に崩壊する際、主として 5.486 MeV のアルファ線（高速の He 原子核）を放出する。ただし、線源は 5  $\mu\text{m}$  のアルミニウム被膜で密封されているため、被膜通過後のアルファ線のエネルギーは平均 4.7 MeV となる。気体の密度は温度によって変化するため、白金抵抗温度計（長さ 4 cm、直径 0.2 cm）を設置し温度を計測した。封入ガスとして He ガスを使用する際は、観察槽を密閉後、側面の挿入口から約 10 リットルの He ガスで置換した。

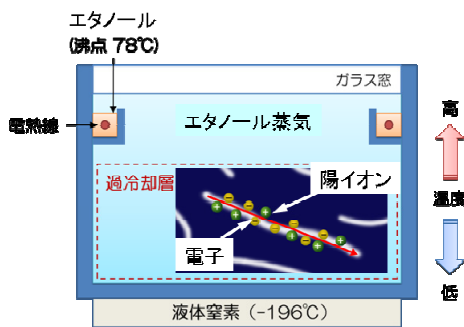


図 1 霧箱の原理

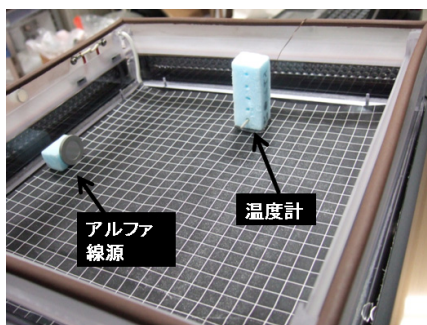


図 2 霧箱の観察槽内の設置図

## 3. 実験結果、考察

観察槽内の温度は徐々に下がり続け、ある温度から飛跡が見え始める。その時点から数分間隔で方眼用紙の目盛りを用いてアルファ

線の飛程を計測した。なお、飛程の測定精度はおよそ 0.5 cm 程度であり、観察槽内の温度は  $-80^{\circ}\text{C}$  付近まで徐々に下がる。封入ガスを空気とした場合と、He ガスにした場合のアルファ線の飛程を図 3 に示す。

空気の場合には、 $-40 \sim 0^{\circ}\text{C}$  の範囲で温度によらず飛程は 3 cm 程度であった。霧箱の中は温度勾配が大きく密度変化も大きい。データが妥当であるかを評価する為に、密度の温度依存性を考慮した飛程を計算した（図 3 中の破線）。この結果、測定精度の範囲内で一致したことから、飛程の測定方法に問題が無いことが確認できた。

He ガスの場合には、温度にもよるが 8 cm 以上の長さとなり、空気より飛程が明らかに長くなった。空気の場合と同様に、密度の温度依存性を考慮した飛程を計算した。He ガスについては、空気が混じっている場合を想定しそれぞれの飛程も計算した。1 度目の測定（測定 1）において  $-65^{\circ}\text{C}$  付近で測定精度の範囲内で一致しているものの、 $-80^{\circ}\text{C}$  付近になると飛程が He 100% の計算結果に比べ短くなった。この理由は、時間経過とともに計算結果との差が大きくなっていることから、He ガスの漏れが原因であると考えた。そこで、観察槽と蓋の接合面にグリースを塗り、さらに蓋の上に重りを載せガス漏れを防止した。この条件で後日 2 度目の測定（測定 2）を行ったところ、測定 1 の結果よりも飛程は短くなったが、空気を混入させた場合の計算結果とほぼ一致している。飛程が短くなった原因は、He ガスで観察槽内を十分に置換できず空気が混在したためであると考えられる。従って、He ガスで飛跡を観測する際には、ガス漏れの防止および置換を十分に行うことが重要であることが分かった。

飛跡の濃さは各気体で生成される単位長さ当たりの電子-イオン対の数で決まる。アルファ線 4.7 MeV に対する質量阻止能と、気体密度および気体の W 値から計算でき、 $-60^{\circ}\text{C}$  の場合、空気については 37290 個/cm、He ガスについては 5360 個/cm と見積もられる。これより、He ガスの時には飛跡の濃さは薄くなると予想される。実験した結果、定量的な評価は難しいが、視覚的に He ガスにおける飛跡の濃さが薄くなったことを観測することができた。

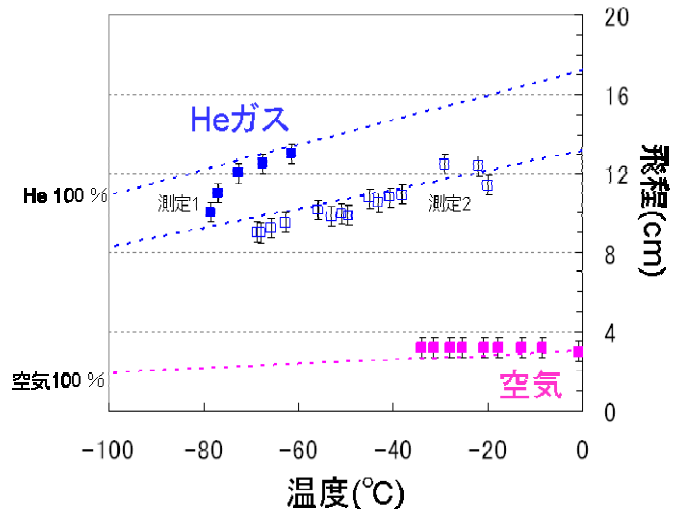


図 3 空気及び He ガス中での飛程と温度の関係

指導教官 助教 松村 徹、教授 新川 孝男