

放射線理解のための霧箱の活用

The Study of a Usage of Diffusion Cloud Chamber for Understanding of Ionizing Radiation

名古屋大学	田原 譲	Yuzuru TAWARA	No member
名古屋大学	原 慎二	Shinji HARA	No member
京都ノートルダム 女子大学	古賀 一男	Kazuo KOGA	No member
○中部電力	辻 建二	Kenji TSUJI	Member

Abstract.

A scientifically correct understanding of the nature of ionizing radiation and its impact on the health has become more and more important after the accident at the Fukushima nuclear power plant due to the Great East Japan Earthquake that occurred on March 11, 2011. We studied fabrication and effective usage of diffusion cloud chamber for general public. It was found that especially the shielding effect for various radiations shown by our cloud chamber is very effective for comprehensive understanding of ionizing radiation.

Keywords: Ionizing Radiation, Diffusion Cloud Chamber, Track, Shield, heuristic comprehension

1. はじめに

日常生活は高度に発達した科学技術に支えられて成り立っているが、しくみや原理について意識することはほとんどない。分子・原子レベルの挙動について考えることもなく、同様に、放射線について意識する必要もない。そのため、日常生活を支えるしくみ・原理、分子・原子レベルでの挙動、あるいは放射線について、いざ理解しようとするとなかなか困難なことである。

2011年3月11日の東北地方太平洋沖地震に伴う東京電力福島第一原子力発電所事故をきっかけに、放射線による人体への影響についての関心が高まった。

しかし、放射線について理解するのは容易なことではないことから、「放射線」(あるいは放射線を発生する「原子力」)と聞くと「なんとなく怖い」という印象をもってしまう。

そのため、「放射線の特徴はどのようなものであるか」とか、「放射線による人体への影響はどうか」ということを科学的に正しく理解することの重要性がますます高まってきている。

このような状況から、人々が放射線について正しく理解するにはどうしたらよいかという研究を開始した。

1936年にLangsdorf, A. Jr. が開発して以来長期間使用されている拡散型霧箱は、容器の中を過飽和状態のアルコールの気体で充満させ、放射線が通過することにより励起された粒子にアルコールの粒が凝集し飛跡となって見えるものである。

本研究では、この拡散型霧箱の側面に穴を開け、そこから放射線源を挿入することにより、様々な種類・エネルギーの放射線を観測できるようにした。また、様々な材質の遮へい材を挿入することにより、遮へい効果も観測できるようにした。

このように霧箱を用いることにより、放射線の「見える化」を行うとともに、実際にこの霧箱での様子を見てもらうデモンストレーションを実施した。本論文では、放射線の「見える化」とデモンストレーションの結果を報告する。

連絡先: 辻 建二
住所 : 〒437-1695 静岡県御前崎市佐倉 5561
所属先 : 中部電力 (株) 原子力安全技術研究所
E-mail: Tsuji.Kenji2@chuden.co.jp

2. 霧箱の製作

今回改良した霧箱は、縦横とも 225mm、高さ 100mm、側面は 5mm 厚さの亚克力板であり、底面は熱伝導性を良くするため厚さ 3mm の銅板を敷き、その下には冷却源として 1kg のドライアイス を 20mm の厚さで敷きつめた。ドライアイス の下と霧箱の側面を 5cm 厚さの発砲スチロールで覆い、300cc のエタノールを過冷却材として用いた。

このような装置で過冷却層 30mm 程度を生成することができ、また過冷却状態を数時間維持することができた。

また、コントラストを強調し飛跡が見えやすくなるように、霧箱内の内面に植毛紙を貼りつけた。

放射線源および遮へい材を霧箱内に挿入できるように、側面に幅 6mm、高さ 25mm の長方形の穴を 3 か所開けた。これらの穴から空気の流出を防止するため、通常時は植毛紙で穴を覆い、放射線源や遮へい材を挿入するときだけ植毛紙を巻き上げられるようにした。霧箱内に植毛紙を立たせ、霧箱内の空間を 2 分できるようにした。飛跡を照らすことができるように、一辺の上面に一系列に LED 照明を配置した。また、水蒸気が付着しないように、霧箱の上面はヒーター付のガラス板とした。

霧箱の外観と構造を図 1 および図 2 に示す。

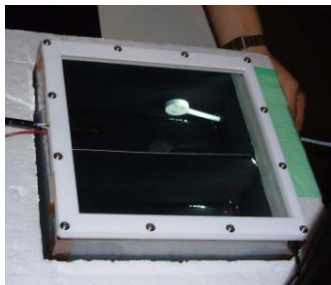


図 1 製作した霧箱

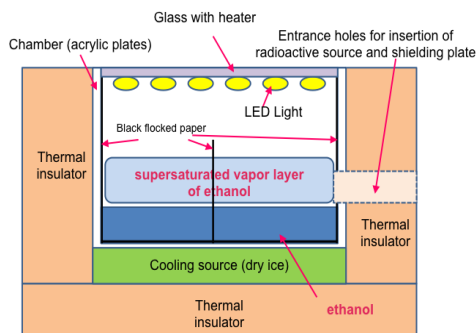


図 2 霧箱の構造

3. 霧箱内の飛跡

3.1 β 線と X/γ 線

放射線が霧箱内に入ると気体分子はイオン化されて

電子を放出する。過飽和状態の気体分子はイオンに引き寄せられて集合し、水滴が発生する。たくさんの水滴が雲となり、雲のつながりが飛跡として観測できる。

2.8kBq の Am-241 線源を霧箱側面の穴から挿入したところ、約 10mm の飛跡が観測できた。これは Am-241 線源からの 59.5keV の γ 線の大気圧における空気中の飛跡長さと一致した。

Fe-55 線源を霧箱に挿入した時の飛跡を図 3 に示す。Fe-55 からは 5.9keV の X 線が放出され、大気圧の空気中の飛跡長さは 1mm と計算される。図 3 の飛跡から計算結果と一致した。

Cs-137 線源から主に放出される γ 線は 662keV であり、この場合は今回開発した霧箱を貫通してしまう。線源を霧箱外に設置した場合でも同様に貫通することが確認できた (図 4)。



図 3 Fe-55 線源からの 5.9keV X 線による飛跡



図 4 Cs-137 線源からの 662keV γ 線による飛跡

3.2 α 線

α 粒子の飛跡を確認するために Th-232 を含むランタンのマントルを用いた Th-232 は数回の壊変により Rn-220 になる。Rn-220 は 55.6 秒の半減期で Po-216 に壊変し、Po-216 は半減期 0.145 秒で Pb-212 に壊変する。Po-216 の半減期は非常に短く、Rn-220 と Po-216 から放出される α 線は約 6MeV とほぼ等しいことから、図 5 のような飛跡を観測することができた。飛跡長さは 5 ~ 6cm であり、また α 線の LET (線エネルギー付与)

が大きいことから、飛跡はβ線のものより太いことがわかる。



図5 Th-232 を含むランタンからのα線による飛跡

4. 遮へい効果

4.1 X線とγ線

遮へい効果を分かるようにするため、0.5、1 および 50mm 厚さの鉛板と 0.5mm 厚さの紙を用いた。これらの遮へいに対する透過率を表1に示す。

側面に挿入用の穴を開けた霧箱内に放射線源と遮へい材を挿入した。図6(a)に Fe-55 の 5.9keV の X 線の飛跡を示す。図6(b)は追加で鉛板を挿入した場合の状態であり、飛跡は見えなくなっていることがわかる。

Am-241 からの 59.5keV のγ線の場合は、0.5mm 厚さの鉛板では飛跡の数が減少し、1mm 厚さの鉛板の場合飛跡はほとんど観測できなかった。

表1 遮へい材によるγ(X)線の透過割合

材質	厚さ (mm)	Fe-55 X(5.9keV)	Am-241 γ(59.5keV)	Cs-137 γ(662keV)
紙	0.5	0.25	0.992	1.000
鉛	0.5	—	0.062	0.94
鉛	1.0	—	0.0038	0.88
鉛	50	—	—	0.002



(a) 遮へいなし (b) 遮へいあり

図6 Fe-55の5.9keV X線の遮へい効果

4.2 α線

α粒子に対する遮へい効果を確認するため、霧箱内の空間を2分するように植毛紙を立てかけた。右側の

空間にマントルを挿入した際に左側の空間には観測されなかった(図7)。これは、約6MeVのα線は、数百μm厚さの紙を貫通できないことを意味する。



図7 α線に対する遮へい効果

5. デモンストレーション

電離箱を用いた放射線の理解と教育的効果を調べるため、広報施設のコンパニオンを対象にデモンストレーションを実施した。はじめに放射線の特徴と霧箱にて飛跡が生成するメカニズムについて説明し、その後照度30ルクスにて霧箱の飛跡を観測した。霧箱は縦横各20cm程度であるため一度に2~3名で観測した。

4章にて記載したとおり、α・β・γ/X線の種類、γ/X線の様々なエネルギーの飛跡、および遮へい効果についてデモンストレーションを実施した。参加者32名のうち23名は霧箱での観測をしたことがあるが、霧箱での遮へい効果についての経験はひとりもなかった。

デモンストレーション終了後、霧箱での飛跡の観測を5段階(非常によく見えた、よく見えた、見えた、あまり見えなかった、全く見えなかった)で評価してもらった。

その結果、27名は非常によく見えたと回答し、4名はよく見えたとの回答であった。また、24名は放射線の種類と特徴がよくわかったと自由記述欄に記載した。

なお、遮へい効果を確認できる他の方法としては、GM管の音を用いる方法がある。GM管と放射性物質の間に遮へい材を入れた時にモニタ音の変化で遮へい効果がわかる。しかし、霧箱で飛跡の数が増減する方が、より直接的であり遮へい効果を理解しやすいといえる。そのため、霧箱を用いることは放射線の特徴を直感的に理解するのによい方法であるといえる。

6. まとめと今後の計画

放射線源や遮へい材を挿入できる新しい拡散型霧箱を開発し、様々な種類の放射線の飛跡や遮へい効果を

飛跡の変化にて具体的に見えるようにした。また、デモンストレーションを行い、霧箱は放射線を直感的に理解するのに適切なツールになりえることがわかった。

今後は、今回開発した霧箱を更に発展させ、より多数の人が同時に飛跡を観測できるように大型化するとともに、飛跡がよりはっきり見えるようにコントラストを強調し、また過冷却状態を安定にできるように改良する計画である。

また、放射線による人体への影響を理解できるようにするため、霧箱を用いた物理的現象をもとに、人体での化学的・生物学的なメカニズムがわかるシステムを開発する計画である。最終的には、一般の人が放射

線による量的な評価やリスク比較についてわかりやすく理解できるようにしていきたいと考えている。

参考文献

- [1] Langsdorf, A. Jr., Rev. Sci. Instrum., 10, 91(1939); doi: 10.1063/1.1751494.
- [2] Ichiro TODA, How to teach radiation by a cloud chamber, JAERI-Conf 2005-001, pp559-561

(平成 25 年 6 月 27 日)