

話 題

夢大学 in TOYAMA'99

富山大学放射性同位元素総合実験室

高 塚 清 文

去る9月11日、富山大学放射性同位元素総合実験室は、夢大学 in TOYAMA'99の開催に際して、展示パネル「くらしと放射線利用100年の歴史」及び体験入学「キュリー夫妻によるラジウム発見の追体験」を供することにより、国内の核アレルギーを抑制し、放射線の安全利用に係る例示を示して、アイソトープのイメージチェンジと認識の変革による理解を図った。

■展示パネル「くらしと放射線利用100年の歴史」

「くらしと放射線」については、以前より、「放射線とは何だろう？」の常設展示があり、これに加え「100年の歴史」、「放射線の安全利用」のコーナーに大別して展示を行った。

「放射線とは何だろう？」では、崩壊、放射線の線質、半減期、物質との相互作用等日本アイソトープ協会のOHPシートを活用して、展示パネルを構成し、さらに、説明資料として、放医研ニュースより「放射線とつきあうために」を配布した。例年と同様に、ウラン鉱石標本等標準線源と各種サーベイメータによる α 線・ β 線・ γ 線と遮蔽材の効用をテーチングアシスタントの指導の下、実体験していただいた。

「100年の歴史」は、参考資料(表)とホームページを検索し、肖像写真は、Newton(教育社)の「世界の科学者100人」よりキュリー夫人・レントゲン・ラザフォード等を引用し、キュリー夫妻の活動の歴史と放射線利用の手法を呈示し、その関係資料を配布した。放射線利用の歴史において、X線の構造解析・アイソトープのトレーサ実験・GM管・サイクロトロン・年代測定法・癌治療・密封線源利用機器の開発・シンチカメラ・X線CTやジャガイモの放射線照射の許可等から「放射線の安全利用」へと繋げる企画とした。

「放射線の安全利用」における展示は、朝日新聞の「主な放射線利用」に沿って、原子力安全技術センターの「放射線利用A to Zくらしとアイソトープ」からグラビアを活用した。

●医療領域(不思議な力 切らずに見る 切らずに治す …見えないものが見える放射線の力)

病気の診断(X線検査、X線CT検査、アイソトープ検査、インターベンショナル)、癌の放射線治療、ガンマナイフ、重粒子線治療、陽子線治療、X線と粒子線の比較

●農業領域(品種改良にもマジカルパワー…より良い作物を作るためにも放射線が)

イオンビーム照射による突然変異(菊)、昆虫の不妊化(ウリミバエ)、食品照射、ガンマフィールド施設

●工業領域(いくつ知ってますか?工業製品の放射線利用…タイヤや電線は放射線で強くなっていた)

耐熱性電線、高分子物質への照射、蛍光灯の点灯管、X線荷物検査、非破壊検査

●資源・環境保全領域(資源のリサイクル環境汚染に取り組む…環境汚染・資源再利用に放射線パワー)

電子線による排煙処理法、電子線法による汚泥処理、環境汚染測定

●文化財解析領域(放射線の「目」が解き明かした古代の115文字…過去の謎を解き明かす探偵)

稲葉山鉄剣、龍首水瓶、仏像、大窪遺跡の壺、王と王妃の像、年代測定

●アイソトープと放射線(放射能と放射線、放射線的作用、自然放射能、食品の放射能濃度、人間と放射線、宇宙線の量、トンネル内の放射線量)

●アイソトープとトレーサ実験(イメージングアナライザーシステム、解析写真、突然変異)

●その他(円筒端窓型GM計数管の構造、NaIシンチレーションカウンタ、EBアート)

●ラジウム発見の意義(レントゲン→キュリー夫妻→ラザフォードへの流れ)

簡単に、偶然がもたらした歴史的発見をひもといて見ましょう。

レントゲンが真空放電から、陰極線管が発する陰極線とは違った光が白金シアン化バリウムの蛍光を見つけ、正体不明・未知の光線“X線”(放射線)を発見、その透過力(貫通力)を遮るには、密度が大きく重い金属が効果があること、偶然、手の影の

中に骨の影が現れた。このように、普遍的に利用された成果が、放射線の光明(可能性)を照らす、第一歩であった。

ベクレルがウラン化合物からX線とは違う放射線、自然放射能を発見した。これが、原子核研究の原点となる(蛍光物質…太陽と硫酸ウランカリウムのリン光がX線を発するの？、曇り日で中断された偶然がウラン化合物の放射能を発見した)。

キュリー夫妻がウラン鉱石のピッチブレンドから放射線測定を頼りに放射性物質の探求へと向けられ、ポロニウムを発見、バリウム成分からラジウム分離を行い、これが、「放射化学及び放射分析」研究への扉を開くことになり、放射線を出す能力を「放射能」と命名しました。後にシーボルク等によって解明されるヘリウム原子核の崩壊による一群の放射性元素(超ウラン元素の発見)が、メンデレーエフの周期律表の空席を埋めることとなる。ラザフォードは、「ラジウム」から「 α 線」、「 β 線」が出ていることと、「原子核」等を発見しました。また、 β 線が先生であるトムソンが発見した電子であり、弟子のロイズと α 線がヘリウムの原子核であること、さらに、ガイガーとともに原子核の存在を確認した。次いで、弟子のロバートとトリウム・エマネーションの研究からラドンを発見し、ソディとともに物質現象から原子壊変の理論を打ち立て、原子番号が同じで質量数の違う元素「同位元素」を見つけた。ソディは、同位体の変位則としてまとめた。

チャドウィックが「陽子」とともに原子核を構成する「中性子」を発見しました。ニールス・ボーアは、キャベンディッシュ研究所に留学中、マンチェスターのラザフォードの下で研究し、ラザフォード模型により水素スペクトルを説明した。弟子のチャドウィックは、ラザフォードの予言した中性子の存在を確認した。

ラザフォードがキャベンディッシュ研究所で育てた科学者や共同研究者が、原子物理学において、おおくの功績を残した。この後、これらの発見をとおして発展した放射線科学は、医療、工業、農業等に大きな貢献を果たしています。また、100年後の今日、日本では全発電量の約3割が、ウランを燃料とした原子力発電でまかなわれています。

■体験入学「キュリー夫妻によるラジウム発見の追体験」

1998年はキュリー夫妻がラジウムを発見して100年目に当たりました。

当時の科学現象はニュートン力学ですべてが解明できたのですが、ラジウムの発見は、放射能の発見であり、原子の内部構造の解明へつながり、イギリスの物理学者ラザフォードが実験的に証明し、今世紀物理学の最大の学術成果「量子力学」となりました。

この講座では、2000年ミレニアムを迎えるに当たり、キュリー夫妻の追体験をしながら、新しい科学の幕開けを検証したいと思います。

●「キュリー夫妻を知ろう」

・「マリ・キュリー」Newton(教育社)「世界の科学者100人」より

近代物理学を開いた0.1gの塩化ラジウムの青いリン光→放射線が4倍も強いのは新元素があるからだ(癰青 ウラン鉱)→ラジウム含有量0.1ppmから4年にわたる塩化ラジウムの結晶づくり

・「時代を先駆けた女性 マリ・キュリー ラジウム発見から100年」現代化学1998年4月

・「キュリー夫妻 放射化学の創設者たち」化学と工業第52巻8号(1999)

・「キュリー夫妻の業績と生涯 知られざるキュリー夫人の真実」医療科学社

●ビデオ上映

「キュリー夫妻 —その愛と情熱—」(20分)

「キュリー夫妻 —ラジウムの発見と医療への応用—」(18分)

●実験観察

ウラン鉱物中のウランの含量(少ないかを実感する)

●体験実習Ⅰ

放射線を見る工夫…霧箱を用いる

簡易的霧箱の制作、自然放射線及びラドンガスの飛跡を観察する。

演示実験：宇宙線を見る 戸田一郎(富山第一高校)

●体験実習Ⅱ

放射線の性質… α 線、 β 線、 γ 線について調べる

●体験実習Ⅲ

簡易放射線測定器「はかるくん」で測定実習

(検出器：ヨウ化セシウムシンチレータ…CsI-Tlとフォートダイオード μ Sv/h表示、 γ 線150keV～3 MeV)

表 くらしと放射線利用100年の歴史

年	出来事
1859年	ビエール、フランスのパリに生まれる。
1867年	マリー、ポーランドのワルシャワに生まれる。
1869年	メンデレフ、元素の周期律を発表
1880年	ビエール・キュリー、ピエゾ電気の法則
1891年	マリー、数学と物理を修学の為、パリに渡る。
1894年	マリー（マニア・マクロドフスカ）、ビエールと出会う。
1895年	レントゲン、X線を発見（1901年 ノーベル物理学賞） ビエール・キュリー、キュリーの法則（磁性） ビエール、マリーと結婚
1896年	ベクレル、ウラン鉱より放射能を発見（ノーベル物理学賞）
1898年	ラザフォード、 α 線、 β 線を発見（ノーベル化学賞） キュリー夫妻、ピエゾ電位計を使いトリウム（Th）の放射能を発見（ノーベル物理化学賞） キュリー夫妻、靄青ウラン鉱より85番元素「ポロニウム（Po）」と88番元素「ラジウム（Ra）」を分離、発見（ノーベル化学賞）
1899年	J.J.トムソン、電子を発見（1906年 ノーベル物理学賞） ドヴィルヌ（キュリー夫妻の共同研究者）、89番元素「アクチニウム（Ac）」を発見 ラザフォード、86番元素「ラドン（Rn）」を発見
1900年	プランク、量子論、光電効果、プランク定数（1918年 ノーベル物理学賞） ヴェラード、 γ 線を発見 ビエール・キュリー、ラジウム線源の照射による火傷の報告 ラジウム利用の皮膚病変の治療実験がパリで開始される。（1901年→ドミニチ）
1902年	キュリー夫妻、ラジウムの原子量 225 ± 1 の値が得られる。
1903年	キュリー夫妻、ベクレル、ノーベル物理学賞受賞 長岡半太郎、原子模型（土星状模型）を発表 ラザフォード（1908年 ノーベル化学賞）とソディー、放射性元素の崩壊説 ラジウムの腔内照射法（クリープス、ラジウム管）
1905年	アインシュタイン、質量とエネルギーに関する法則を発表（ノーベル物理学賞） ラジウムの組織内照射法（アッペ、ラジウム針） 子宮腫瘍などにラジウム療法が用いられる。（フランス） ビエール・キュリー、事故で死去
1906年	バークラ、X線の研究を開始→元素の特性X線（1917年 ノーベル物理学賞） ベルコニーとトリボンドー、細胞や組織の放射線感受性について発表 マリー・キュリー、ソルボンヌ大学講師となる。
1907年	ドミニチ、ラジウム利用の皮膚病変の治療実験Pbフィルター製作
1908年	ラザフォード、 α 粒子＝ヘリウム原子核を実証（ノーベル化学賞）
1909年	ラジウムの蛍光塗料（時計）が製造される。（スイス）
1910年	ソディー、同位体の発見及び概念（1921年 ノーベル化学賞） ラジウム国際標準原器の提案（マリー・キュリー、ラザフォード） ラジウム・ヘメット（病院…ストックホルム）
1911年	マリー・キュリー、ノーベル化学賞受賞 ラザフォード、原子核を発見（ノーベル化学賞） ウィルソン、霧箱を発明（1927年 ノーベル物理学賞）
1912年	ラウエ、結晶によるX線の解析（1914年 ノーベル物理学賞） ブラッグ父子、X線による結晶構造の分析、ブラッグの条件（1915年 ノーベル物理学賞） ラジウム国際標準原器とRa放射線の量と単位の定義（マリー・キュリー等）

年	出来事
1913年	寺田寅彦, X線による結晶構造分析を開始 モズリー, 原子番号と元素の固有X線の関係 ソディとファヤンス, 放射性崩壊の変位則(ノーベル化学賞) N・ボア, 原子構造の量子論(1922年 ノーベル物理学賞)
1914年	バリにラジウム研究所が開設, マリーが初代所長 マリー・キュリー, 第一次世界大戦中に, 前線でX線撮影装置を搭載した車で, 放射線診断班長として, 負傷者の診断にあたり活躍する。
1915年	アインシュタイン, 一般相対性理論, 光電子効果(1921年 ノーベル物理学賞)
1916年	デバシーとシェラー, 粉末に関するX線解析法(1936年 ノーベル化学賞)
1917年	ラドンガスによる組織内照射法の開発(ラドン・シードの開発)
1918年	ヘヴェシー, 放射性同位元素のトレーサ利用(1943年 ノーベル化学賞)
1919年	ラザフォード, α 粒子による原子核崩壊(ノーベル化学賞) アストン, 質量分析法及び塩素の同位体(1922年 ノーベル化学賞)
1920年	飯盛里安, アイソトープに「同位体」「同位元素」の日本語を提案
1922年	コンプトン, コンプトン効果(1927年 ノーベル物理学賞)
1923年	ヘヴィシー, 天然アイソトープによるトレーサ実験に成功(ノーベル化学賞) ラドン・シードの改良開発(ファイラ) インドシナキュリー研究所が開設(ハノイ)
1926年	ラジウムCを用いて血液循環時間の測定(ブルムガルト…核医学の父)
1927年	マラー, X線照射による人為突然変異の発見(1946年 ノーベル医学生理学賞)
1928年	ガイガー, 放射線計測のガイガー・ミュラー計数管を発明 ガモフ, α 崩壊の理論を発表
1929年	スコベルチン, 宇宙線シャワーの研究 ブラケット, 宇宙線と原子核に関する研究(1948年 ノーベル化学賞)
1930年	ローレンス, サイクロトロンを制作(1939年 ノーベル物理学賞)
1932年	チャッドウィック, 中性子を発見(1935年 ノーベル物理学賞) アンダーソン, 陽電子を発見(1935年 ノーベル物理学賞) コッククロフトとウォルトン, 陽子の高圧加速装置を制作, リチウム原子核の破壊(1951年 ノーベル物理学賞) ワルシャワにラジウム研究所が開設
1933年	フェルミ, β 崩壊の理論を発表(1938年 ノーベル物理学賞)
1934年	チェレンコフ, チェレンコフ放射(1958年 ノーベル物理学賞) 湯川秀樹, 中間子論を発表(1949年 ノーベル物理学賞) マリー・キュリー, 白血病で死去(1934年7月4日, 66歳) ジュリオ・キュリー夫妻, 人工放射能を発見(1935年 ノーベル化学賞) フェルミ, 二硫化炭素のラジウムとベリリウムの中性子線源照射により, 新しい人工ラジオアイソトープインジケータ (^{32}P) を作成 マイネロードとロバート, γ 線放射定数の測定 癌研究所が開設(東京), ラジウムによる小線源照射療法が日本で開始される。
1935年	ヘヴェシー, 人工アイソトープによるトレーサ実験に成功(ノーベル化学賞)
1936年	アンダーソン, 宇宙線中間子を発見(ノーベル物理学賞) コッククロフト・ウォルトン装置による治療が開始される。
1937年	ヴァン・デ・グラフ装置による治療が開始される。 サイクロトロンから作られるラジオアイソトープで核医学治療の研究が進む。 理化学研究所サイクロトロンの日本1号機が完成
1938年	ハートとシュトラスマン, ウランの核分裂反応の発見(1944年 ノーベル化学賞) ハーツ等, ラジウムとベリリウムの中性子線源照射で作成した ^{129}I により, 最初の放射性ヨウ素による甲状腺機能の研究報告

年	出来事
1939年	ベレイ (マリーの研究助手), 87番元素「フランシウム (Fr)」の発見 ハミルトン, 放射性ヨウ素が甲状腺に集積することを発見
1940年	セグレ, ビスマスに α 粒子照射により85番元素「アスタチン (At)」合成 (ノーベル物理学賞) マクミラン等, 93番元素「ネプツニウム (Np)」の発見 (1951年 ノーベル化学賞) シーボルグ等, 94番元素「プルトニウム (Pu)」の発見 (1951年 ノーベル化学賞)
1941年	カースト, ベータトロンを製作
1942年	フェルミ等, 核分裂連鎖反応の持続性 (1938年 ノーベル物理学賞)
1943-45年	オッペンハイマー, 原子爆弾開発
1944年	シーボルグ等, 95番元素「アメリシウム (Am)」と96番元素「キュリウム (Cm)」の発見 (ノーベル化学賞)
1945年	マクミランとベクスラー, シンクロトロンを製作 (原子力平和利用賞) (ノーベル化学賞)
1946年	リビー, 炭素-14年代測定法の開発 (1960年 ノーベル化学賞) コバルト-60による小線源照射法が開始される。
1949年	シーボルグ等, 97番元素「バークリウム (Bk)」の発見 (ノーベル化学賞)
1950年	日本でアイソトープ利用が再開される。
1950年	シーボルグ等, 98番元素「カリホルニウム (Cf)」の発見 (ノーベル化学賞) 人工アイソトープ (^{192}Ir) による遠隔照射装置の設置
1951年	高速増殖炉 EBR-1 で原子力発電に成功 (アメリカ) ^{60}Co 装置 (テルコバルト) 作成
1952年	ジョルソ等, 99番元素「アインスタイニウム (Es)」の発見
1953年	コバルト-60が癌の治療用として輸入される。 ジョルソ等, 100番元素「フェルミニウム (Fm)」の発見
1954年	厚さ計, 密度計, 雪量計, ECD ガスクロマトグラフ, 放射線硫黄分析計, 中性子水分計, 煙感知器, 液面計等の密封線源内蔵の測定機器が相次いで試作された。 ホーフスタッター, 高エネルギー線形加速器による高エネルギー電子の散乱と核子の構造研究 (1961年 ノーベル物理学賞)
1955年	セグレ, 反陽子の創成 (1959年 ノーベル物理学賞) 第1回「原子力平和利用国際会議」ジュネーブで開催 ホジキン, X線構造解析にてビタミンB12の構造決定 (1964年 ノーベル化学賞) ジョルソ等, 101番元素「メンデレビウム (Md)」の発見
1956年	アンガー, シンチカメラを開発 ピッチオーニ, 反中性子の確認 原子力委員会が発足, 科学技術庁が発足
1957年	「放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する法律」制定 「核原料物質, 核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」公布 メスバウアー, メスバウアー効果 (1961年 ノーベル物理学賞) 102番元素「ノーベリウム (No)」の発見 (アスゴンヌ研究所, ハーウェル研究所, ノーベル研究所) 放射線医学総合研究所開設 (千葉)
1960年	モリブデン-99-テクネチウム-99m ジェネレータシステムの開発 (ブルックヘブン国立研究所) ヘルツとケンドル, X線解析による球状タンパク質 (ヘモグロビンとミオグロビン) の構造の研究 (1962年 ノーベル化学賞)
1961年	103番元素「ローレンシウム (Lr)」の発見 (ローレンス研究所)
1971年	厚生省, 医療器具の放射線殺菌を許可
1972年	ハンスフィールドとコーマック, コンピュータ X線断層写真撮影技法 (CT) スキャナーの開発 (1979年 ノーベル医学生理学賞) ジャガイモの発芽防止に放射線照射を厚生省が許可
1981年	国際放射線防護委員会 (ICRP) からラジウム小線源照射療法の中止勧告