Feb. 21, 2016
我孫子サイエンスカフェ

原子核研究のあけぼの
ー　第２次大戦中の記録

政池　明

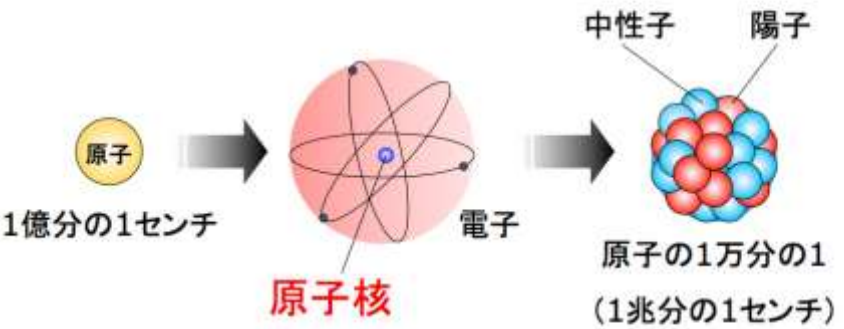
京都大学名誉教授

京大の原爆研究ノート
朝日新聞
広島原爆の調査
資料原本を発見
戦時下の原爆開発 資料は語る
「研究どう使われるか 真剣に考えて」
感動の波が広がって
海街diary

原爆初判定の資料原本
放射線測定 丁寧にグラフ
原爆初めて判定
資料の原本発見
読賣新聞
京大の原爆研究ノート
戦中の3冊発見 本気感じる

原爆投下70周年の新聞記事 （4）（2015.6）

原子と原子核の構造



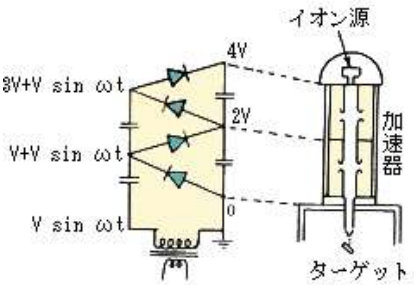
ラザフォードが原子の芯にある原子核を発見

ケンブリッジ大学　1911年

1932年ケンブリッジ大学でコッククロフトとウォルトンが世界で初めて加速器を用いて原子核の人工的変換に成功

世界で最初の
コッククロフト・ウォルトン型加速器

ウォルトン　ラザフォード　コッククロフト



台湾（台北）大学（旧）物理学教室　（政池撮影）

台湾大学博物館 （政池撮影）

日本最初の加速器

コッククロフト・ウォルトン型

台北帝国大学 1934

[リチウム] ＋ [陽子] ⇒ 2 [ヘリウム]

東洋で最初の原子核変換に成功
（荒勝文策ら）

南海の孤島で新しい学問？？

原子核研究を拓いた人々 （台湾大学博物館にて政池撮影）

荒勝文策と木村毅一

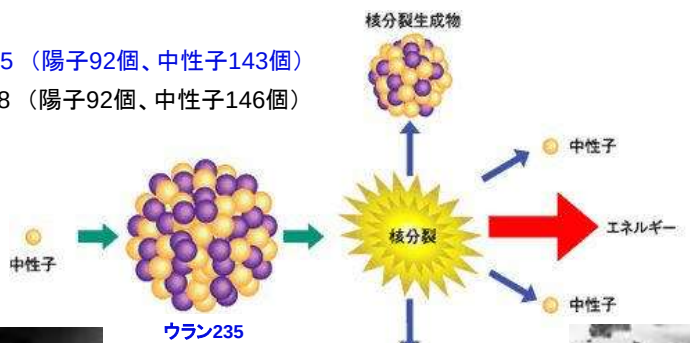
1936年荒勝らは京大に転出、太田頼常が後を継ぐ

原子核分裂の発見

ドイツ 1938年暮

ウラン235 （陽子92個、中性子143個）

ウラン238 （陽子92個、中性子146個）



オットー・ハーン

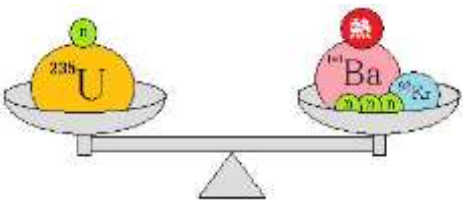
リーゼ・マイトナー

アインシュタインの特殊相対性理論

質量とエネルギーは等価

$$E = mc^2$$

エネルギー ＝ [質量] x [光速]^2

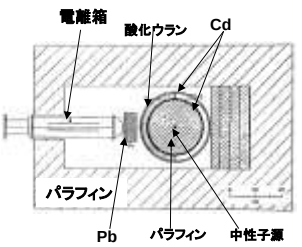


ウラン235＋中性子 → バリウム141 ＋ クリプトン92 ＋中性子3個 ＋ 熱

1939 熱中性子によるU^{235} 核分裂の際の発生中性子数の測定

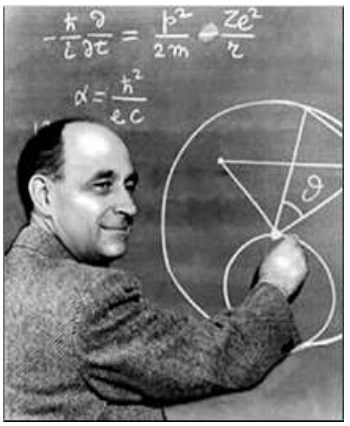
京大理学部 萩原篤太郎

- 中性子源: Ra + Be
- 減速: パラフィン
- 標的: 酸化ウラン
- 測定器: 電離箱



- 発生中性子数: 2.6 (現在の実験値: 2.4~2.5)
- ハーンによる U-fission 発見の10ヶ月後に英文論文発表。

エンリコ・フェルミ　(1901 – 1954)



イタリア人物理学者

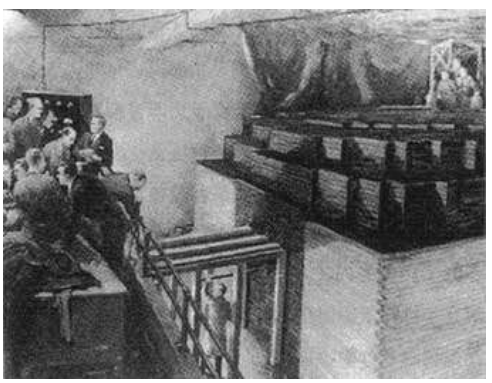
1938年 超ウラン元素の発見でノーベル賞
ノーベル賞受賞式を機にアメリカに亡命

1942年 世界最初の原子炉をシカゴ大学に建設

第二次世界大戦中米国の原爆開発計画
（マンハッタン計画）で中心的役割を果たす。

世界ではじめて完成した原子炉

エンリコ・フェルミ



シカゴ大に建設した黒鉛炉

世界初の原子炉の記念碑
（原子の形）
ヘンリー・ムーア作

米国が秘密裏に原爆を開発したニューメキシコ州ロスアラモス付近の砂漠

ロスアラモス付近のインディアンの遺跡

最初の原爆実験

ロバート・オッペンハイマー (1904 – 1967)

ユダヤ系アメリカ人物理学者

1943年 ロスアラモス国立研究所初代所長

1945年7月16日ニューメキシコ州アラモゴードの砂漠で最初の原爆実験

原爆によるキノコ雲（アラモゴード）

重巡洋艦インディアナポリス
7月16日サンフランシスコ出港
7月26日テニアン島着
7月30日レイテ沖で沈没

リトルボーイ（広島に投下した原爆）

原爆投下

エノラゲイ

原子爆弾の恐怖と科学の将来

広島と長崎に投下された原爆の恐怖は人類に大きな衝撃を与えた。

原爆投下直後の広島原爆ドーム

原爆投下直後の長崎天主堂

米国議会図書館

2007年

占領軍の資料を写真撮影

Aug. 24, 1945

米軍原爆調査団の日本上陸直前占領計画策定会議

- **High-priority Targets**

  東京： 嵯峨根遼吉、仁科芳雄、多田礼吉（技術院）
  京都： 湯川秀樹
  大阪： 菊池正士、長岡半太郎、八木秀次

- **ウラン、トリウムについての地理学的情報の調査。**
- **日本人科学者の気質の調査結果を分析。**
- **抵抗に遭ったら情報提供の公式な要求書を示し、文書の 押収、逮捕を行うべし。**
- **用意すべき物品の検討。(武器、放射線カウンター、ジープ、その他)**

Sep. 7-10, 1945 **日本上陸**

隊長： ロバート・ファーマン（マンハッタン計画副隊長）
顧問：フィリップ・モリソン（原子核物理学者）

Sep.9,1945 **ファーマンが東大で嵯峨根を尋問**

嵯峨根は戦時中高周波発信機開発に従事
「原爆は原理的には可能であるが、ウラン資源が無いので無理」。
研究は秘密ではなかったが、優先順位は低かった。
ウラン分離は理研では熱拡散法、京大では遠心分離法。

Sep.10,1945 **モリソンが嵯峨根に路上で出会い、旧交を温める**

モリソンは長崎原爆投下時に嵯峨根に降伏を薦める文書投下

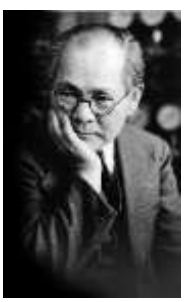
Sep.10,1945 **モリソンが理研で木村一治を尋問**

木村は大戦中中性子物理を研究
木村の誠実さに感銘

F. モリソン

Sep.10,1945 **モリソンが理研の仁科芳雄を尋問**

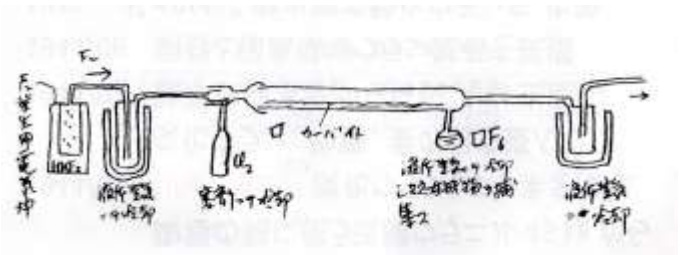
- 先ず仁科が広島原爆に関する自分の計算結果を示して質問
- 仁科は 高速中性子を爆発に用いることは非現実的と判断
- 低速中性子がより重要と考えていた事が判明
- サイクロトロンは医療用
- 理研原爆研究（二号研究）についての尋問
- 熱拡散法によるウランの分離について尋問
- 玉木英彦の純粋ウラン235と軽水による連鎖反応の計算について尋問



仁科芳雄

六フッ化ウラン（UF_6）の製造（木内邦彦）

配給砂糖を使ってウラン・カーバイトを作り、それを入れた容器にフッ素ガスを導入する。



1944年1月米粒ほどの6フッ化ウランの結晶を得る。

理研におけるウラン分離

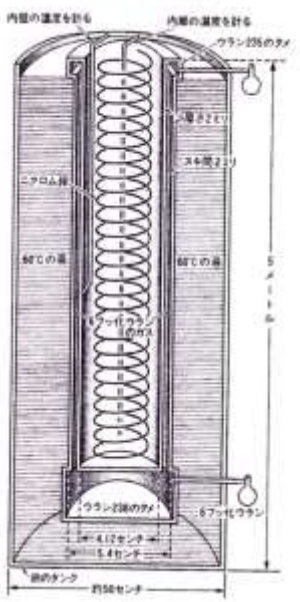
1941　陸軍が理研に原爆研究を委託。太平洋戦争始まる。

1942　6フッ化ウラン（UF_6）製造開始（木越）
ウランの分離塔建設開始（竹内）

1945.4.14の爆撃で分離塔消失。
ウランの分離に成功せず。
阪大に小型機設置

陸軍は「敵国側においてもウランのエネルギー利用は当分成し得ざるものと判明したので研究中止も不可ならず。」と報告。

熱拡散分離塔



Sep. 14, 15, ’45

湯川秀樹の尋問（モリソン）

- 湯川は調査団来訪の目的を初めは理解出来なかった。
- 原爆についての News Week, Time の記事を知らなかった。
- 中間子論で著名、引退した学者風。
- 過去2年間に中間子論の論文数編。
- 中性子の拡散方程式に関心示さず。
- 不在中の調査で研究室の書棚に原子核分裂の文献なし。
- 「湯川は原爆研究には深くかかわらず、アカデミックな中間子研究に専念していた。」と結論づけた。

湯川秀樹

Sep. 14, 15, ’45

モリソンの京大荒勝文策への尋問

- 荒勝は高電圧加速器を用いてγ線による核反応の研究を行っていた。
- 中性子によるウランの核反応、特に核分裂の際に発生する中性子数、散乱、吸収断面積の研究を行っていた。
- サイクロトロン を建設中。
- ウランは見当たらず。
- 原爆投下直後、広島に赴き、β線、γ 線カウンターによる放射能測定から原子爆弾と断定し、中性子の強度を推定した。

「荒勝グループは主として原子核の基礎研究を行っていたが、通常の研究活動にとどまり、大規模な中性子の拡散研究は進めていなかった。」と結論。

荒勝文策

京大のウラン調達と分離

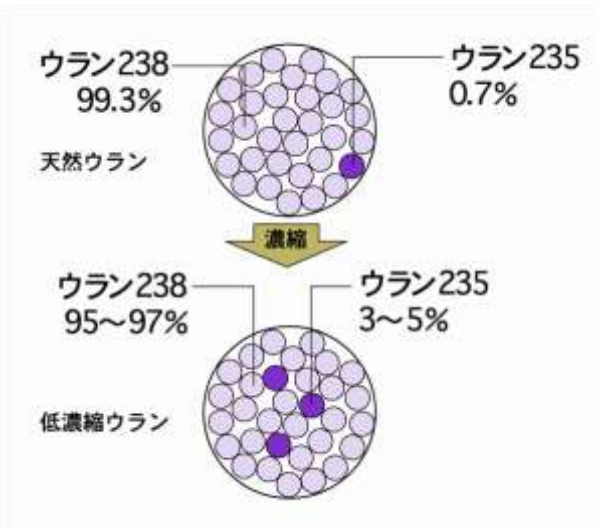
ウラン鉱

- 海軍が上海の ブラックマーケットで 130 Kg 購入、京大に搬入した。
- 終戦時に京都府南端の精華町の木村助教授宅に隠す。

ウラン235の分離: 遠心分離法

- 圧縮空気で浮上させたウラン容器を150,000回 / 分で回転（目標）。
- テスト機を東京計器製造所で建設中 空襲により焼失。

ウランの濃縮



ウラン濃縮法

天然ウラン中の U^{235}（0.7%）とU^{238}（99.3%）を分離する必要。
U^{235} と U^{238} は化学的性質が同じなので、UF_6ガスにして分離。

- 遠心分離法
  現在の濃縮法の主役 （イラン、北朝鮮・・・も）
  第2次大戦中、京大で開発、装置作成中に爆撃で消失。
- ガス拡散法
  第2次大戦中、アメリカ（マンハッタン計画）、理研。
  一回の濃縮度が小さいので 数千回の濃縮が必要。
- 電磁濃縮法
  第2次大戦中、アメリカ（マンハッタン計画）
- レーザー濃縮法
  実証段階にある