

有限会社ラド 戸田 一郎

■「断熱膨張型霧箱」に想う

放射線・放射能の世界を切り開くきっかけとなった記念すべき実験装置「断熱膨張型霧箱」。未だ実験室の片隅に眠っている学校も少なくないこの「断熱膨張型霧箱」について今回は振り返ってみたい。



断熱膨張型霧箱¹⁾

■「断熱膨張型霧箱」の特徴・原理

「断熱膨張型霧箱」の特徴は、ドライアイス等による外部からのエネルギーを必要とせず、観察層の容積を急激に増やすことによって断熱膨張を引き起こし、観察層の上下で大きな温度差をつくり出すことだと言えよう。

霧箱は作動原理から、「断熱膨張型霧箱」と「拡散型霧箱」に大きく分類される。どちらも過飽和にしたアルコール蒸気の中を荷電粒子が通るときに道筋にできたイオンを核にして、極性分子であるアルコール分子が凝結して霧の飛跡を描く。一般に α 線であれば3～5 cm程度の飛跡を見ることができる。

■操作の際の留意点

1. 観察槽内の気密性が保たれること。観察槽は二重底になっており、観察する側の底面は金網など穴の開いた金属板で作られ、金属板には黒い布が貼ってある。最下層の開口部は柔らかなゴムシートで塞がれ、シートの中心部は槽に垂直に往復運動をするピストンに留められている。このピストンの往復により

観察槽内の体積を変化させる。古い霧箱の場合、このゴムシートが劣化して破れ、気密性が保持できない場合が多い。

2. 観察槽内のイオンを除去するための整流電源装置が正常に働いていること

3. 飛跡を照らす照明装置の確認

4. 観察槽内の¹⁾膨張比をおよそ1.15～1.19に調整する。

5. 霧を生み出すための材料として。

観察槽の底面をエタノール（または40%+エタノール60%）で十分に湿らせた後、上蓋をしっかりと閉める。

6. ゆっくりハンドルを回し、観察層の膨張と収縮を繰り返す。最初のうちなかなか飛跡は見えないが、膨張比を少しずつ調整してハンドル操作を繰り返すと、やがて観察槽が「バーンと下がった約1秒間」飛跡が見えるようになる。一度、飛跡が見えると、その後はハンドル操作で連続的に見えるようになる。

■霧箱の改良に貢献した日本人～清水武雄～

清水武雄（1890～1976）³⁾は石川県生まれ。1917年にイギリス・キャベンディッシュ研究所へ留学した。彼はこのとき霧箱の改良について2本の論文を発表している。その1本は、複数枚の鏡を使った撮影方法の改良でこの論文の査読者はラザフォード。他の1本は、モーターの回転を利用して連続的に槽の膨張と収縮を繰り返す装置の提案で、査読者はC. T. R. ウィルソンである。

論文は共に「Received June 4, 1921.」となっている。ラザフォードやC. T. R. ウィルソンなど一流研究者がひしめくキャベンディッシュ研究所で、清水武雄は瞬くうちに霧箱の改良に成果をあげ、その霧箱を使って研究に専念しようとする矢先の1936年（昭和11年）、日本に帰国（呼び戻されとの説もある）した。

この年、世界では”ロンドン海軍軍縮条約“が失効し、日本では”2・26事件“が起こるなど、世界的に政情が不安定な時代であった。

■オリジナルの断熱膨張型霧箱

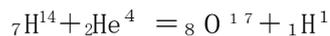
1988年、私はロンドンを訪れる機会を得た。ウィルソンが作ったオリジナルの断熱膨張型霧箱は当時、ロンドンのキャベンディッシュ研究所の中にある博物館の特別室に展示されていた。幸運にも私はそれを見ることができた。

放射線教育に霧箱を活用しようと取り組んでいた私は、その霧箱を見た瞬間、ウィルソンやラザフォード、ブラケットなど一流の科学者の科学的な発見に貢献して来たこの霧箱に、風格と存在感を感じた。この霧箱は機構的にも外形や大きさも前ページの写真(図1・1)とほぼ同じ(横×高さ×奥行がほぼ40cm程度)であるように見えたが、ウィルソンの場合はこれに直径20cm程度のガラス球が横から取り付けられていた。これは観察槽の底面にセットされているピストンを急激に下げ、観察槽の体積を瞬間的に増して気圧を下げるための機構の一部であり、このガラス球がついていることが印象的であった。

■断熱膨張型霧箱による歴史的な実験

ウィルソンはこの霧箱を使い、1910年までに放射線の飛跡を可視化し、1911年に発表した⁴⁾。またラザフォードは何度も実験を繰り返した結果“原子の有核モデル”を提唱⁵⁾し、その説はさらに進んで“原子核を人工的に破壊できることの可能性を論じている。

ブラケットは撮影した多くの実験写真の中に、「霧箱に打ち込んだα粒子が窒素の原子核に衝突し、酸素と陽子に変換する現象」⁸⁾を発見した。



これこそ人類が初めて「人工的に、ある原子核を他の原子核に作り替えることの可能性を論じたラザフォードの説」を実証した記念すべき証拠写真である⁷⁾。と同時に人類が“核エネルギーの「有用性と危険性」の“両刃の剣”を手にした瞬間でもあろう。

■授業における演示実験

歴史の転換点に大きな役割を果たしたこの断熱型霧箱を使って、生徒に“放射線の飛跡”を見せようと考えた。

生徒を2人ずつ前に呼び、教卓に水平にのせてある直径12.5cmの霧箱の観察槽を注視させ、私は断熱膨張を起こすレバーを、飛跡が見えるまで何度も操作し、最終的に40人全員が飛跡を見ることができた。

このタイプの霧箱は「レバーで一瞬、槽内の気圧が下がった、およそ1秒間だけ飛跡が見える。生徒は飛跡をよく見るために、観察槽の真上に自分の顔を持っていこうとする。しかし相手の生徒も同じ思いである。そこで2人はお互いの額をくっつけあったまま押し合うことになる。2人以外の生徒達は座席からこの愉快的押し相撲を見て大笑いをしたことも、今は楽しい思い出である。

■「断熱膨張型霧箱」から「拡散型霧箱」へ

カリフォルニア大学のラングストルフによって、一瞬しか飛跡の見えない断熱膨張型に替わって現在私たちが霧箱実験に使っている拡散型霧箱の原型が発表されたのは、清水がイギリスから帰国した3年後の1939年(昭和14年)であった。

参考文献：1) 「ウィルソン霧箱wy-135の取り扱い説明書」,

2) 4) 「WILSON'S ORIGINAL CLOUD CHAMBER」, CAVENDISH MUSEUM 収蔵品解説書

3) 「20世紀日本人名辞典」, 日外アソシエーツ, 2004

5) ラザフォード(フィロソフィカルマガジン 1911)

6) 7) ラザフォード(フィロソフィカルマガジン 1919)

8) ブラケットと、リーによる窒素核の壊変写真(王立協会議事録 1932)