

# 日本現代物理学の父 仁科芳雄博士と 我が国加速器科学の創始

仁科芳雄博士（1890年12月6日生～1951年1月10日没）

（財団法人）理化学研究所（1917年創立）

仁科研究室（1931年創設）

主任研究員（1931年～1951年）

矢野 安重（1948年6月14日生～）

（特定国立研究開発法人）理化学研究所

サイクロトロン研究室

主任研究員（1991年～2006年）

仁科加速器科学研究センター（2006年創設）

初代センター長（2006年～2009年）

理研OB会会長（2022年～）

（公財）仁科記念財団（1955年創立）

常務理事（2011年4月～2025年6月）

創立百周年記念  
理研の歴史  
講演会  
科学の源流と  
理研精神 vol. 6

理論と実験の大いなるパイオニア  
YOSHIO NISHINA

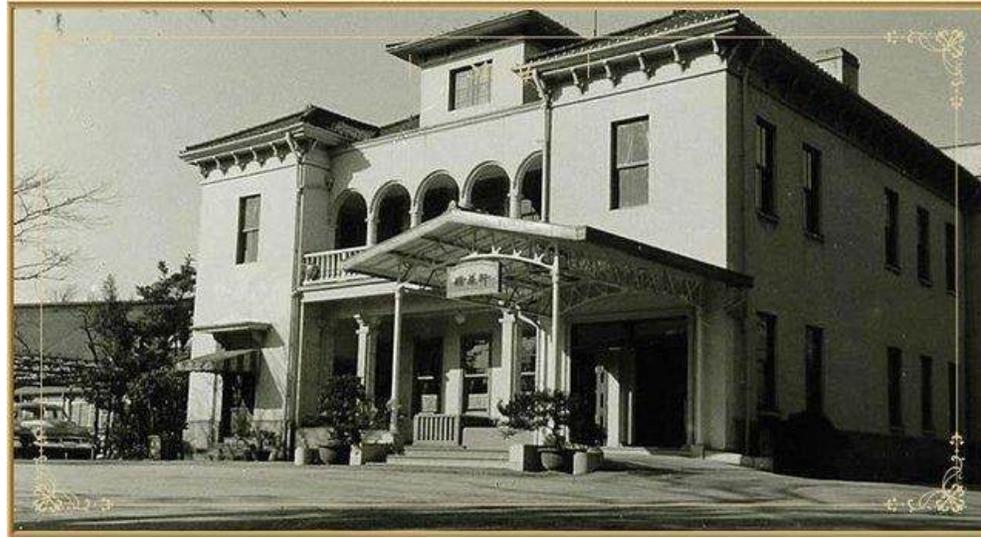
日本現代物理学の父 仁科芳雄博士と  
我が国 加速器科学の創始

2016年  
10月12日(水)  
15:30 - 17:20

場所 バイオリソース棟1階 森脇和郎ホール（メイン会場）  
筑波 大河内記念ホール  
和光 テラヘルツ光研究棟1階セミナー室  
仙台 中央研究棟展示室 兼 セミナー室 C210, C212  
横浜 A棟3階大会議室  
大阪 CDB A棟7階セミナー室  
神戸1 計算機棟 R511  
神戸2 物理学研究棟 小会議室

各事業所へTV会議中継、各PCへのストリーミング配信を予定  
配信URL: <http://live.intra.riken.jp/20161012>  
問合せ先: 創立百周年記念事業推進室 since\_1917@riken.jp

理研  
百年  
RIKEN CENTENNIAL  
100th 1917



高峰讓吉（安政元年加賀藩典医の子として生まれる。明治12年工部大学校（後の東京帝国大学工学部）応用化学科の第1回卒業生。イギリスに留学、帰国後、農商務省に勤める。明治27年（1894年）タカジアスターゼ抽出に成功、1900年アドレナリンの分離精製に成功。財を築きニューヨークに大邸宅を構え日米交流に尽力した。1854-1922年）

高峰讓吉 大化学者  
タカジアスターゼ  
アドレナリン

## 築地精養軒

理化学研究所の創設  
1917年3月20日

日本の産業振興のための  
総合純正応用科学研究所

渋沢栄一（埼玉県深谷の豪農の子。長じて幕臣となり、幕府の使節団の一員として1867年パリ万国博覧会に出席し、1年間在欧。この間に明治新政府が発足、帰国後は新政府に仕官。その後、独立して明治財界の大立者となり、日本に資本主義制度を築くリーダーとなった。「財なき財閥」といわれ、政財界に大きな影響力を持った。1840-1931年）

渋沢栄一 大財界人  
資本主義制度を築く



池田菊苗（きくなえ）（元治元年加賀藩士の家に生まれ、後に薩摩藩池田家の養子となる。化学者、東京帝国大学教授。理化学研究所の創立に参画、のち主任研究員。1908年（明治41年）にグルタミン酸塩からうま味の「究極的存在」であるグルタミン酸ナトリウム塩を得る方法を発明し、同年特許を取得。明治末期に「味の素」として発売された。1864-1936年）

池田菊苗 化学部長  
味の素



長岡半太郎（慶應元年九州・大村落士の家に生まれる。明治17年東京帝国大学理学部に入学、卒業後ドイツに留学。帰国後、東京帝国大学教授となったが、次第に原子物理学への関心を高め、明治36年（1903年）に原子の土星模型を提唱した。「雷親父」といわれたが、多数の優秀な門下生を育てた。また、理研創立時から理研での研究振興に尽力し、後に大阪帝国大学創立にかかわり、初代学長となった。我国の物理学発展の大先達である。1865-1950年）

長岡半太郎 化学部長  
原子模型  
仁科博士の師匠  
湯川博士ノーベル賞推薦



大河内正敏（上総・大多喜藩主の子として東京に生まれる。東京帝国大学明治36年卒業の銀時計組。工学者（専門：弾道学）、実業家、1911年東京帝国大学教授、1915年貴族院議員。理化学研究所第3代所長（1921-1946年）として理研発展を主導した。第二次世界大戦後、戦犯の疑いで巣鴨の拘留所に収監されたが、翌年疑いが晴れて釈放された。1878-1952年）

大河内正敏 第3代所長  
主任研究員制度  
理研コンツエルン創始  
田中角栄の師匠

←駒込駅

→東京大学

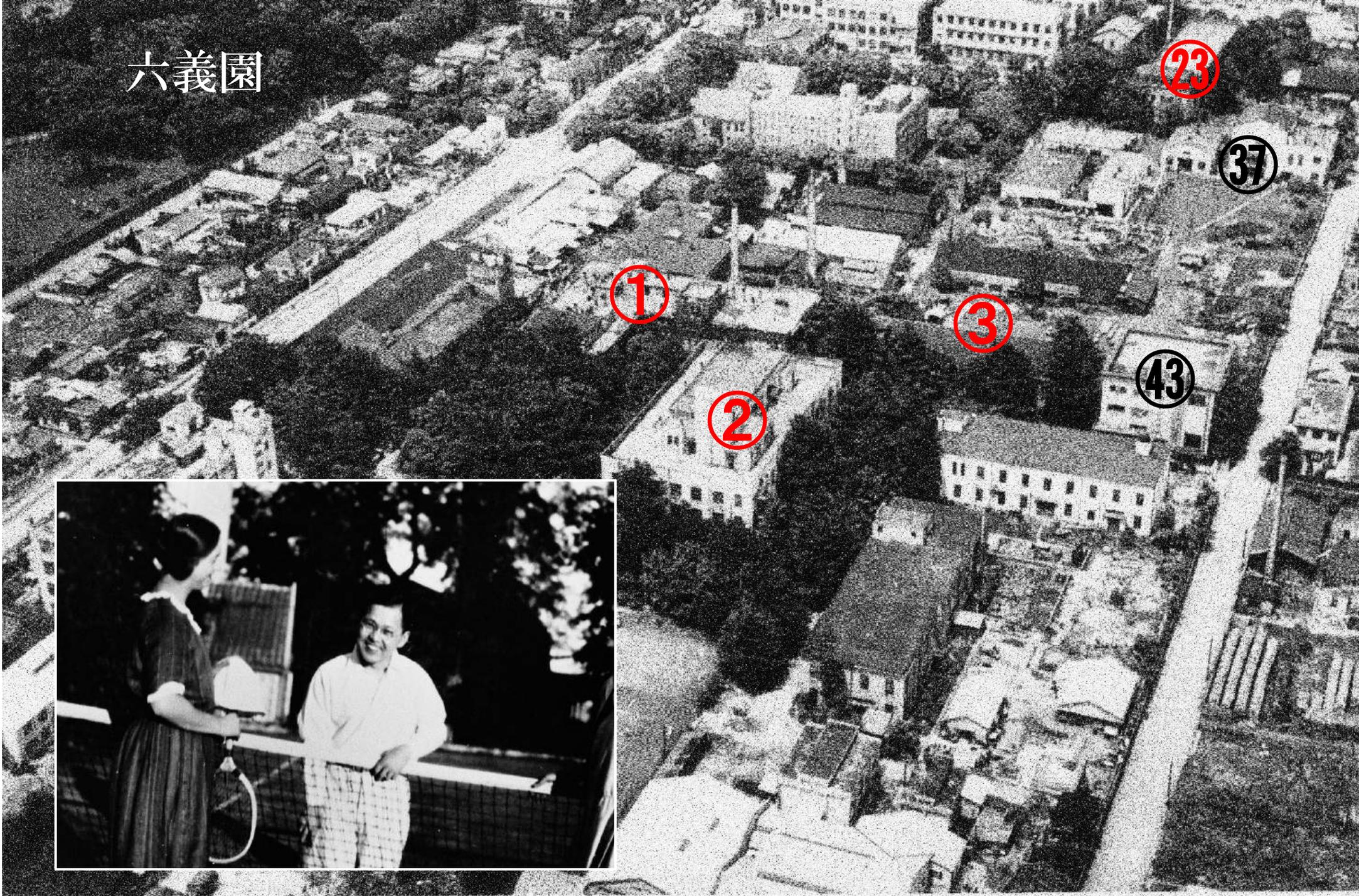
六義園

グリーンコート（株）科研製薬  
（初代社長：仁科先生）

小石川高校

# 六義園

一九五四年  
旧理化学研究所





日本医師会

東洋文庫

A

B

駒込警察署

アイトープ協会  
旧理研23号館

C  
(地下)

D

E

旧理研の敷地

村田女子中高

文京グリーンコート

仁科記念財団  
旧理研37号館

# A

り か がく けん きゅう しょ あと

## 理化学研究所跡

文京区本駒込 2-28-10

高峰讓吉が提唱、渋沢栄一を総代として、皇室の御下賜金、政府の補助金、民間の寄付金を基に、我が国の産業の発展に資することを目的に、国内唯一の自然科学の総合研究所として、1917（大正6）年3月20日に創設された。本部は当初有楽町の東京商工会議所内にあったが、最終的に当地（旧東京府立巣鴨病院の跡地）が選定された。第三代所長大河内正敏は、研究室制度の創出、研究成果の産業化を通して礎を築き、「理研の三太郎」と言われた長岡半太郎、鈴木梅太郎、本多光太郎をはじめ、池田菊苗、寺田寅彦、黒田チカ、仁科芳雄、加藤セチ、朝永振一郎、湯川秀樹ら、多くの科学者を輩出した。

1948（昭和23）年解散、（株）科学研究所が設立され、初代社長に仁科芳雄が就任した。仁科は、ペニシリンの製造販売事業をはじめ、戦後復興に努めた。

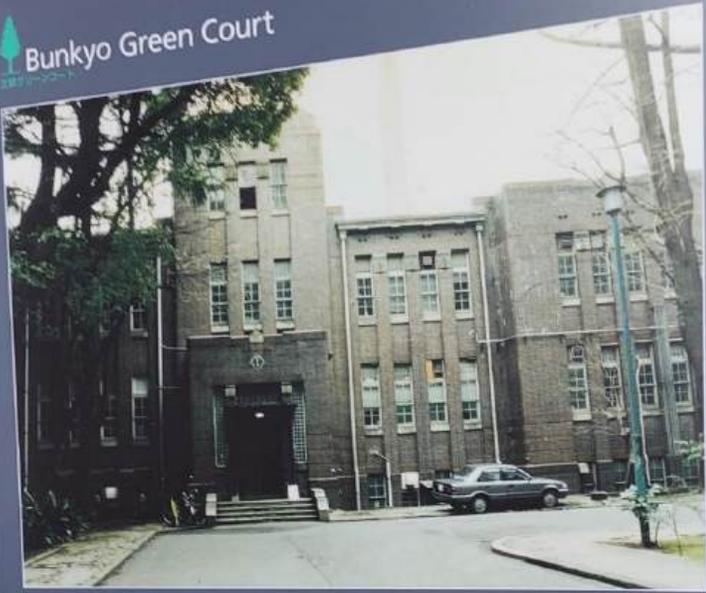
1958（昭和33）年に（株）科学研究所は、研究部門（現理化学研究所）と製薬部門（科研化学）に分離、その後、科研化学（株）は科研製薬（株）となり、研究開発型製薬企業として現在も当地に本社を置く。理化学研究所は1967（昭和42）年に埼玉県和光市に移転し、一部の機能は理化学研究所駒込分所として当地に残ったが、2010（平成22）年9月整理合理化計画により発祥の地の歴史を閉じた。

令和4年10月

### 文京区教育委員会

# B

## Bunkyo Green Court



### ～ 理化学研究所ここにありき ～

理化学研究所（理研）は、大正6年（1917年）財団法人として創立された。理研は歴史上に偉大な足跡を残し、今もなお日本の近代科学の推進役を果たしている。

世界初の原子模型を発表した長岡半太郎博士、KS鋼を発明した本多光太郎博士、世界初のビタミンB1抽出に成功した鈴木梅太郎博士、日本初のサイクロトロン建設をした仁科芳雄博士など、数多くの著名な研究者たちがここに参集した。

また、ノーベル賞を受賞した湯川秀樹博士、朝永振一郎博士など多くの優れた研究者を輩出した。まさに、科学者たちの自由な楽園と呼ぶにふさわしい環境だった。

理研は昭和23年（1948年）に改組され、仁科博士を初代社長とする株式会社科学研究所が設立された。この理研の流れを汲む科学研究所が科研製薬の前身である。

### ～ 理化学研究所ここにありき ～

理化学研究所（理研）は、大正6年（1917年）財団法人として創立された。理研は歴史上に偉大な足跡を残し、今もなお日本の近代科学の推進役を果たしている。

世界初の原子模型を発表した長岡半太郎博士、KS鋼を発明した本多光太郎博士、世界初のビタミンB1抽出に成功した鈴木梅太郎博士、日本初のサイクロトロン建設をした仁科芳雄博士など、数多くの著名な研究者たちがここに参集した。

また、ノーベル賞を受賞した湯川秀樹博士、朝永振一郎博士など多くの優れた研究者を輩出した。まさに、科学者たちの自由な楽園と呼ぶにふさわしい環境だった。

理研は昭和23年（1948年）に改組され、仁科博士を初代社長とする株式会社科学研究所が設立された。この理研の流れを汲む科学研究所が科研製薬の前身である。

C

説明：・仁科先生のお孫さん 故雄一郎先生の娘さん



六義園



仁科記念室(37号館内)







有馬会長 仁科記念室 見学  
老朽化のため解体を要請される



37号館跡

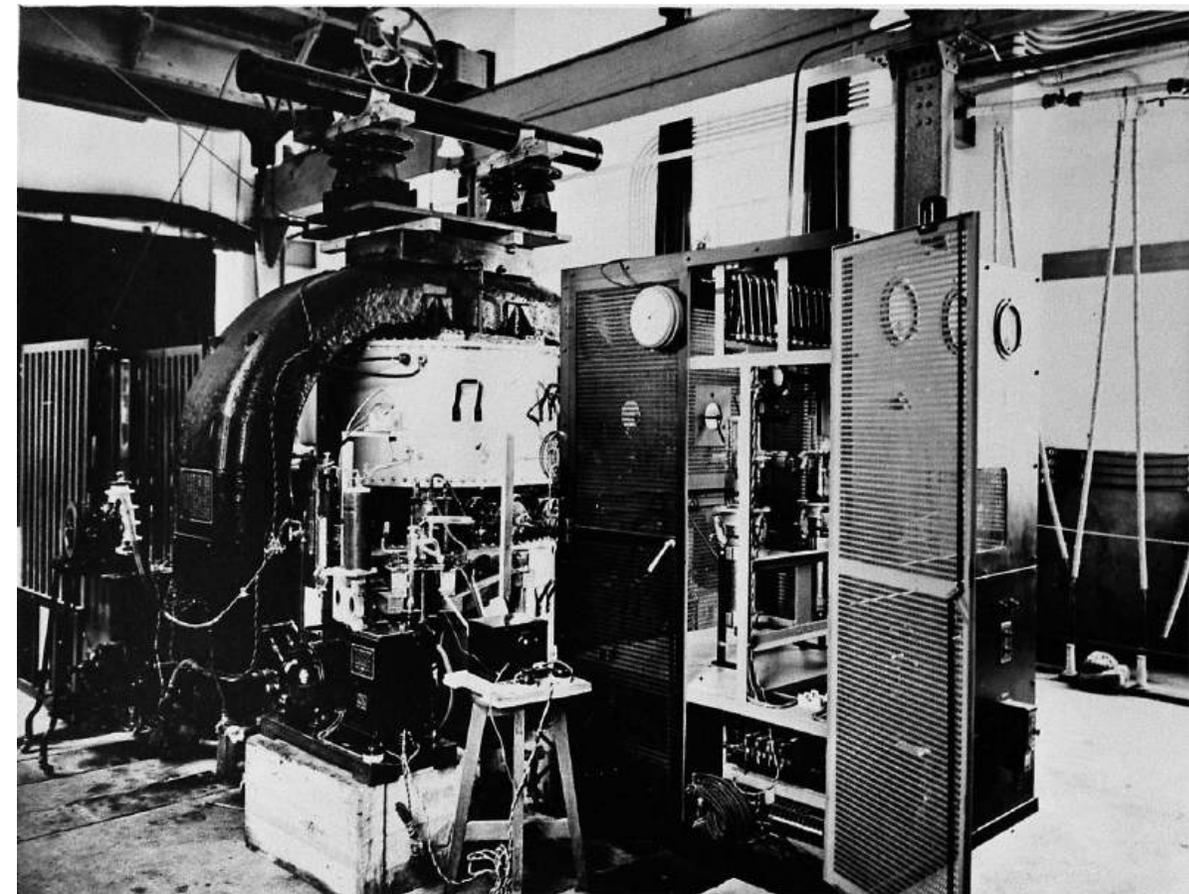


37号館



小サイクロトロン電磁石モニュメント(駒込より移設)





小サイクロトン全体写真  
第3号はほぼ同じ形状



1951年5月 E.ローレンス駒込訪問  
前列左:朝永振一郎博士  
後列右: 玉木英彦博士  
前列中:横山すみ秘書



仁科先生一九四六年  
戦後最初の「文化勲章」受章

理研史料室に保管

# ご略歴

1890年12月6日、岡山県里庄村（現・里庄町）に生まれる。岡山中、第六高等学校をへて、1918年東京帝大電気工学科卒。（卒業論文は英文の大作）これが後の大型実験装置建設の素地となる。創立まもない理化学研究所で原子物理学者・長岡半太郎に師事し、1921年から28年まで英、独、デンマークに留学。デンマークのボーア、ヘベシーら著名な物理学者の指導を受け、その実力が認められる。米国で著名物理学者と会って帰国。こうしてわが国には類まれな国際的科学家（英語、ドイツ語、デンマーク語に堪能）となった。

1931年、理化学研究所の主任研究員になり仁科研究室開設。現代物理学の伝道者として奔走、日本に素粒子・原子核物理学、核化学、放射線生物学などを定着させ、後にノーベル賞を受賞する湯川秀樹、朝永振一郎ら多くの世界的科学家を育てた。

太平洋戦争中は、軍の要請を受けて原爆研究に傾注（？）。この研究はニシナの頭文字をとって「**二号研究**」と言われた。ウラン235濃縮は困難を極めた（**実は原子力開発**）が、それでも、仁科が開発にまい進したのは、日本の基礎研究のレベルを高め、若い学徒を戦場に送らないためだったと言われる。**仁科が指導した**理研には、旧習にとらわれがちな帝国大学とは違った自由闊達な雰囲気があり、「**科学者の自由な楽園**」だったと述懐する科学者もいる。

広島に原爆が投下された際には、軍の要請を受けて**被ばく覚悟で**現地調査。**被害状況などから原爆と断定した**。長崎でも現地の様子を調べた。この報告が終戦への契機になったと言われている。

終戦後の混迷の時代に、理研解体を語学力と政治力でアメリカ占領軍と交渉して回避、原子力の平和利用を強く思い描き、原子力の国際管理を提唱。さらに、科学者による不戦同盟を結成し、日本学術会議初代副会長として科学者が戦争に巻き込まれ利用されることを防ぐ枠組みをつくることを提案した。

道半ばで1951年1月10日に没した。享年60歳。仁科の夢の実現は後輩に引き継がれた。

岡山県里庄町の生家  
当時のままに残されている





兄・遠平宅にて

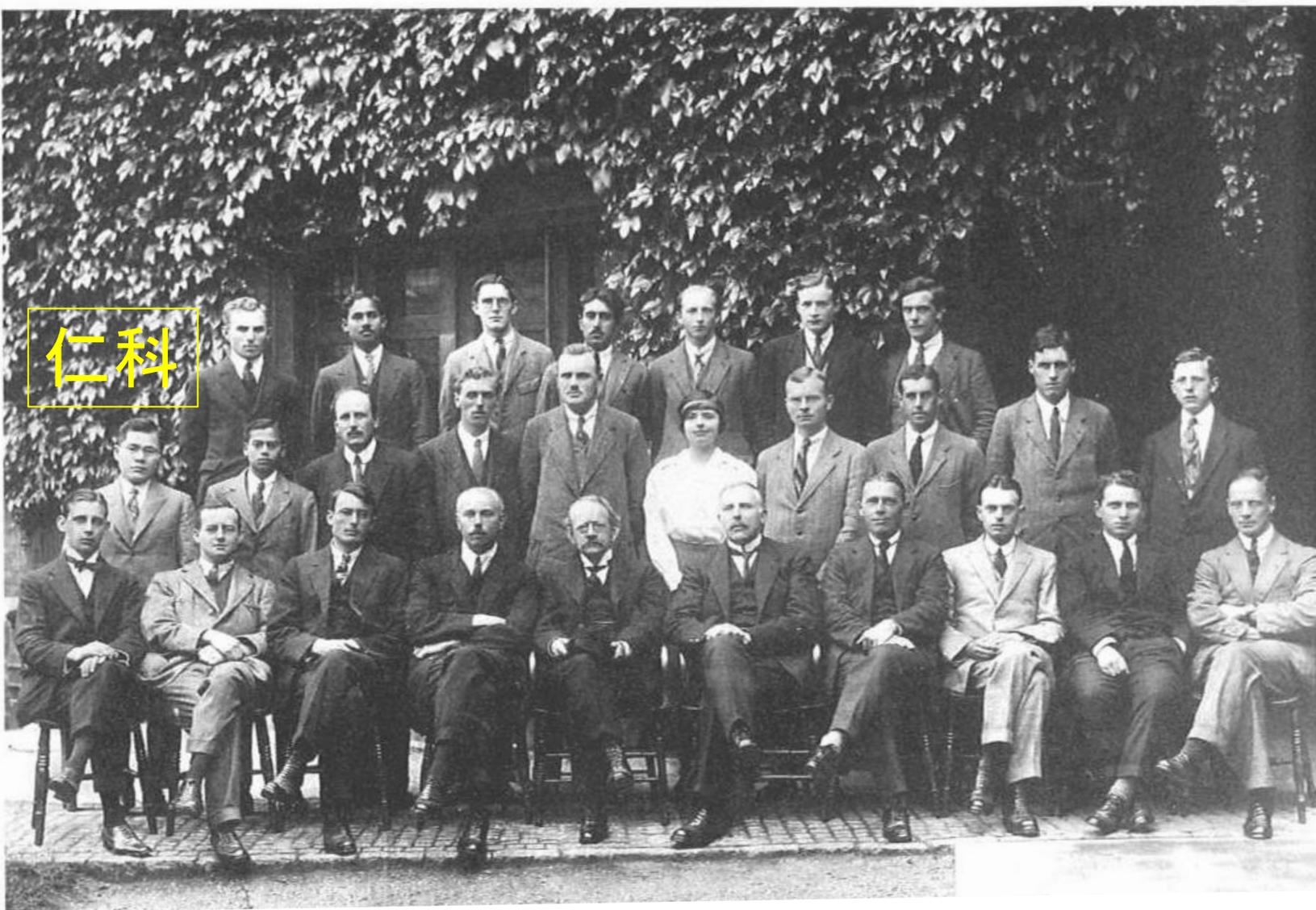
理研からイギリスへ留学前

1920年 30歳 東京府中目黒833にて

東大工学部を主席で卒業し、理研に入所

仁科先生は、電気エンジニアだった

仁科



- J.J.トムソン：電子の発見  
（→エックス線の発見）
- ラザフォード：原子核の発見  
元素の人工変換
- アストン：質量分析器発明  
同位元素を発見  
（→原子核は陽子  
と中性子からなる）
- アップルトン：電離層発見  
（短波通信）
- カピッア：ヘリウム超流動の発見

財源：大英帝国

キャベンディッシュ研究所（1921-1922）  
ラザフォード（ボーアの師）のもとでエックス線分光学を学ぶ  
ニールスボーアと出会い、ボーア原子模型に傾倒

bei Frau Nolde  
Schillerstr. 49  
Göttingen, Germany  
25<sup>th</sup> Mar. 1923

To  
Professor N. Bohr  
Theoretical Physics Dept.  
University of  
Copenhagen, Denmark.

Dear Sir,

You may remember that I was working in the Cavendish Laboratory when you came to Cambridge about a year ago. At that time I was counting  $\beta$ -rays excited by  $\gamma$ -rays by means of Geiger's counter, and had the honour of speaking to you in the laboratory.

I left Cambridge last September and came here for the purpose of learning the German language.

As I spoke to you in Cambridge, I have the great desire of studying in Copenhagen under your guidance, and I should be gratefully obliged to you if you could accept me.

257-1923  
As my Institute in Tokio does not allow me to stay in Europe longer than two more terms, I do not know whether it is wise to set up new work. My chief wish is to study your theory of spectra and atomic constitution in details. But if any one wants assistance in the experiment or the calculation, I should do it with pleasure.

I should esteem it a favour if you would give me the early information in the matter.

I beg to remain  
Yours faithfully  
Y. Nishina

p. 8.

I belong to the Institute of Physical and Chemical Research in Tokio, to which Dr. Takamine also does as you know.



## 理論物理学研究所

ボーア（師と仰ぐ）のもとで量子力学を学ぶ（1923～1928）

量子論建設者が皆いた「コペンハーゲン精神」を享受

財源：カーレスベリー財団、ロックフェラー財団

名目：実験生物学の推進

X線分光実験技術で頭角を現す

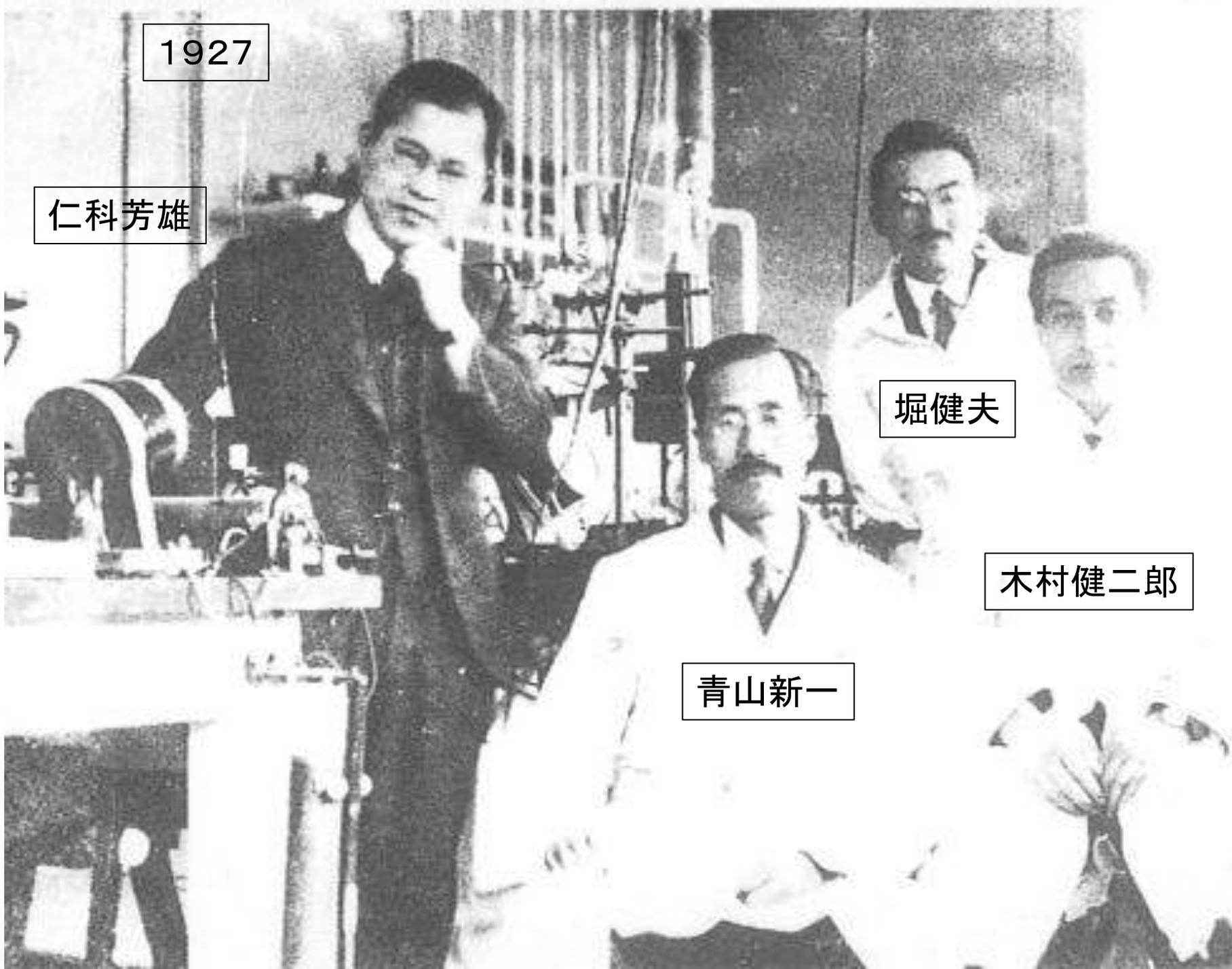
1927

仁科芳雄

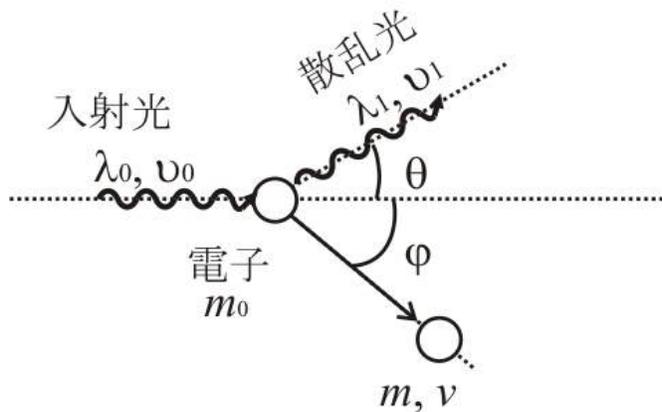
堀健夫

木村健二郎

青山新一



理論物理学者に転身し、クラインとともに  
 デイラック方程式を解いて  
 光と電子の散乱を説明しようと試みる



## クライン-仁科の公式

$$\mathcal{E}^2 \text{-term} = \frac{4k}{\alpha \nu} \left\{ \frac{\nu}{\nu'} + \frac{\nu'}{\nu} \right\} \mathcal{E}^2$$

$$(n'\mathcal{E})^2 \text{-term} = -\frac{8k}{\alpha \nu} (n'\mathcal{E})^2$$

$$I = \frac{e^4}{2m^2 c^4 \hbar^2} \left( \frac{\nu'}{\nu} \right)^3 \left\{ 2 \left( \frac{\nu}{\nu'} + \frac{\nu'}{\nu} \right) \mathcal{E}^2 \right.$$

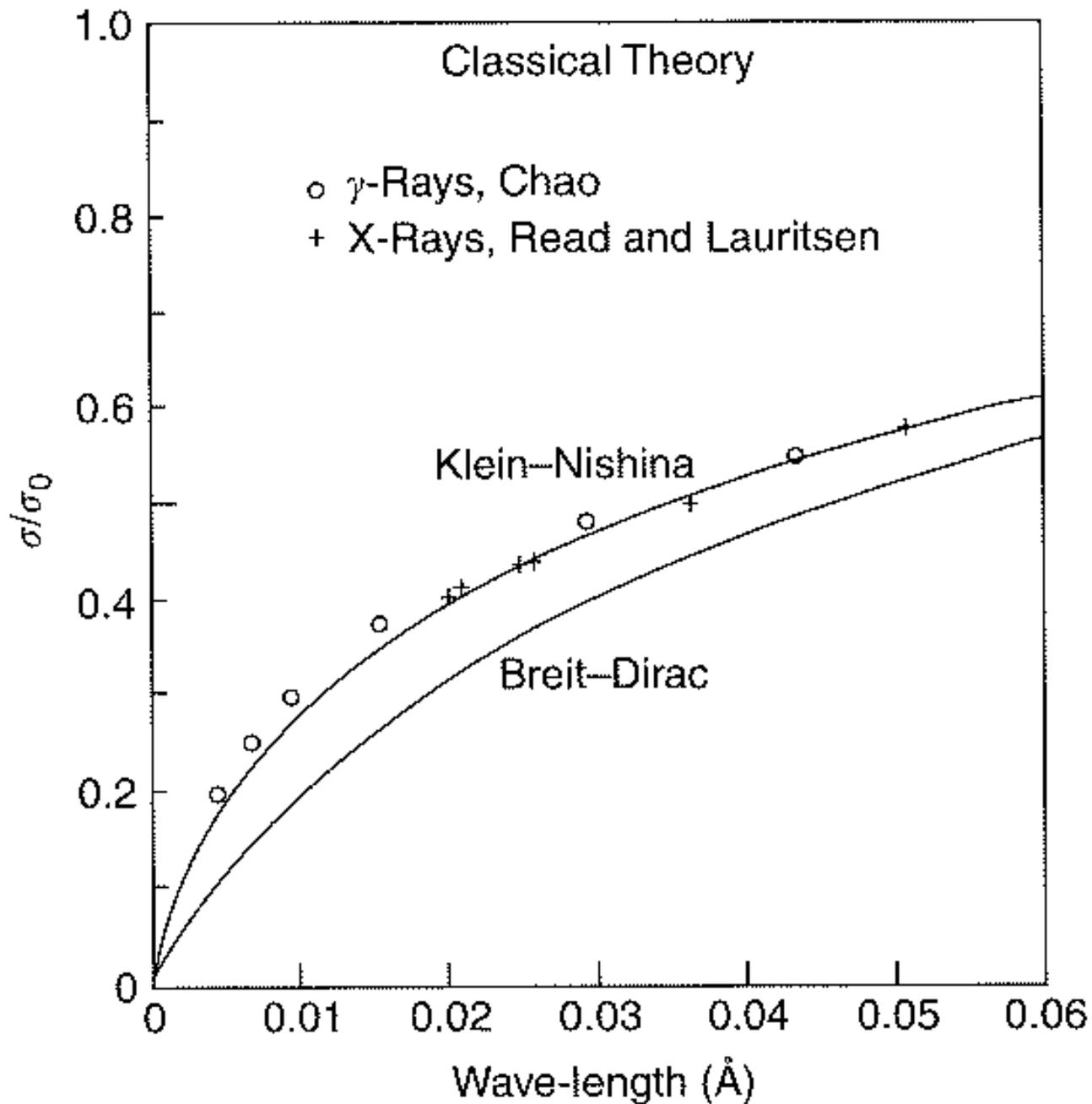
$$I = \frac{e^4}{m^2 c^4 \hbar^2} \left( \frac{\nu'}{\nu} \right)^3 \cdot \frac{1}{8} \frac{\alpha \nu}{k} \left[ \frac{4k}{\alpha \nu} \left( \frac{\nu}{\nu'} + \frac{\nu'}{\nu} \right) \mathcal{E}^2 - \frac{8k}{\alpha \nu} (n'\mathcal{E})^2 \right]$$

$$= \frac{e^4}{2m^2 c^4 \hbar^2} \left( \frac{\nu'}{\nu} \right)^3 \left[ \left( \frac{\nu}{\nu'} + \frac{\nu'}{\nu} \right) \mathcal{E}^2 - \frac{2k}{\alpha \nu} 2 (n'\mathcal{E})^2 \right]$$

$$\frac{\nu'}{\nu} = \frac{1}{1 + \alpha(1 - \cos \theta)} \quad \frac{\nu}{\nu'} = 1 + \alpha(1 - \cos \theta)$$

$$\therefore \frac{\nu'}{\nu} + \frac{\nu}{\nu'} = \frac{1 + (1 + \alpha(1 - \cos \theta))^2}{1 + \alpha(1 - \cos \theta)}$$

$$\therefore I = \frac{e^4}{2m^2 c^4 \hbar^2} \frac{1}{(1 + \alpha(1 - \cos \theta))^3} \left\{ \frac{1 + (1 + \alpha(1 - \cos \theta))^2}{1 + \alpha(1 - \cos \theta)} \mathcal{E}^2 - 2(n'\mathcal{E})^2 \right\}$$



「光は粒子である」という  
「コンプトン散乱」実験データを  
見事に説明し

世界的な理論物理学者と認められる

帰国後、1931年「仁科研究室」創設  
「量子力学」を大学で講義



理化学研究所提供

京都大学での集中講義の際の記念写真



ディラック、ハイゼンベルクを招聘（理研の屋上にて）  
1929年、左から仁科芳雄、片山正夫、大河内正敏、  
ハイゼンベルク、長岡半太郎、ディラック、  
本多光太郎、杉浦義勝

# ヘベシー招聘



放射性トレーサー法の発明  
1943年ノーベル化学賞



仁科博士はボーアが予言しヘベシーが発見した  
ハフニウムのX線分光に「準拠物質添加法」を発明  
実験物理学者として世界的に認められた

ボーア家族を招聘（1937）



理研第2号サイクロトロン (1939)

理論物理学 の始祖

宇宙線研究

元素変換研究

加速器

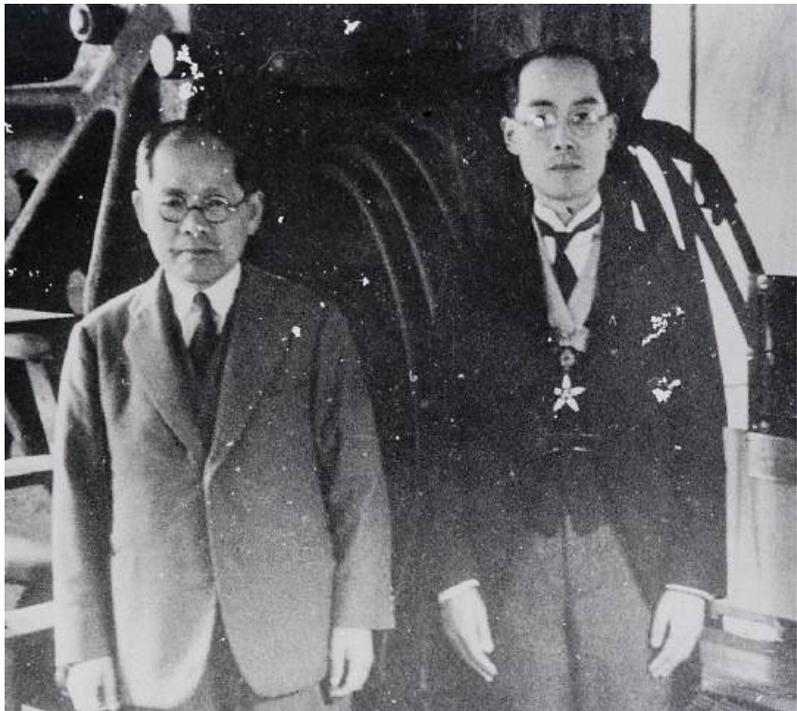
アイソトープ科学  
(放射線生物・医学)

原子力研究開発

土門拳 文化人写真集「風貌」

囑 囑囑囑囑囑囑囑囑囑  
 託 託託託託託託託託託  
 理 理理理理理理理理理  
 學 學學學學學學學學學  
 士 士士士士士士士士士  
 有 田釜久中井岡谷宮尾小  
 山 地澤世村 上山 山川島崎林  
 兼 隆捨寬太 大安龍正  
 孝 夫男信郎健介孝興治稔

囑囑囑囑助助員副研研研主  
 研究研究研究  
 託託託託手手 究員員員任  
 理理理理理理 理 理理 理  
 學學學學學學 學 學學 學  
 博博博博博博 博 博博 博  
 士士士士士士 士 士士 士  
 渡坂荒梅全武 玉 湯朝 仁  
 邊 田木 田 谷 木 川 永 科  
 昌 源 平 英 秀 振 芳  
 懸一 郎魁水男 彦 樹郎 雄



「慈父」と呼ぶ





Spinning and Mass Formula  
- Spin-1/2 Dirac Equation  
of Elementary Particles  
1936

$$\psi = \exp(-iEt)$$
$$= \exp(-iEt - \frac{1}{2} \sigma \cdot p)$$
$$P = \frac{1}{2} \frac{p}{E}$$

坂田昌一

湯川秀樹

朝永振一郎

小林稔

# 日本のノーベル物理学賞の系譜



長岡半太郎

理研主任研究員



西川正治



仁科芳雄



坂田昌一



湯川秀樹(49) 朝永振一郎(65)

仁科研究室



益川敏英



小林 誠  
(08)



南部陽一郎



小柴昌俊(02)



梶田隆章(16)



昭和十二年八月五日

仁科 芳雄

湯川 秀樹 君

拜啓、其後如何デスカ、理論ノ方デ何カ新シイ  
事カ出マシタカ、

叔テアナタノ理論ノ歸結ニツイテ又吾々ノ実験  
ト理論トノ関係並ニ論文等ニ就イテオモヒニヨク  
洗シ合ワテ出来んカケ吾國ニ於ケル理論並ニ実験ノ  
方ノ收獲又チ多クスルタメニ一度會合シテ討議ヲ行  
ワテハトウテレヨウカ、

サレ當リ小生ノ方ノ向題トスル處ハ新粒子ノエネルギー  
損失ノ向題デス、先日ノ拙書ニモ書イタ通りトウモ

其頃在来テアタラ加ハツテ世貞ッテモ宜シイ、

以上ニ対スル御意見御知ラセ下サイ、勿論時時ハ  
モット晩クテモヨロシイ、然レ九月ニ入ラヌ方カ好イカト

思ヒマス、學校カ休マリマスカラ、

要スルニ日本デ提唱サレタ理論ヲナルハク早ク日本デ完  
成サセ度イト云フノガ動機デス、コンナ集リナラハ更ニ  
今後何カモヤツテ好イト思ヒマス、

Shickelbergニハ返事ヲ出シテ並キマシタ、先般ノ教務ノ  
缺ノ別例ヲ送ツテヤツテ下サイ、  
右御辱不迄

毎レ

理研第2号サイクロトロン (1939)



理論物理学 の始祖

宇宙線研究

元素変換研究

加速器

アイソトープ科学  
(放射線生物・医学)

原子力研究開発

土門拳 文化人写真集「風貌」

1935年  
(日中戦争)

昭和 10 年頃の理研。番号  $n$  をつけた建物が第  $n$  号館である。1 号館：化学の研究室。2 号館：大河内所長、事務室、寺田寅彦、高嶺俊夫研究室、図書室。3 号館：長岡半太郎、西川正治等の研究室。6 号館は工作棟である。

23 号館は三菱造船の研究所で、後に建物および研究者を一括して理研に統合された。

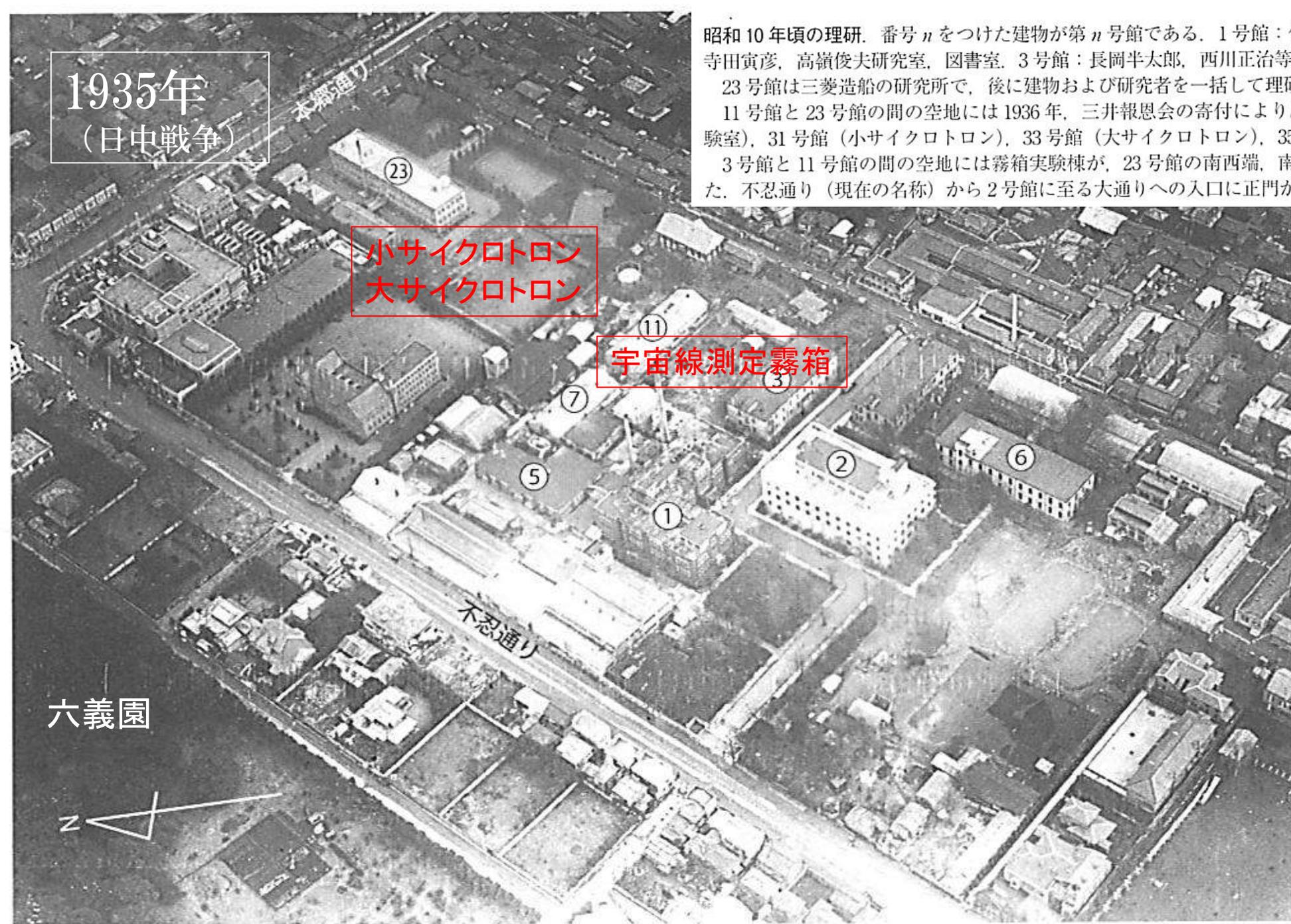
11 号館と 23 号館の間の空地には 1936 年、三井報恩会の寄付により原子核と放射線研究のため 29 号館（原子核実験室）、31 号館（小サイクロトロン）、33 号館（大サイクロトロン）、35 号館（電力室）等が建てられた。

3 号館と 11 号館の間の空地には霧箱実験棟が、23 号館の南西端、南東側の前には「ニ」号研究の建物が建てられた。不忍通り（現在の名称）から 2 号館に至る大通りへの入口に正門がある。（写真は理化学研究所史料室蔵）

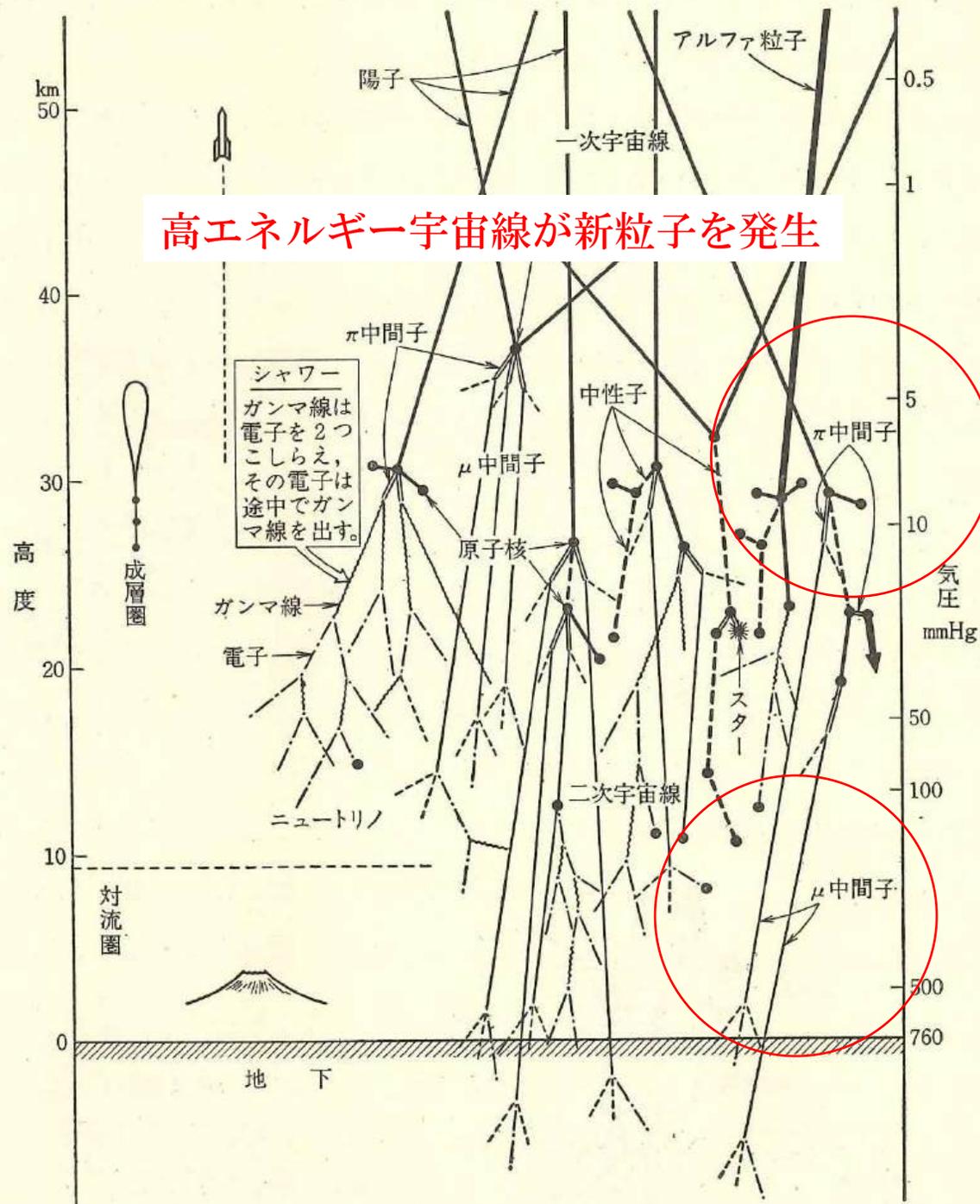
小サイクロトロン  
大サイクロトロン

宇宙線測定霧箱

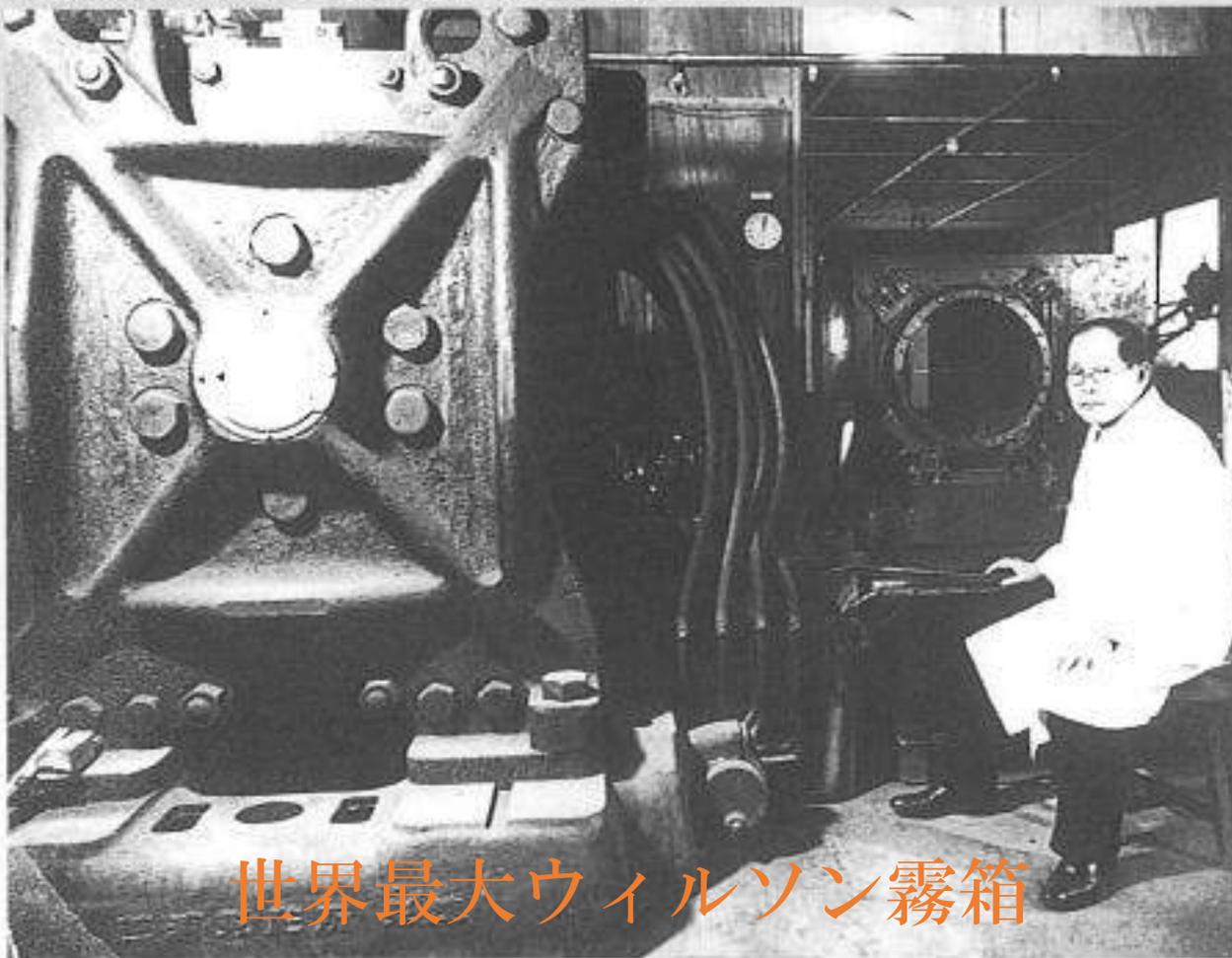
六義園



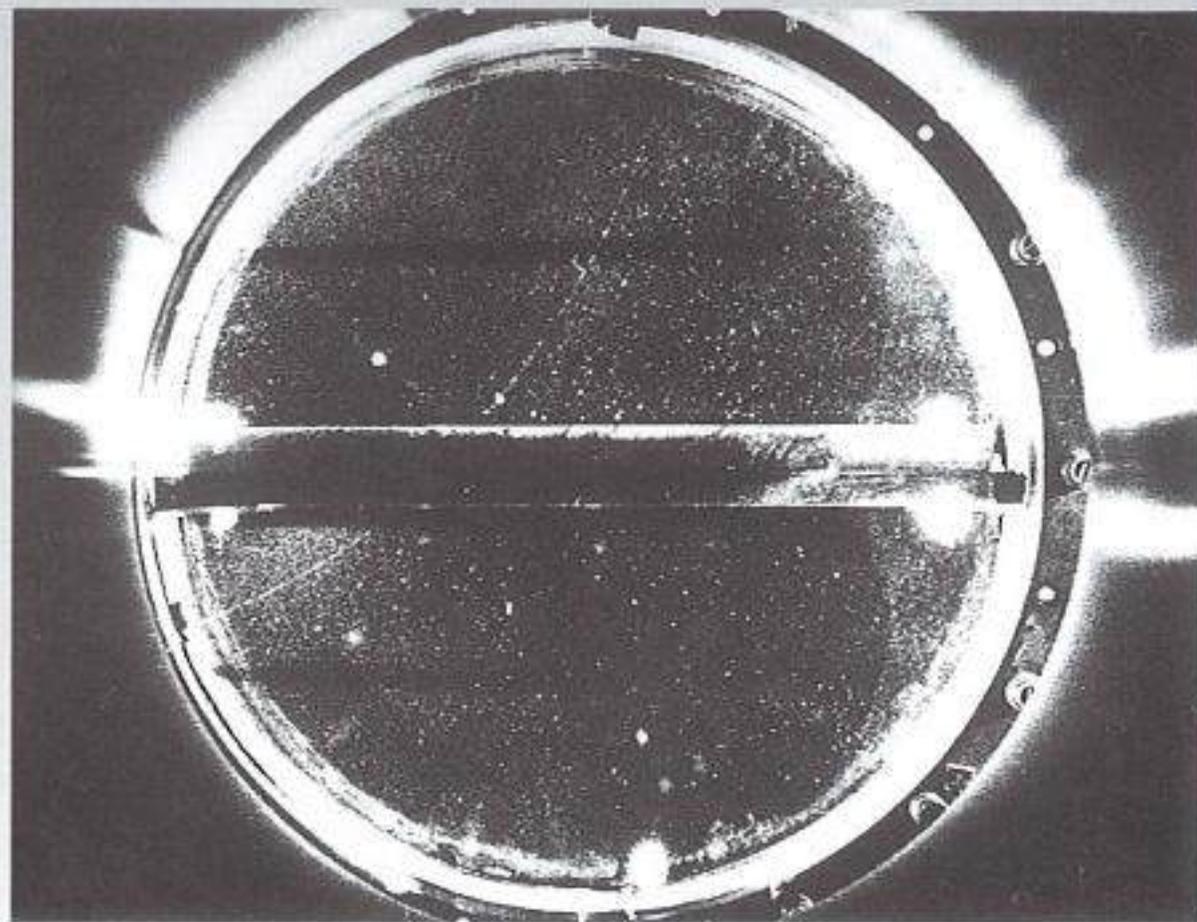
加速器で発生させるのはまだ無理なので  
まずは、宇宙線の中に探す



霧箱とそれに磁場をかける巨大な電磁石  
この電磁石を直流の大電流で動かすために横須賀に移して潜水艦の蓄電池を充電する設備を使わせてもらった



世界最大ウィルソン霧箱



中間子とされた飛跡  
宇宙線の硬成分中に陽子の1/10ほどの質量をもつ粒子が存在することを1937年アンダーソンとほとんど同時に発見した。これは後に湯川中間子が崩壊してできるミュー粒子の飛跡であったことがわかった

ミューオンを発見（質量は陽子の $1/7 \sim 1/10$ ）  
後にパイ中間子が上空で崩壊してできたものとわかる（坂田昌一説）



名和 武（妻の兄）は、日本の海軍軍人。

海軍技術士官として主に蓄電池の開発に業績を残した海軍技術中将である。  
特D型蓄電池の開発で海軍技術有功章を受章。



名和 又八郎（妻の父）は、日本の海軍軍人。

最終階級は海軍大将従二位勲一等功四級。



坂田昌一の2中間子論  
1942年

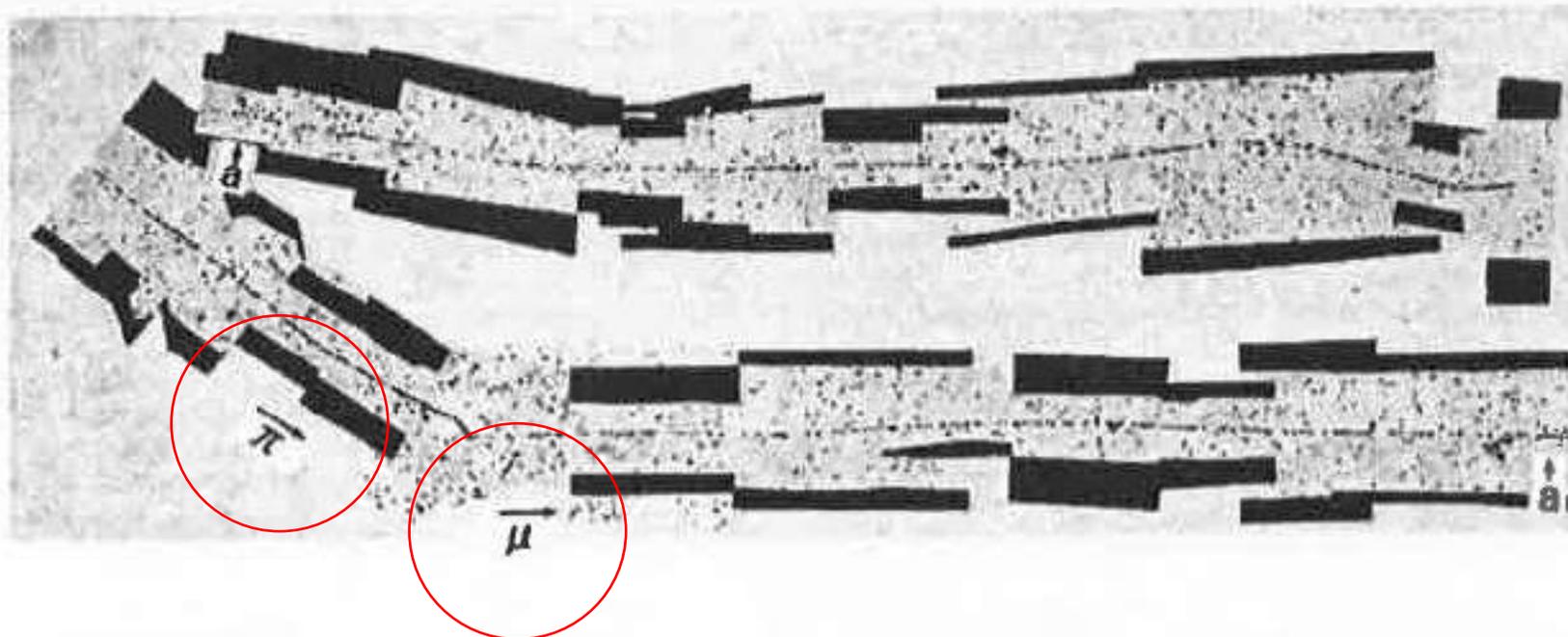


セシル・パウエル

正パイ中間子 (140 MeV)  $\rightarrow$  正ミューオン (100 MeV) + 反ミュートリノ (ほぼ0 MeV) + エネルギー

セシル・パウエルの率いるチームが、1947年に宇宙線の観測によって電荷を持つパイ中間子を発見した。この時代にはまだパイ中間子を生成できるほど高エネルギーの加速器が存在していなかった。そのため、チームは代わりに原子核乾板を設置した観測気球を宇宙線を受ける高度まで上げ、気球を回収後、顕微鏡による検査で電荷を持つパイ中間子の軌道を発見した。

## 1949年 湯川先生ノーベル賞受賞



日本に最初のノーベル賞をもたらした一枚の証拠写真。下の左の方からパイ ( $\pi$ ) 中間子が入ってきて崩壊し、ミュー ( $\mu$ ) 中間子が放出され (写真では水平に走っている)、やがてエネルギーがなくなって静止した。下の図の右端が上の写真の左側につながり、上の写真の右端で静止している。この写真は 5500 m のポリビアのチャカルタヤ山頂で得られた。

ミュー中間子やパイ中間子は、昔は中間子という名前がついていたが、今ではミュー粒子、パイ粒子と呼ばれている。本冊子では、発見当初の頃の話には中間子をつけている。

**1947:** Cecil Powell, Giuseppe Occhialini, Hugh Muirhead, and César Lattes detect a **new meson**, labeled  $\pi$ , which decays into the known meson, labeled  $\mu$ , using Ilford nuclear emulsion plates exposed in the **Pyrenees and in the Andes**. The event was spotted by assistant Marietta Kurz. → **1949年 湯川秀樹ノーベル賞**

**1948:** **Pions are detected** in emulsions in experiments run by Eugene Gardner and Lattes **at the new Berkeley 184-inch synchrocyclotron**

理研第2号サイクロトロン (1939)



理論物理学 の始祖

宇宙線研究

元素変換研究

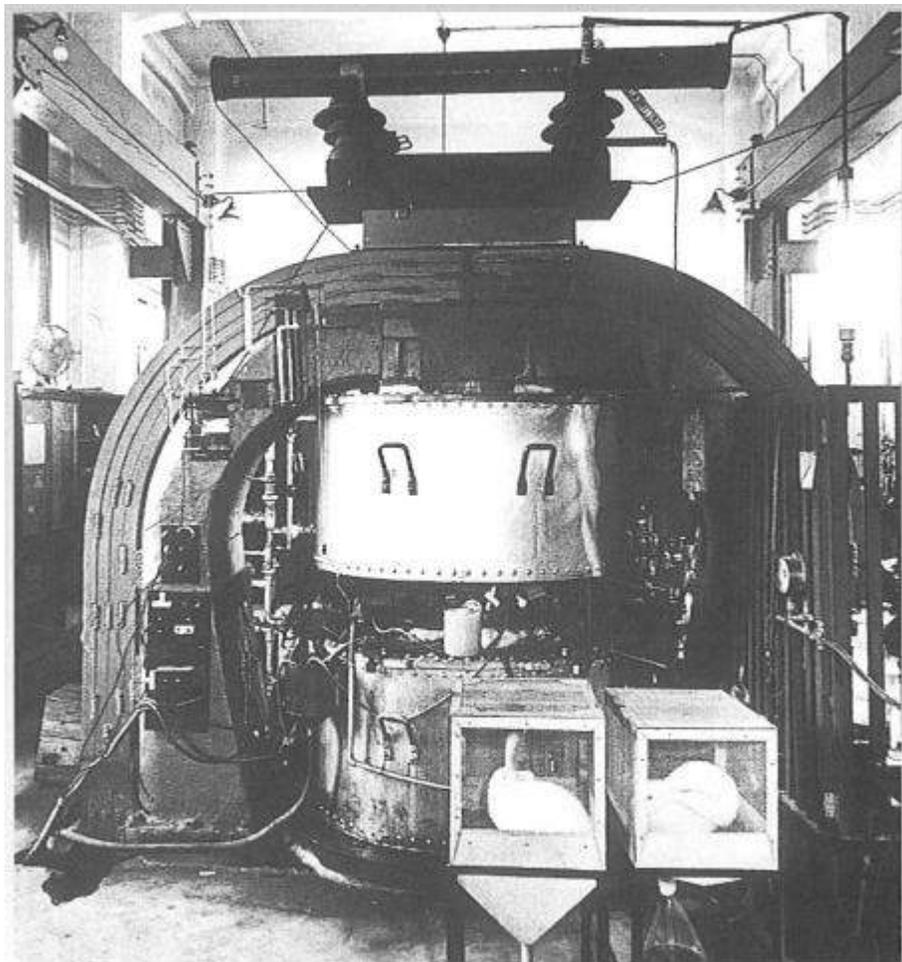
加速器

アイソトープ科学  
(放射線生物・医学)

原子力研究開発

土門拳 文化人写真集「風貌」

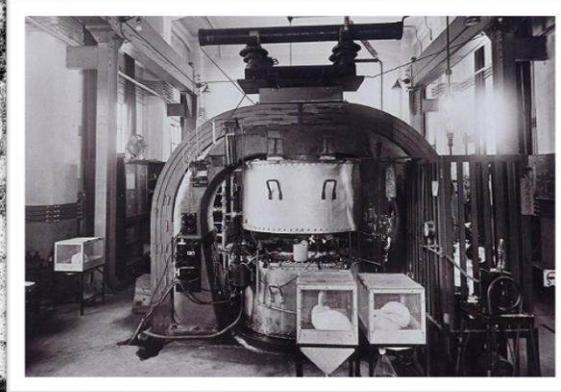
# 小サイクロトロン（1937～）による元素変換研究



300万ボルト

1954年

六義園



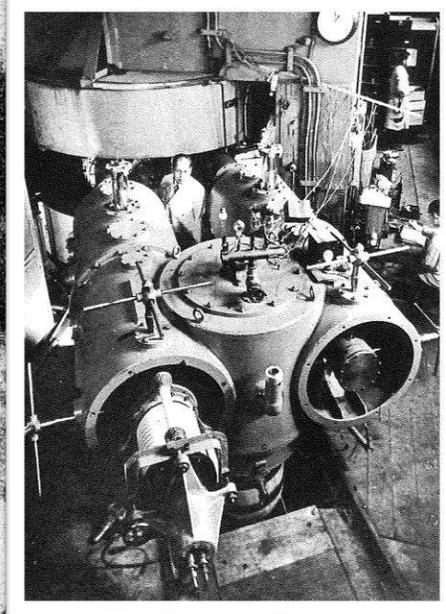
①

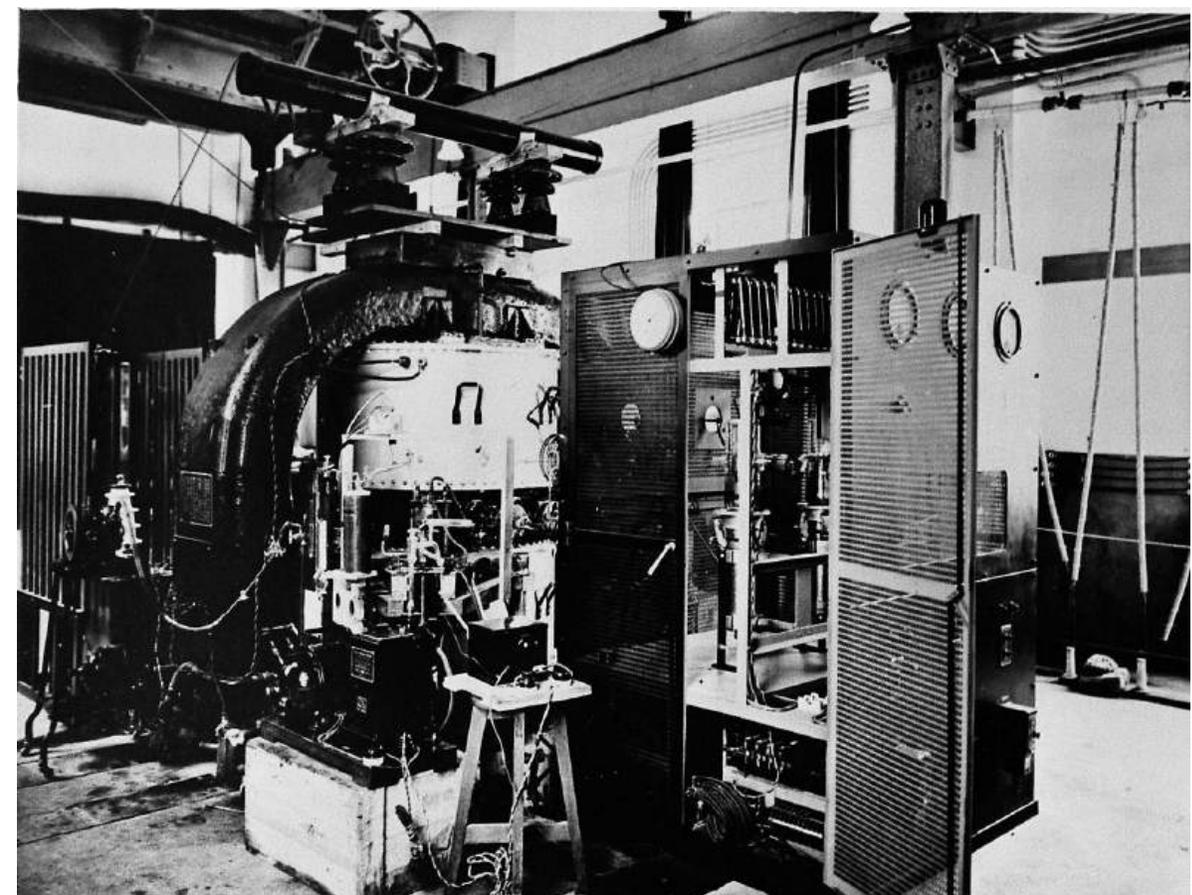
③

②

②③

③⑦





**小サイクロトロン全体写真**



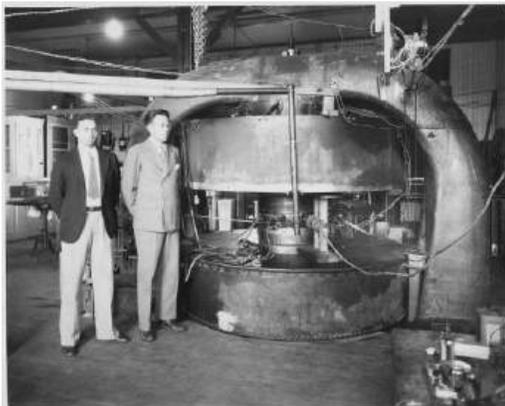
1951年5月 E.ローレンス駒込訪問  
前列左:朝永振一郎博士  
後列右: 玉木英彦博士  
前列中:横山すみ秘書



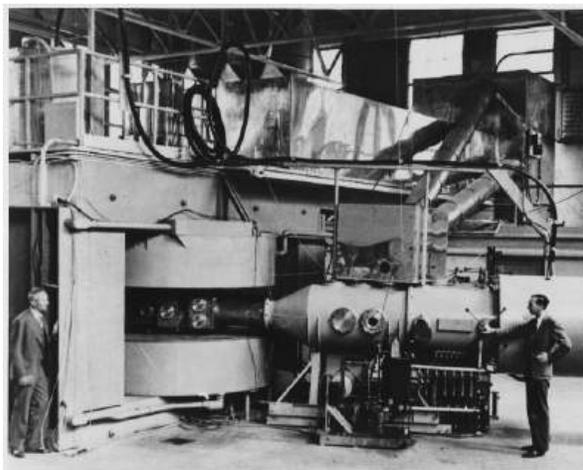
写真7-2 ロックフェラー財団主催の「再審査会」出席のメンバー。左から右へローレンス、A. H. コンプトン、ブッシュ、コナント、K. T. コンプトン、A. L. ルーミス [Courtesy of the Lawrence Berkeley National Laboratory and the American Institute of Physics Emilio Segrè Visual Archives]



財源は「石油王ロックフェラー財団」 実験生物學研究のため



小サイクロトロン



大サイクロトロン

仁科先生も同じ夢を  
描いていたのでは

## 超大サイクロトロン

184-inch Cyclotron Magnet in Berkeley



Indian Institute of Technology Ropar

Hans-Jürgen Wollersheim - 2017



1948年  $\pi$ 中間子をシンクロサイクロトロンで  
人工発生に成功

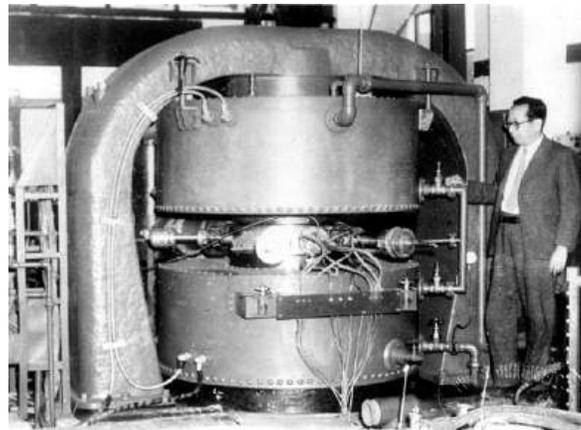


(長岡半太郎)  
(仁科芳雄)

(嵯峨根遼吉) (杉本朝雄)



(長岡半太郎)



3号サイクロトン  
(杉本朝雄)



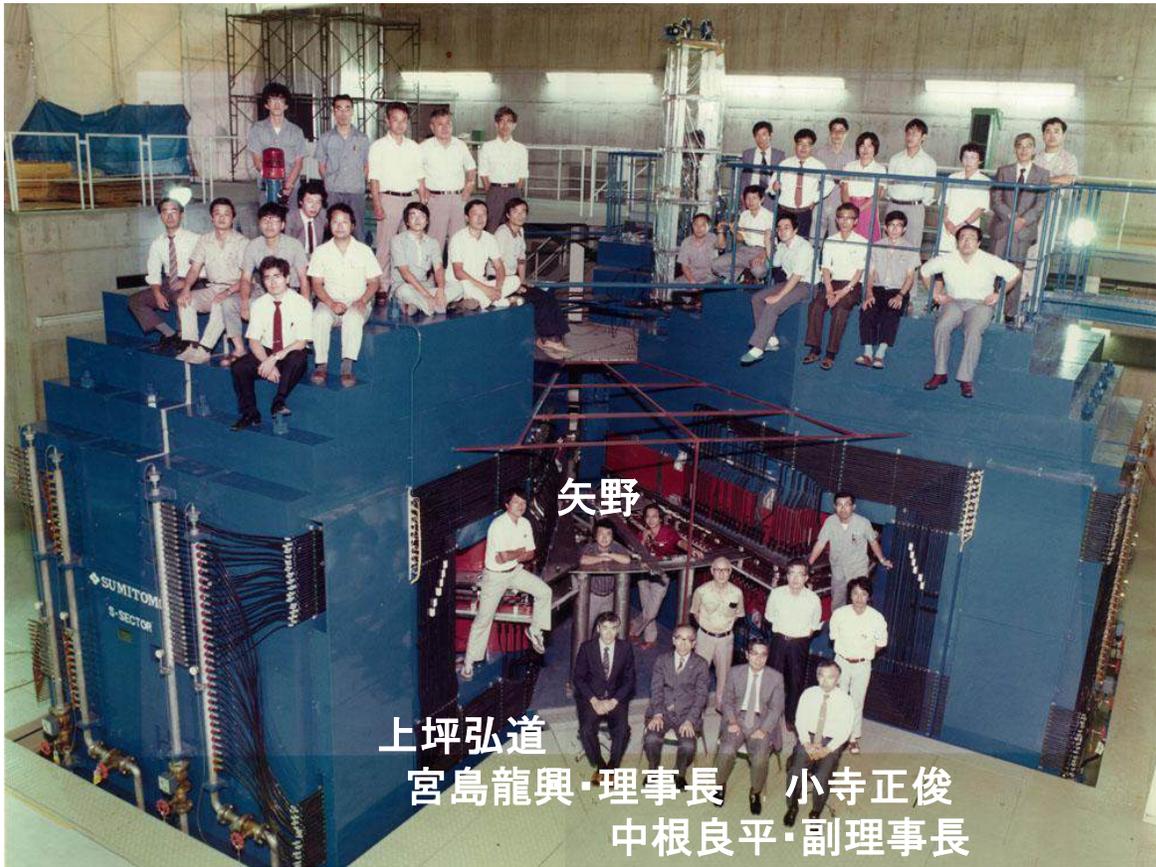
(上坪宏道)

(熊谷寛夫)

4号サイクロトン  
(熊谷寛夫:西川研)



嵯峨根先生  
発明者 ローレンス のもとで  
サイクロトロンを学ぶ



## 第5号サイクロロン 日本初の重イオン加速器



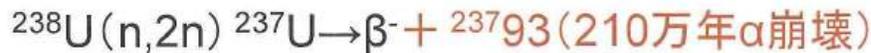


「U-237の発見」

93番新元素の発見を論文で示唆

Nishina et al., *Phys. Rev.* **57**, 1182 (1940)

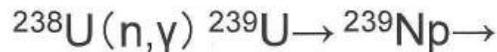
“Induced  $\beta$ -Activity of Uranium by Fast Neutrons”



同年、マクミランとエイベルソンが

93番元素の発見を報告し、後にNpと命名

McMillan and Abelson, *Phys. Rev.* **57**, 1185 (1940)



Induced  $\beta$ -Activity of Uranium by Fast Neutrons

In the course of experiments on the fission of uranium by fast neutrons,<sup>1</sup> besides fission products the uranium fraction showed a  $\beta$ -activity with a period 6.5 days.

This activity was induced appreciably only by fast neutrons obtained by bombarding lithium with 3-Mev. deuterons from our cyclotron. The experimental procedure was as follows.

A few grams of uranium oxide,  $\text{U}_3\text{O}_8$ , carefully purified and freed from its disintegration products were exposed to fast neutrons for more than fifty hours. After the exposure, a uranium fraction ( $\text{U}_3\text{O}_8$ ) was separated and purified from all possible elements produced by fission as well as from its own disintegration products. The most care was given to

radioactive family  $4n+1$ .

The sign of the  $\beta$ -rays was shown to be negative and consequently we suspected the production of a radioactive element of atomic number 93, the chemical properties of which are probably homologous to rhenium. From the decay curve it is clear that its period must be very long,

decay curve it is clear that its period must be very long, if it exists. To search for such an element, the irradiated uranium oxide, which was freed from fission products as well as its own disintegration products as above mentioned, was left for about 7 days, and was then dissolved in nitric acid. The solution, after an addition of perhenic acid, was treated with ammonium sulphide and then acidified with sulphuric acid. The precipitated rhenium sulphide, after the removal of contaminated sulphur by carbon bisulphide, was examined for  $\beta$ - and  $\alpha$ -activities. Neither of them could be found within the error of our experiments. We may thus conclude, as in the case of 23-minute uranium,<sup>2</sup> that the 6.5-day uranium decays also into a very long-lived 93 element. The detailed accounts of the experiments will be given elsewhere.

The above investigations were carried out as a part of the work of the Atomic Nucleus Sub-Committee of the Japan Society for the Promotion of Scientific Research. We acknowledge the assistances given by our laboratory colleagues in connection with the irradiation of samples and by Messrs. N. Saito and N. Matuura regarding the chemical separations.

Y. NISHINA  
T. YASAKI  
H. EZOE

Nuclear Research Laboratory,  
Institute of Physical and Chemical Research,

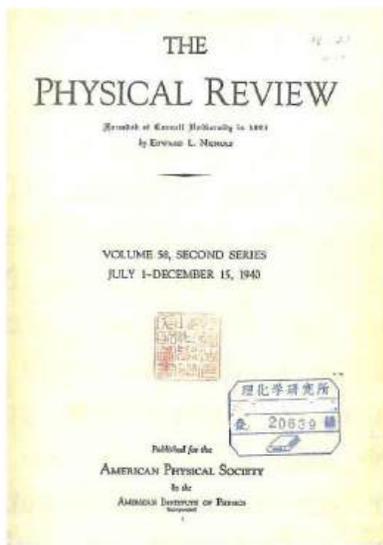
K. KIMURA  
M. IKAWA

Chemical Institute,  
Faculty of Science,  
Imperial University of Tokyo,  
Tokyo, Japan,  
May 3, 1940.

<sup>1</sup> Y. Nishina, T. Yasaki, H. Ezoe, K. Kimura and M. Ikawa, *Nature* **144**, 547 (1939); *Nature*, in press (1940).

<sup>2</sup> Y. Nishina, T. Yasaki, K. Kimura and M. Ikawa, *Nature* **142**, 874 (1938).

<sup>3</sup> E. Segrè, *Phys. Rev.* **55**, 1104 (1939).



that it is a mixture of PbS and PbSO<sub>4</sub> in the case of the lead glass (Fig. 1C). A detailed account will be reported in a Japanese journal.

We wish to express thanks to Dr. K. Fusa, Director of our Research Laboratory, under whose guidance this experiment was carried out and to Professor Y. Shibata, Dr. S. Tanaka, Mr. M. Nagata, and Mr. K. Harai, the members of the committee of the Japan Society for the Promotion of Scientific Research for their valuable suggestions and cordial assistance.

HIROSHI KANOGAWA

Research Laboratory,  
Tokyo Shibaura Electric Company,  
Miyazaki Division,  
Kawasaki, Japan,  
August 1, 1940.

<sup>1</sup> H. Sakai, *Zetsu*, 1, *Hydro* 21, 3 (1940).  
<sup>2</sup> L. E. Meyer and V. M. Moser, *Phys. Rev.* 61, 831 (1935); K. Kanogawa, *ibid.* 64, 91 (1940).  
<sup>3</sup> *Ind. Eng. Proc. Res. Soc. A72*, 230 (1933); *Leid. Beschr.* 194, A156, 229 (1934).

#### Fission Products of Uranium by Fast Neutrons

Under the above title we reported<sup>1</sup> the results of investigations on silver, cadmium and indium isotopes obtained from uranium by bombardment of fast neutrons. In continuing our experiments we found that palladium isotopes are also produced by fission, and one of them is the mother substance of the 3.5-hour silver isotope, Ag<sup>108</sup>, which was mentioned in the above note. The experimental procedure was as follows.

The palladium fraction, which was separated as dimethylglyoxime salt from an irradiated sample and was carefully freed from the known fission products of uranium such as silver, antimony, tellurium, iodine, molybdenum, barium, lanthanum, cadmium, indium, etc., as well as from uranium itself, was examined for its activity. The decay curve, which was obtained from samples of long exposure, shows two periods, the longer one being 17 hours and the shorter one 26 minutes.

Under the supposition that the 17-hour palladium probably forms the mother substance of the 3.5-hour silver isotope mentioned above, we tried the search for this daughter product in the following manner. After 15 hours from the time of separation, the palladium compound was ignited, the residue was fused with sodium bisulfate and the melt was dissolved in water. From this solution, after adding silver nitrate as carrier, silver was precipitated as silver chloride. From the filtrate, palladium was precipitated with hydrogen sulphide. Both precipitates were then tested for the activity. The decay curve of the silver chloride showed a half-value period of 3.5 hours, which was ascribed to Ag<sup>108</sup> as mentioned in the above note in *Nature*. A similar method was tried to see if any silver isotope is produced from the 26-min. palladium but the result was negative. It is thus clear that the 3.5-hour silver grows from the 17-hour palladium, which therefore is identified with Pd<sup>103</sup>. On the other hand, the identification of mass number of the 26-min. palladium is not yet certain.

The results of our investigations on the fission products of uranium so far obtained by fast neutrons are summarized in Table I.

TABLE I. Summary of the identifications of fission products of uranium bombarded by fast neutrons.

ELEMENT	HALF-PERIOD	ISOTOPE	REMARKS	MAXIMUM ENERGY (MeV)
Pd	26 min. 17 hr.	112	electron	
Ag	7.5 day 3.5 hr.	111 112	electron electron	0.8 1.0
Cd	56 hr. 3 hr. 50 min.	115 117		
In	4.5 hr. 2 hr.	115* 117	gamma-ray conversion electron electron	0.31-0.35 0.20 1.2

\* Radioactive isomer of stable nucleus.

The above investigations were carried out as a part of the work of the Atomic Nucleus Sub-Committee of the Japan Society for the Promotion of Scientific Research. We acknowledge the assistance given by our laboratory colleagues in connection with the irradiation of samples and by Messrs. N. Saito and N. Matsuura regarding the chemical separations.

Y. NISHINA  
T. YASAKI

Nuclear Research Laboratory,  
Institute of Physical and Chemical Research,

K. KIMURA  
M. IRAWA

Chemical Institute,  
Faculty of Science,  
Imperial University of Tokyo,  
Tokyo, Japan,  
August 10, 1940.

<sup>1</sup> Y. Nishina, Y. Yasaki, H. Roon, K. Kimura and M. Irawa, *Nature*, in press (1940).

#### On the Temperature Assignments of Experimental Thermal Diffusion Coefficients

When one calculates coefficients of thermal diffusion from viscosity data on the basis of a particular molecular model, the isothermal nature of viscosity measurements enables one to evaluate theoretically the coefficients at definite temperatures. The thermal diffusion coefficient can only be directly measured, however, when a temperature gradient exists. Comparison of theory with experiment then becomes rather difficult, because the measured value is essentially the "effective" value of the coefficient over a temperature range that is usually quite large. The problem then arises as to what definite temperature to assign an experimentally determined value.

The fundamental equation of thermal diffusion is

$$\text{grad } c_1 = -(K_T/T) \text{ grad } T, \quad (1)$$

where  $c_1$  is the concentration (mol-fraction) of one of the constituents,  $T$  is the absolute temperature, and  $K_T$  is a quantity that for isotopes reduces to the form

$$K_T = \frac{103}{118} \frac{M_2 - M_1}{M_2 + M_1} R T c_1 c_2, \quad (2)$$

the  $M$ 's being the molecular weights and  $R_T$  being the

速い中性子による  
235Uの対称核分裂の大発見!

原子爆弾の原理であったが  
仁科博士は気付かず

この他に  
NATURE 146 24 (1940)

(1) 遅い中性子 反応率高い

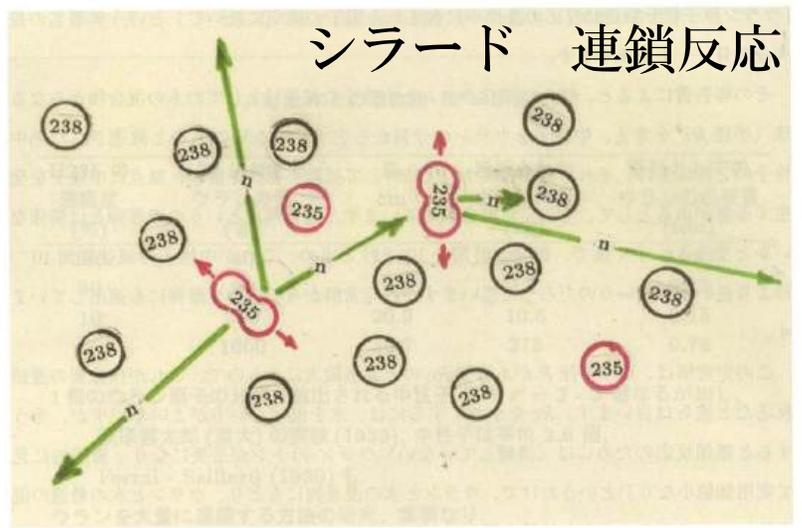
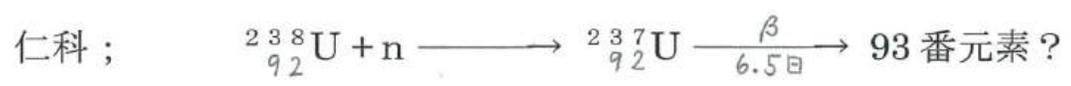
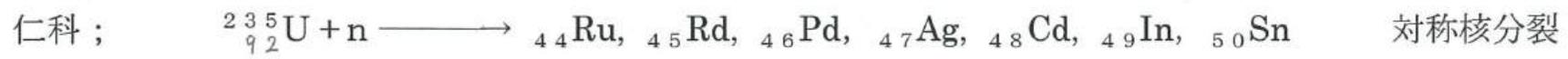
+ 200MeV+ 2~3 n (遅い連鎖反応：原子炉)



マクミラン・シーボルク 「超ウラン元素の発見」 ノーベル賞

(2) 速い中性子 反応率低い

+ 200MeV+ 2~3 n (速い連鎖反応：原爆)



原爆にするには  
超高濃縮で速い中性子

原子炉にするには  
低濃縮で遅い中性子

中性子は、散乱をくりかえして、さまよい歩く。ときに核分裂、ときに吸収、ときに外へ：拡散

図1  $^{235}\text{U}$ の核分裂の連鎖反応

理研第2号サイクロトロン (1939)



理論物理学 の始祖

宇宙線研究

元素変換研究

加速器

アイソトープ科学  
(放射線生物・医学)

原子力研究開発

土門拳 文化人写真集「風貌」

# 中性子によるショウジョウバエの突然変異

*Sex-linked Mutations of Drosophila melanogaster  
Induced by Neutron Radiations  
from a Cyclotron.*

By Yoshio NISHINA and Daigoro MORIWAKI.

(Received August 31, 1939.)

## INTRODUCTION.

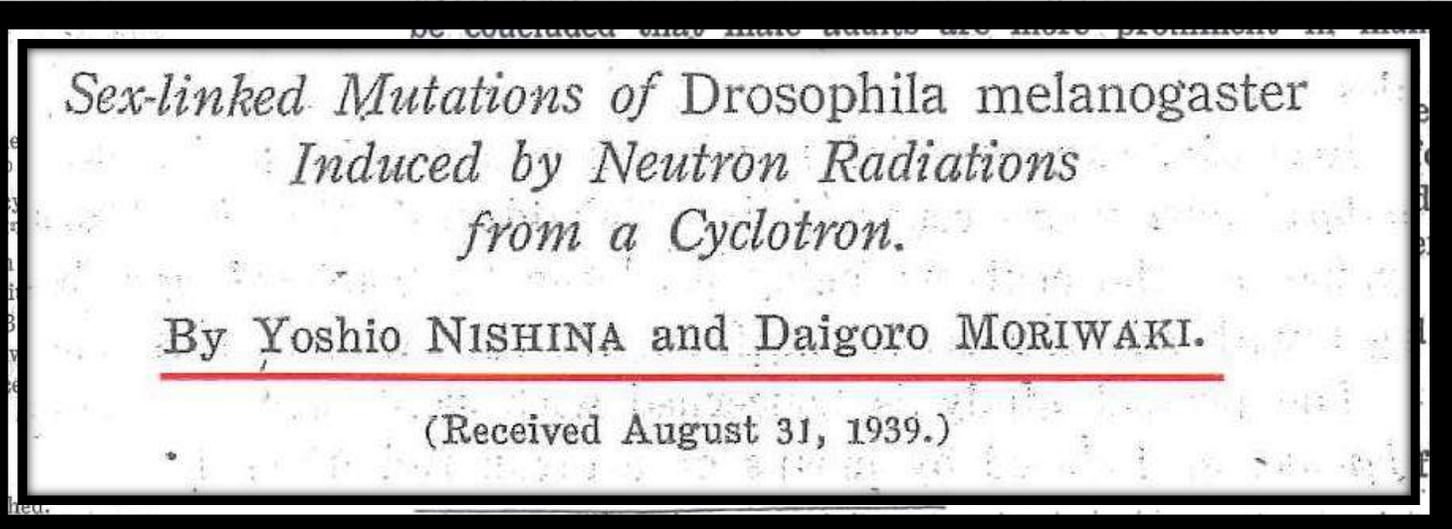
Only a few experiments with neutrons in the have been reported. The first was that of Whiting dominant lethals in *Habrobracon* with the aid of the University of California. Next, Nagai and Loch producing mutations in *Drosophila melanogaster* from beryllium (485 g) irradiated by  $\gamma$ -rays of obtained a mutation rate of 1 in 98, or 44 lethals in On the other hand, Timoféeff-Ressovsky and his been studying the same problem with neutrons producing a lithium target with fast deuterons, and has following conclusions:

1. Through neutron irradiation, increase in frequency is obtained, which is statistically well established.
2. The induced mutation frequency increases per doses.
3. Action of neutron radiations per unit doses (per pair of ions inside tissues) for producing mutations is weaker than that of X- or  $\gamma$ -rays.

Snell<sup>(4)</sup> studied the appearance of sterility and of heredity changes

(1) P. W. WHITING: *Science*, 84 (1936), 68.  
 (2) M. A. NAGAI and G. L. LOCHER: *Nature*, 140 (1937), 111; *Genetics*, 23 (1938), 197.  
 (3) N. W. TIMOFÉEFF-RESSOVSKY: *Forschung u. Fortschr.*, 14 (1938), 165; N. W. TIMOFÉEFF-RESSOVSKY und K. G. ZIMMER: *Naturwiss.*, 26 (1938), 326; N. W. TIMOFÉEFF-RESSOVSKY, K. G. ZIMMER, und F. A. HEYN: *Naturwiss.*, 26 (1938), 108; K. G. ZIMMER und N. W. TIMOFÉEFF-RESSOVSKY: *Strahlenther.*, 63 (1938), 528.  
 (4) G. D. SNELL: *Proc. Nat. Acad. Sci.*, 25 (1939), 11.

We shall next deal with the dependence of the mutation frequencies on the stages of growth of the treated males. Generally speaking, the mutation rates in cases NI and NIV, both of which are in the same conditions regarding the stage of growth (adults), exceed that either of NII (pupae) or of NIII (larvae), although the dose is not the same for each case. From these results, it may



(6) H. J. MULLER: *Ann. Entomol. Soc. Amer.*, 34 (1941), 420.  
 (7) W. G. MOOR: *Genetics*, 19 (1934), 209.

H. J. Muller 1946年ノーベル賞：  
X線照射による突然変異体発生の発見

理研  
 パテント情報  
 1997年4月

重イオンビームを用いた  
 突然変異体植物の作出方法

対談出席者

- 吉田茂男 植物機能研究室  
主任研究員
- 矢野安重 サイクロトロン研究室  
主任研究員
- 阿部知子 植物機能研究室  
研究員

重イオンビームを子房中の受精卵に照射することによって、形態レベルでの異常発現率が、従来の薬剤処理や放射線照射といった方法より、一桁以上も高いという画期的な植物の突然変異体の作成法が開発されている。

■あらゆる突然変異体が出現する

吉田 この方法の原理は、サイクロトロンで生成された窒素イオンやネオンイオンなどの重イオンのビームを、受粉後の植物子房に照射し、突然変異を起こさせるといったものです。

従来アルキル化剤(メタンスルホン酸エチル:EMS)を使う薬剤処理や、ガンマ線やエックス線を照射する方法よりも、致死的な変異が起こりにくく、数多く生き残る。しか



重イオン照射によって誘導されたアルビノ変異株と正常株



吉田主任研究員

も、生き残ったものの種をとって発芽させると、形態異常の発現率は既存の方法よりぐんと高い。

重イオンビームの照射はほんの一瞬で、ガンマ線のように一カ月も試料植物をフィールドにさらしておく、あるいは薬剤のようにその浸透時間やその後の薬剤除去の手間を考えると必要ありません。実験プロセスの効率化が、時間的にも仕事量の面でもはかれます。

実験のポイントは、重イオンの核種、線量、受精後いつ照射するかというタイミングの三つを、試料に応じていかに制御するかにあります。今までの実験でこのポイントについてもだいたいの目安がついています。

阿部 主にBY-4とXanthi(キサナンチ)という2種のタバコを実験材料としていますが、形態レベルでの様々な異常がでてきました。葉の色もアルビノ、薄緑、斑入りといったクロフィル欠損や、濃緑色ものが現れました。一方、EMS処理時

には、薄緑のものは出ても、アルビノは全く発現しませんでした。

葉の形にしても、細葉や巻葉、切れ込みのあるもの、側芽が過剰発達したものなどバラエティに富みます。花も色は薄桃色から濃桃色まで、その大きさや花弁の枚数も様々です。個体全体としても、小型化、矮性、雄性不稔個体などが多数ありました。

特にXanthiの感受性は高く、照射後発芽した個体の10~20%に形態異常が発現しています。

吉田 機能面でも面白いものが見つかっています。その一つに、クロロフィル合成を阻害する除草剤に対して抵抗性をもつものがあります。葉の表面にこの除草剤をつけると、そこが普通は白くなりますが、この変異体の場合は全く変化がない。

また、塩濃度2%でも生育する変異体も見つかっています。海水が3.3~3.8%程度なのでかなり高濃度です。

とにかく、何か指標を決めてスクリーニングすると必ず出てくるといった感じですね。スクリーニングの時期も、半生存率の当たりで行なうのが最も効率がいい、ということ



阿部研究員



正常株と形態変異株

が明らかになりました。

重イオンビーム照射の場合、ビームが直接受精卵の遺伝子に作用するのではなく、たとえていうなら、大きな建物の中に髪の毛数本分くらいのビームが入ってきて、その衝撃波によって、大きく組み換わるのではないかと今のところ考えています。このような大変異であるからこそ形態異常にまで繋がると...

■それは満開の桜の下で始まった

吉田 重イオンビームとの出会いは理研の花見にあります。

そもそも私たちの研究室では、植物の遺伝子がそれぞれどんな機能をもっているかを追究するために、突然変異体をつくって異常と遺伝子との関係を探っていました。アルキル化剤を使って実験を行ない、特に薬剤処理のタイミングについて詳しく調べていました。変異が起こりやすく、しかもそれが個体全体に遺伝形質として固定されるにはいつがよいか、ということです。その結果、受精後まもない卵期の進んでいない時がよいことが実験的に明らかになりました。

しかし、薬剤は浸透時間や薬剤除去の手間を要し、特定の組織を狙うことも難しいと、コントロールの面で難点が多い。他にいい方法はない

ものかと考えている時に、理研の花見で、サイクロトロン研究室の矢野さんと奮をかたむけながら談笑する機会に巡りあったのです。



矢野主任研究員

矢野 吉田さんとは飲み友達で、互いに仕事の話はしなかったのですが、3年前のあの時は桜の花を眺めながら、これに重イオンビームを当てたらどうなるか、といった話になった。

仁科芳雄博士以来、理研にはサイクロトロンを原子核研究だけでなく、あらゆる分野に役立てるという伝統があり、どの位の線量だと突然変異体が生じやすいかなどの実験がマウスなどを使って行なわれ、データの蓄積がありました。そしてあの夜、植物とサイクロトロンが結びついたというわけです。



サイクロトロン生物照射室での実験の様子 写真の奥側から重粒子線が花の子房部分へ浴びせられる

吉田 理研のサイクロトロンの重イオンビームはエネルギーが高いので、大気中に打ち出せることを知りました。これなら生きたままの植物体を使い、私たちが調べてきた受精後のちょうどいいタイミングに合わせて目標箇所に正確に当てることができると...

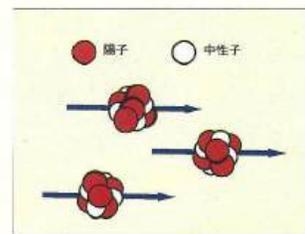
その年の9月から実験を始めましたが、結果はすばらしいものでした。

■10ミクロン径を狙い撃つ

阿部 今後は、形態や機能の異常がどのような遺伝子の欠損や組み換えで起こるのか、を追究していきたいですね。そこで、突然変異体のゲノム解析を始めているのですが、これは非常に手間ひまのかかる仕事です。

吉田 これについては、検出器や計算機の専門家などと共同研究を組み、検出や読み取りを迅速、簡便に行なうシステムの開発に乗りだしたところですよ。

重イオンビーム照射そのものに



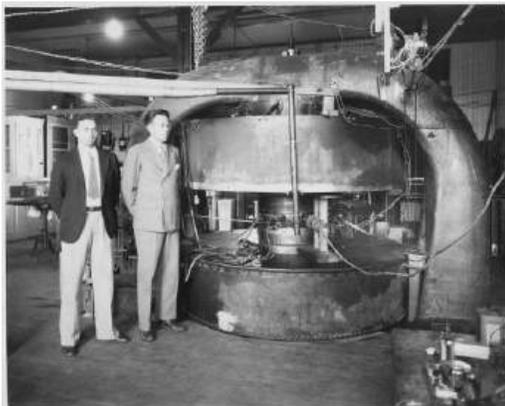
重イオンビームとは?

原子からいくつかの電子をはずし、電荷を帯びさせた粒子をイオンと呼ぶ。特にヘリウムより重い元素のイオンを「重イオン」といい、物質中を通過する際に与えるエネルギーが他の放射線に比べて非常に大きい。リングサイクロトロンは重イオンを高エネルギービームとして発生する。

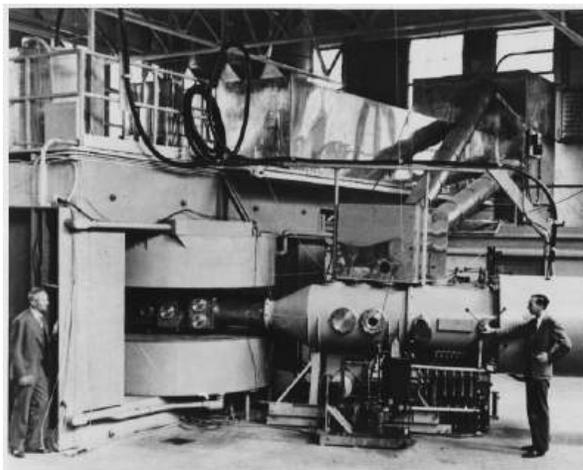
仁科先生は、日本帝国陸軍を騙してまで、  
湯川粒子を追い求めたのでは

仁科先生は、マンハッタン計画の科学者に  
原爆の製造方法の大ヒントを与えたのでは

仁科先生の置手紙が、昭和天皇にポツダム宣言受諾を  
決断させたのでは



小サイクロトロン



大サイクロトロン

仁科先生も同じ夢を  
描いていたのでは

## 超大サイクロトロン

184-inch Cyclotron Magnet in Berkeley



Indian Institute of Technology Ropar

Hans-Jürgen Wollersheim - 2017



1948年  $\pi$ 中間子をシンクロサイクロトロンで  
人工発生に成功

計画の始まりを朝日新聞は次のように紹介している。1955年8月7日 原子雲を越えて／日本も原爆計画」という記事だ。

昭和十五(1940)年も半ばすぎたある夏の日、新宿から立川に向う通勤列車の二等車で、こんな話がささやかかれていた。例のウラン爆弾のことだが……』と理研の仁科芳雄博士。ほうー！いよいよ出来そうだとしても』と、ヒザを乗り出したのは陸軍航空技術研究所安田武雄中将(現アジア製作所社長)である。『略)まだはつきりとはいえないが、ウラン爆弾はどうにか出来そうに思える。あなたがその気なら、わたしとここでウラン爆弾製造のための実験研究をはじめてもよいと思うんだが』

「ツポンの原爆」が、歴史の中に浮上した瞬間である。



安田武雄  
仁科先生の大学の先輩  
同郷

財團 理化學研究所  
構内建物配置圖

- 1940 8  
仁科、**安田武雄陸軍中將**に「ウラン爆弾製造できる」
- 1941 12  
太平洋戦争
- 1943 安田 東条英機から原爆開発の指示を受ける  
安田「**二号研究**」陸軍直轄に
- 1944 熱拡散法によるウラン235の濃縮開発に着手  
効率が悪い、UF6はできたが銅管が腐食して、失敗
- 1945 4.13  
熱拡散分離（49号館）空襲で消失  
6  
陸軍「**敵国においてもウラン爆弾の実現なし**」  
として計画の中止を認める



小サイクロトロン  
消失

49号館  
(熱拡散塔)  
消失

仁科先生  
執務室

月	日	摘要	記入金額	支拂金額	差引残高
		昭和17年度			
8	21	航空技研	64,000.00		64,000.00
5	26	"	112,500.00		176,500.00
2	28	理研工業 31	90,000.00		266,500.00
2	10	技術院 31	90,000.00		356,500.00
		昭和18年度			
5	10	陸軍航空本部	16,000.00		16,000.00
11	20	陸軍航空本部	47,500.00		53,500.00
		昭和19年度			
4	21	服部奉公會	160.00		9,660.00
		陸軍糧秣本廠	7,500.00		9,820.00
		海軍航空技術研究所	2,000.00		9,820.00
5	23	服部奉公會	160.00		9,820.00
6	12	航空本部	408,488.48		418,308.48
6	25	服部奉公會	160.00		418,468.48

月	日	摘要	記入金額	支拂金額	差引残高
					418,468.48
7	20	服部奉公會	160.00		418,628.48
8	22	服部奉公會	80.00		418,708.48
9	20	服部奉公會	80.00		418,788.48
10	11	文部省	12,200.00		
	24	服部奉公會	80.00		431,068.48
11	22	服部奉公會	80.00		431,148.48
12	6	陸軍航空本部	1,000,000.00		
12	21	服部奉公會	80.00		
12	20	"	80.00		1,431,408.48
2	28	"	80.00		1,431,488.48
4	29	"	80.00		
4	11	"	100,000.00		1,531,488.48

陸軍から総額150万円(約50億円)

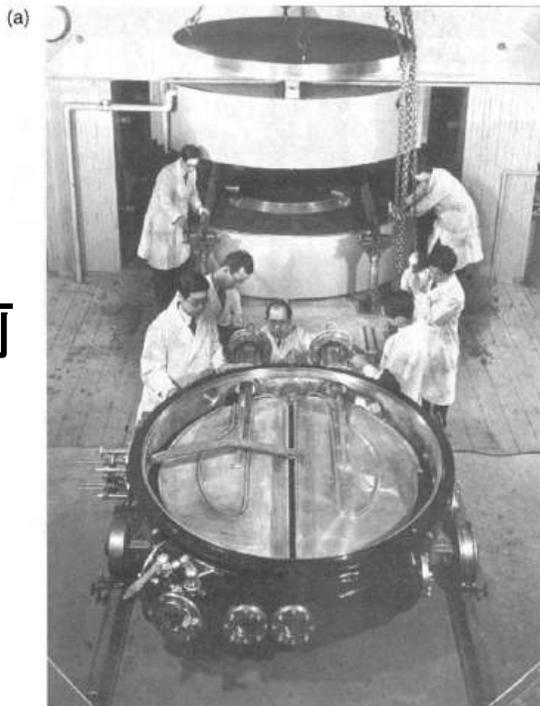
1935年 湯川先生 「中間子論」 提唱

仁科先生は、日本帝国陸軍を騙してまで、  
湯川粒子を追い求めたのでは

仁科先生は、マンハッタン計画の科学者に  
原爆の製造方法の大ヒントを与えたのでは

仁科先生の置手紙が、昭和天皇にポツダム宣言受諾を  
決断させたのでは

改造前



改造後

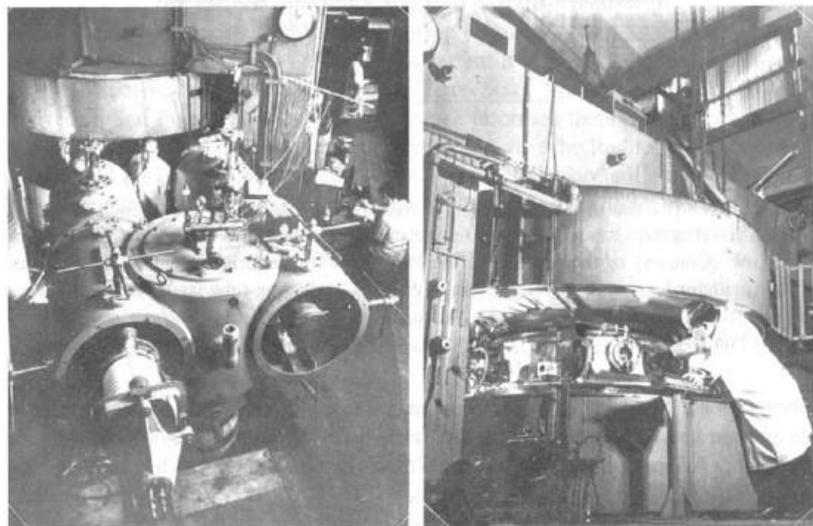


FIGURE 6.5 (a) Nishina's 60-inch cyclotron. Nishina spent most his time reconstructing the machine to obtain stronger and more stable beams. (Courtesy of the Special Collections, NCSU Libraries.)

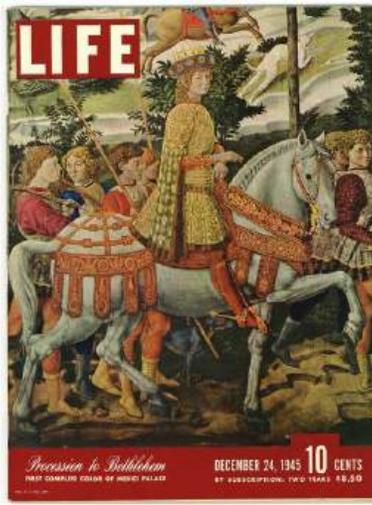


矢崎

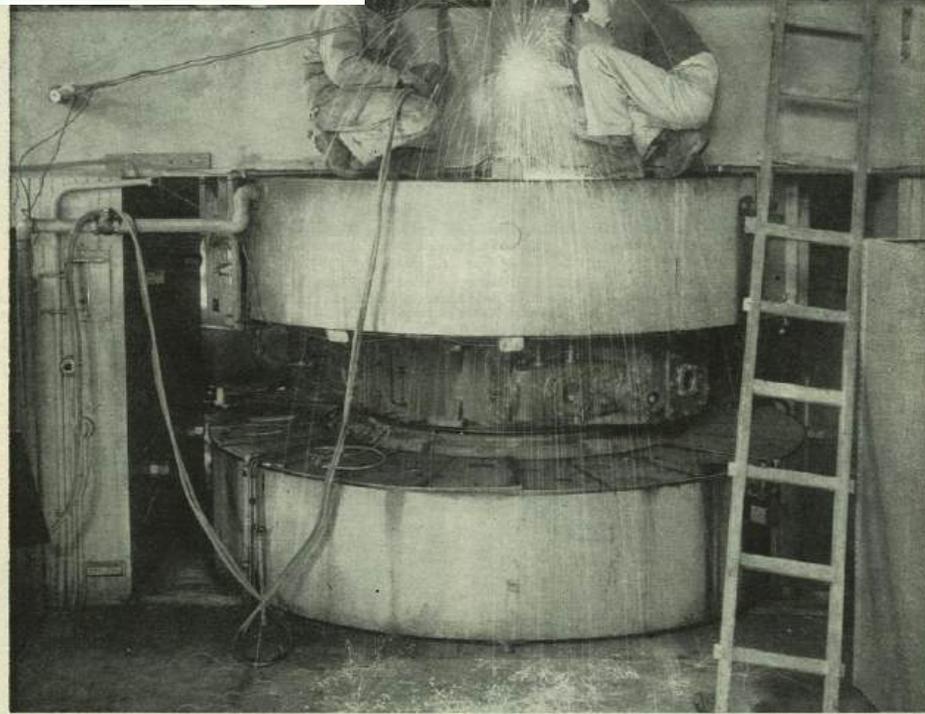
マクミラン

写真 2-1 理化学研究所の60インチサイクロトロン改造のために訪米した日本人研究者と一緒に、バークレーの60インチサイクロトロン組立図（本書33頁）の前で語る E. M. マクミラン（右端）、左から飯盛武夫、矢崎為一、渡邊扶生 [Courtesy of the Lawrence Berkeley National Laboratory, taken September 2, 1940]

マクミラン：超ウラン元素、シンクロサイクロトロン



# 1945年12月24日発行の「LIFE」誌 理研サイクロロン解体東京湾投棄 の記事が掲載された



GI ENGINEER USES ACETYLENE TORCH TO DISMANTLE LARGER OF DR. NISHINA'S TWO CYCLOTRONS. MACHINE WAS PARTITIONED TO FACILITATE DUMPING AT SEA

## CYCLOTRON SMASHING

American soldiers demolish and sink  
precious Jap scientific equipment

Last month American soldiers, acting on orders from above, hacked a path with bulldozers to the doors of the Nishina Laboratory in Tokyo's Institute of Physical and Chemical Research and dismantled two of Japan's five atom-smashing cyclotrons. Dr. Nishina, whose larger cyclotron (above) was partly U.S.-built, had been working under strict supervision on medical and biological research. His apparatus could not have been used to make an atomic bomb. Despite this, parts of the dismantled 200-ton

cyclotron were loaded on two Army cargo ship and dumped in Tokyo Bay. Meanwhile in Kyoto an Osaka other GIs descended upon and destroyed Japan's three other cyclotrons. U.S. scientists were enraged. The Association of Oak Ridge Scientists called the action a "crime against mankind." For the original order every one blamed the chair of command, which led ultimately to the Secretary of War who admitted it had come from his office, though not directly from him. It was, he said, a mistake



BASE OF CYCLOTRON, which was imbedded in concrete, is defaced by acetylene torch so it cannot be used again. Magnet's huge copper coils were lifted out by cranes.



PROFESSOR NISHINA PLEADS for his equipment. "This is ten years of my life," he said. "It has nothing to do with bombs." His wife and secretary wept quietly.

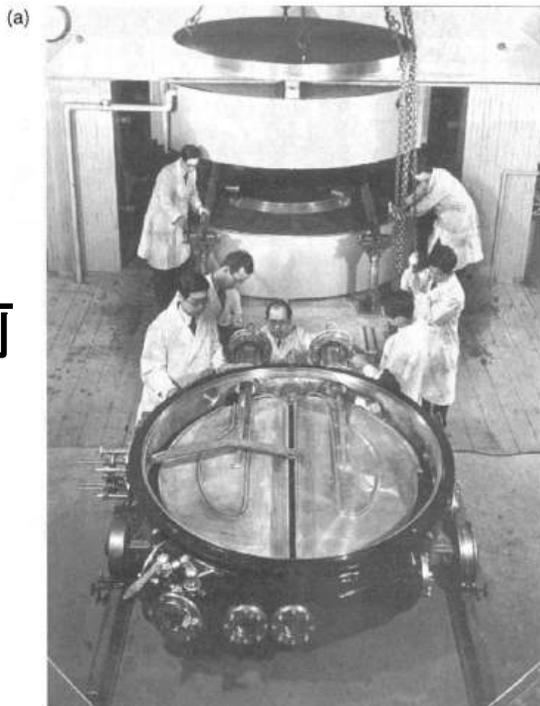


SOLDIERS CART CYCLOTRON PARTS from Dr. Nishina's laboratory through institute's grounds in a huge trailer. Men were from Eighth Army engineer battalion.



IN TOKYO BAY Americans dump section of "gun," one of cyclotron's most essential parts. Pieces were sunk in water 4,000 feet deep so Japs could never retrieve them.

改造前



改造後

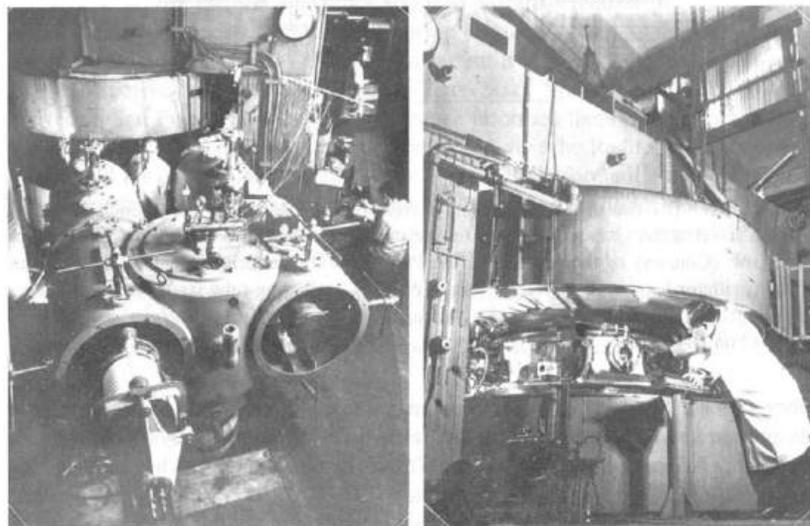


FIGURE 6.5 (a) Nishina's 60-inch cyclotron. Nishina spent most his time reconstructing the machine to obtain stronger and more stable beams. (Courtesy of the Special Collections, NCSU Libraries.)



写真 2-1 理化学研究所の60インチサイクロトロン改造のために訪米した日本人研究者と一緒に、バークレーの60インチサイクロトロン組立図（本書33頁）の前で語る E. M. マクミラン（右端）、左から飯盛武夫、矢崎為一、渡邊扶生 [Courtesy of the Lawrence Berkeley National Laboratory, taken September 2, 1940]

マクミラン<超ウラン元素（ノーベル賞）、シンクロサイクロトロンの発明>から  
大サイクロトロンの改造方法を教わる

→1944年2月 大サイクロトロンファーストビーム

**9 27 日独伊三国同盟締結**

「ローレンスが巧く取り扱ってくれましたので、今日すっかり見学でき8分通り目的を達して一同喜んで  
います。……我々の方の図面も見せてローレンス、クックセイ、マクミラン、アルバレー等が議論  
してくれましたが、皆の意見が一致して大改造せねば働かぬだろうと言うのです」

「昨日、晚餐はローレンスの家に招かれました。その後、7時45分からのコロキウムでは私の論文に  
ついて話せとのことで、15分間簡単に話しましたが、ローレンス、オッペンハイマー、アルバレー、マク  
ミラン等が褒めてくれ、セグレと化学のシーボルグは別刷りを要求しました。

マクミランは我々が6日半と出したウランのアイソトープを7日と出し、又エレクトロンのエネルギー  
26万ボルトで我々の20万ボルトと同じだと言って喜んでいました。ただ93番はセリウム等に来て、

- レニウム等には絶体に行かないよと言っていました。セグレはこちらでもやったがフィッションプロダ  
クトは分析が難しかったので、銀やカドミウムが出なかったが、16ミリオンでやれば銀が得られるはずだ  
からやってみると言っていました」

矢崎為一 → 仁科芳雄

1940/09/04 (2)

「ローレンスは晩餐を食べながら、今度の問題は始めから政府から総長へ通達が来たので、どうしようもないが、個人的にはてんで問題ないから出来るだけよく見たり、皆と相談してくれと言って、大体クックセイやマクミランに任せ、自分はわざと席をはずして、うまくやってくれています」

1940/09/07

●  
「セグレが盛んに（大サイクロトロンで）16 ミリオンの D をベリリウムに当て 10 グラムのウランを使って我々の結果をチェックしています。3 時間半の Ag が得られ、Pd（17 時間）から得られるのだらうと言っていました。

### 速い中性子による核分裂の再確認

シーボルクとリビーの要求により化学のセミナーで 20 分か 30 分間話すことになっています」

1941 2 シーボルク Pu 発見



The Somerset  
400 Commonwealth Avenue  
Boston, Mass.



The Somerset  
400 Commonwealth Avenue  
Boston, Mass.

1940 10

仁科先生

臺下

矢崎 為一

今日ロースベルトがホストへ乗り込んで来る。MITの帰途念のため  
矢崎警備の警戒は厳重です。  
へべレリーは別頭来るのでしん。  
昨日の曜に(淡江)又は金曜、飯盛鬼は土曜に(ニューヨーク)あり  
月曜の夜行でシカゴ行き、フラメンコとデンスターに居る。おれは  
丁度選挙はあつた。危いもの。昨日はお祭りの朝です。  
しかし四年に一度の比大踊(シカゴ)のTriumph Towerの張り出し  
見物かと思ひます。ローレンス足身は来ません。バレーで再び  
念へると思ひます。  
是れが(め)様様の御健闘を祈ります。  
昭和十年十月三十日

速い中性子による核分裂をフェルミに絶賛される

拝見、会議は今日が最後までした。面白い記録があまりから、其  
を壁を降り書き、会議約二百五十名、書体は記念撮影をします。  
ラビやエルに会って、晩餐会のスピーチは五ルまでフロンツを  
フロンツとわざと悪口を言ふ方と云ふ事もある。然し判り易く  
の語をいへ今迄 *Asymmetry* *symmetric* *antisymmetric* *identical*  
日本の仁科、矢崎が *Symmetric* *antisymmetric* *identical* *identical*  
又丁は他に 239 があるが之は *Abelian* *McMillan* が 93 を提へる。  
もう早い *Neutron* で 237 が来るが、之は又日本と *Bankday* と  
しなと言つたのを、私が眼を洗つて取(い) *Bankday* と  
しかし沢山彼方、此方 *fusion* をとる。 *Harnad* *Purdue* *Rochester*  
著の人と仲良くお五の所獲物 *Harnad* *Purdue* *Rochester*  
フランス人の *Turner* が同じ *Table* に居る。拍平 *Van de Graff* *Van de Graff*  
M.I.T. *Harvard* *Cyclotron* *Van de Graff* *Van de Graff*  
おんにお返し *Kimmy* の *Pump* は別頭来るのでしん。  
納期が遅い。為る。淡江 *Pump* は別頭来るのでしん。  
おんにお返し *Kimmy* の *Pump* は別頭来るのでしん。  
納期が遅い。為る。淡江 *Pump* は別頭来るのでしん。

# REVIEWS OF MODERN PHYSICS

VOLUME 17, NUMBER 4

OCTOBER, 1945

1945 10

## Atomic Energy for Military Purposes\*

H. D. SMYTH

*Chairman of the Department of Physics, Princeton University; Consultant to Manhattan District,  
U. S. Corps of Engineers*

### FOREWORD

The story of the development of the atomic bomb by the combined efforts of many groups in the United States is a fascinating but highly technical account of an enormous enterprise. Obviously military security prevents this story from being told in full at this time. However, there is no reason why the administrative history of the Atomic Bomb project and the basic scientific knowledge on which the several developments were based should not be available now to the general public. To this end this account by Professor H. D. Smyth is presented.

All pertinent scientific information which can be released to the public at this time without violating the needs of national security is contained in this volume. No requests for additional information should be made to private persons or organizations associated directly or indirectly with the project. Persons disclosing or securing additional information by any means whatsoever without authorization are subject to severe penalties under the Espionage Act.

The success of the development is due to the many thousands of scientists, engineers, workmen, and administrators—both civilian and military—whose prolonged labor, silent perseverance, and whole-hearted cooperation have made possible the unprecedented technical accomplishments here described.

L. R. GROVES  
*Major General, USA*

\* Written at the request of Major General L. R. Groves, United States Army. Publication authorized as of August, 1945. Copyright 1945 by H. D. Smyth. This article is a

### PREFACE

The ultimate responsibility for our nation's policy rests on its citizens, and they can discharge such responsibilities wisely only if they are informed. The average citizen cannot be expected to understand clearly how an atomic bomb is constructed or how it works, but there is in this country a substantial group of engineers and scientific men who can understand such things and who can explain the potentialities of atomic bombs to their fellow citizens. The present report is written for this professional group and is a matter-of-fact, general account of work in the United States since 1939 aimed at the production of such bombs. It is neither a documented official history nor a technical treatise for experts. Secrecy requirements have affected both the detailed content and general emphasis so that many interesting developments have been omitted.

References to British and Canadian work are not intended to be complete since this is written from the point of view of the activities in this country.

The writer hopes that this account is substantially accurate, thanks to cooperation from all groups in the project; he takes full responsibility for such errors as may occur.

H. D. SMYTH

replication of the official report issued by the "Manhattan District," U. S. Corps of Engineers, with minor clarifications and corrections in wording and the addition of certain sentences, five figures, one appendix and the indexes, all of which appeared in the book *Atomic Energy for Military Purposes* published by the Princeton University Press to whom grateful acknowledgment is made.

H. D. スマイス

# 原子爆弾の完成

—スマイス報告—

仁科芳雄 監修  
杉本朝雄  
田島英三 譯  
川崎榮一

1951

1951

岩波書店

仁科先生は、日本帝国陸軍を騙してまで、  
湯川粒子を追い求めたのでは

仁科先生は、マンハッタン計画の科学者に  
原爆の製造方法の大ヒントを与えたのでは

仁科先生の置手紙が、昭和天皇にポツダム宣言受諾を  
決断させたのでは

1945 8 6 広島に原爆投下

1945年8月7日朝



(秘)

# 敵性情報

法團 同盟通信社内  
法人

情報局分室

第一號

二十年八月十日

本資料中には敵国其他外國の  
宣傳情報を含む採用せるもの多  
く取扱に特に注意ありまし

## ◎「原子爆弾」を發表

桑港 敵情 六日發

白亞(亞)當局は六日史上最初の原子爆弾に關する大統領トルーマンの聲明を發表した、全文次の通り

今から十六時間前米國の一航空機は日本の重要産業基地廣島に一割の爆弾を投下したこの爆弾はTNT二萬噸よりもさらに強力であり、戦史上最大の爆弾たる英國の「グランド・スラム」の二千倍以上の爆破力を有する、それは原子爆弾である、これは宇宙の根本的な力を驅使したもので、今や太陽の力の源泉となる勢力が徹底に戦争を齎した者共に對して放出されたのである、日本は假珠對において空中から戦争を開始した(一行不明)この爆弾によつて今やわれわれのが武裝兵力の増大し行く力に加へ一つの新しく且つ革命的な破壊力の増大を加へた

昭和廿一年八月七日夜

東京市本郷區駒込上富士前町卅一番地  
財団法人 理化学研究所

仁科芳雄

五木君

トルーマン聲明  
現在原子爆弾  
の製造に六  
万五千の  
工員が従事  
してやると云  
ふのは十二万  
五千人であ  
つたとしても  
廣島の八割  
が二の一澤  
でやられ死  
傷十一万を  
出したと云  
ふのは、その真  
似はなだる入  
りけいあり

今度のトルーマン聲明が事実とすれば吾々「ニ号研究の関  
係者は文字通り腹を切る時が来たと思ふ」この時期にいつ  
かは廣島から歸る旅をすべからず、それ近東系で待機して  
兵つて異れゆへ、もしトルーマン聲明は従来の大  
統領敎諭の数字が事実であつた様に、真実である。桐  
野、それは廣島へ昨日着つて見れば、真似一目瞭然  
であらう。そして参考本部へ到着した今迄の報  
告はトルーマン聲明を裏書きする様である。

残念なり此問題に關しては、もう小生の第六卷の敎  
諭

へた所が、いじつたらしい、要するに、これが事実とすれば、  
トルーマンの聲明する通り、米英の研究者は日本の研  
究者より、理研の四十九号館の研究者に對して、大勝  
利を得たのである。これは結局に於て、米英の研究者の  
人格が、四十九号館の研究者の人格を凌駕し、進んでゐると  
いふことは、たゞである。

萬事は廣島から歸る旅をしよ。それ近に理  
論上の次の問題を検討して置て異れゆへ、

普通の水の代りに重水を使ふことしたら、ウランの濃縮度  
はこの位で済むか、又そのウランの量は、如何か、

小生は来る十一月か十二月には、東京の豫定で兵隊が形を極  
の都合で敵機来襲の状況で、又は調査事項の多寡  
によつて、旅程を変更するものと思つて置れゆへ、今迄に

飛行機の故障は途中から引き返して来た。早く引き返してよかった。山の中へ着陸したら余の程で貴客来たのうちはも知れたい。

明は飛行機の都合が午後出ます。

トルーマン聲明は~~必~~た<sup>タ</sup>友の原子爆弾が「火薬一万吨」又は「一〇トン爆弾の二千倍」の威力があると述べて居る。これは君の報告の数字とよく合致している。



玉木 英彦

玉木英彦君

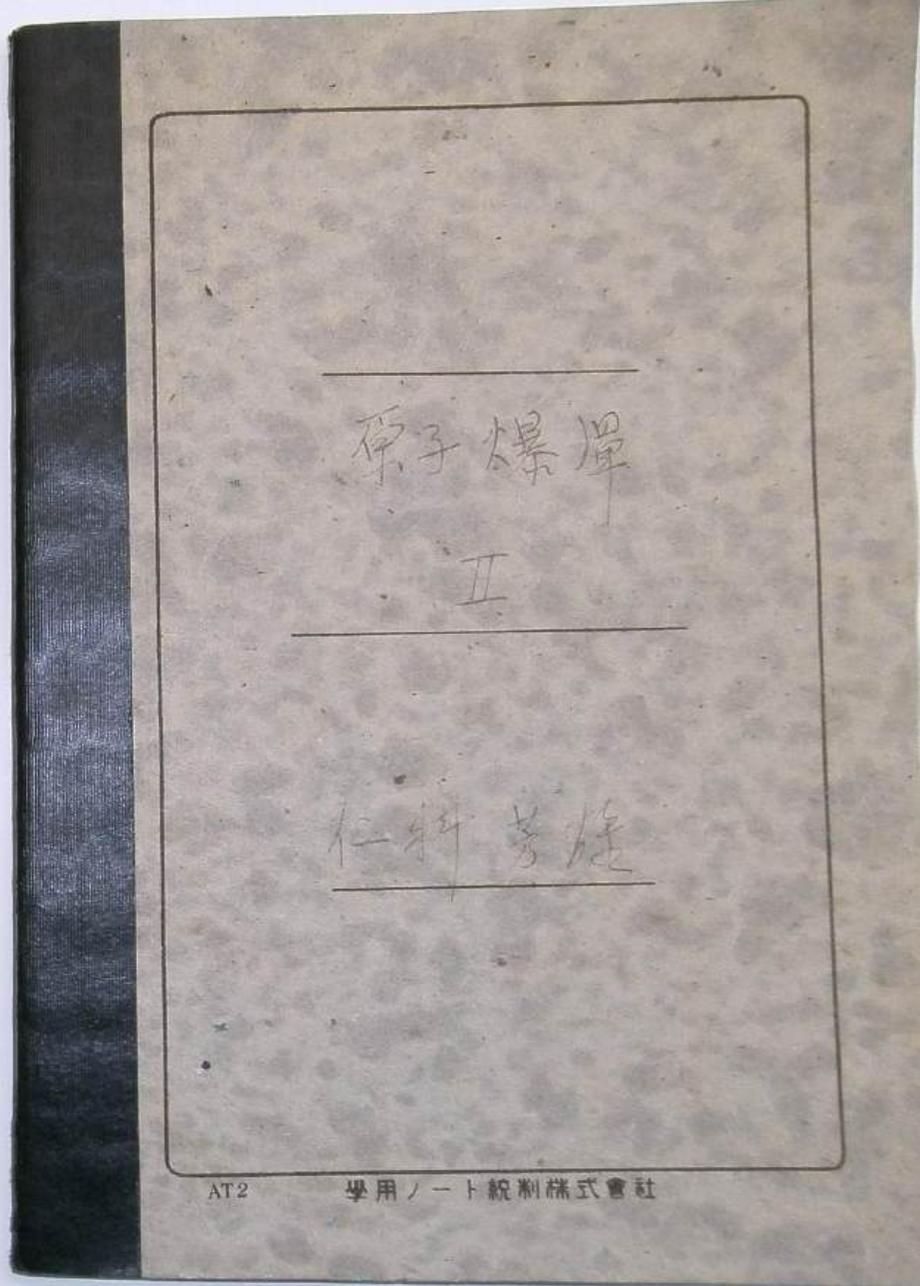
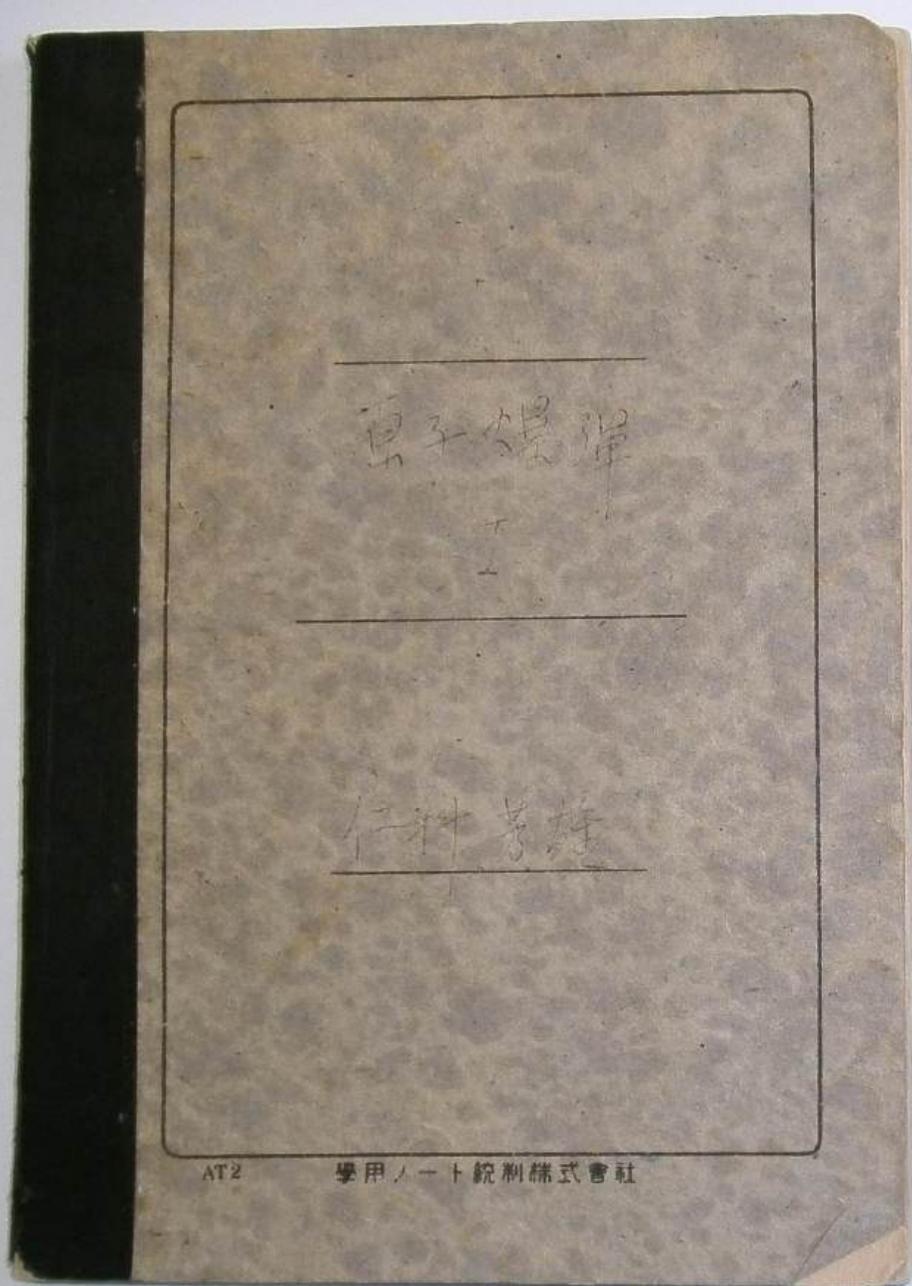
仁科芳雄

昭和廿年八月七日

財団法人 物理化学研究所  
 東京市本郷區駒之上富士前町三番地  
 電話 大塚 (8) (三) 七四〇五 一七四〇七

仁科先生が「命懸け」で「原爆かどうか」判定するために  
携行したノート

先生は「放射線の人体へ影響」を最もよく知っていた。  
最も放射能の強いときに広島、長崎の最も強い場所を  
調査した。



その根拠の一つは？

● 「原子弾又は同程度ノモノ」

● 「判決」

飛出不足。 砲ノモリヲ看ム。  
中心地ニテ防空壕ニテハ必ス死ス。 砲ノ  
硝子ノ飛ハズニシテ  
白ハキヲマシ。 白幕ヲ捲ク  
閃光アリ。 熱風ニシテ。 爆風アリ。  
微粉ノ子ニシテ不火。  
員傷者多キ。 未ケイケンノ如  
臭ノ背中ノ白クナリ。

休憩  
13時再開。 ● 判決

I. 爆薬ニ非ズ。  
1000~2000 トンノ火薬ニシテ  
爆薬ニシテ熱シ。 焼夷劑ニシテ  
焼夷劑ヲマキ コロニ火ヲマケル。  
本陣 ● 原子弾又ハ 19 砲及ビ 1 砲

爆着ニシテ。 地矣。  
爆子即チ 200m 南。 高さ 550m

爆圧  
施設本部

硝子 0.2 kg/cm<sup>2</sup>. (硝子)  
已炭 0.6 kg/cm<sup>2</sup> (炭半壞)

∴ 中心 6 kg/cm<sup>2</sup> 地上。

火傷ノ原因  
3 km 外  
硝子ノ先ハ 100m 外。  
熱風 7000 K, β-線 1000, 放射線  
Pγ。  
指傷 100 (1~2 sec.) 3/11  
解着ニシテ 100m 外ニシテ。  
光線ノ指傷 100m 外。

火災ノ原因  
引火 硝子ノ先ニシテ。 熱風ニシテ  
先ニシテ 100m 外ニシテ。 放射線  
ニシテ 100m 外ニシテ。

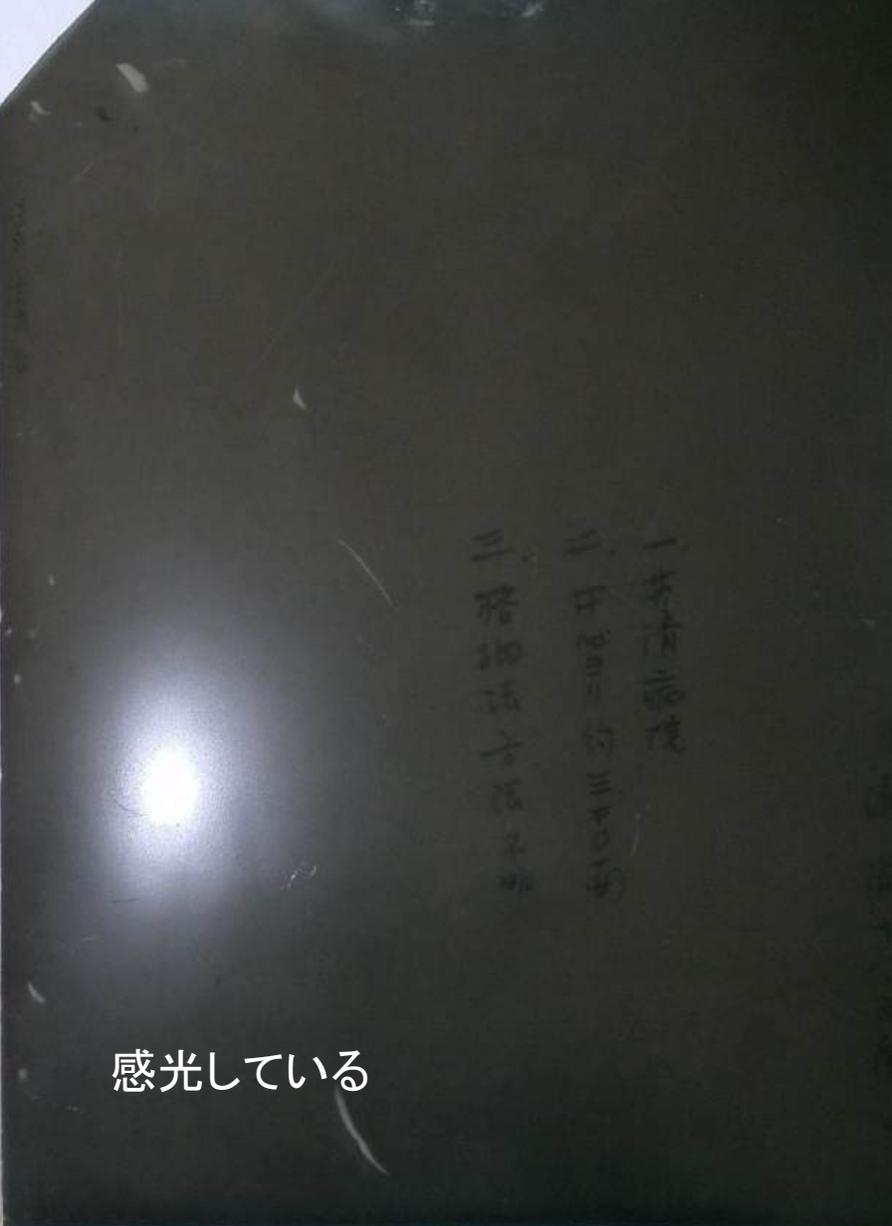
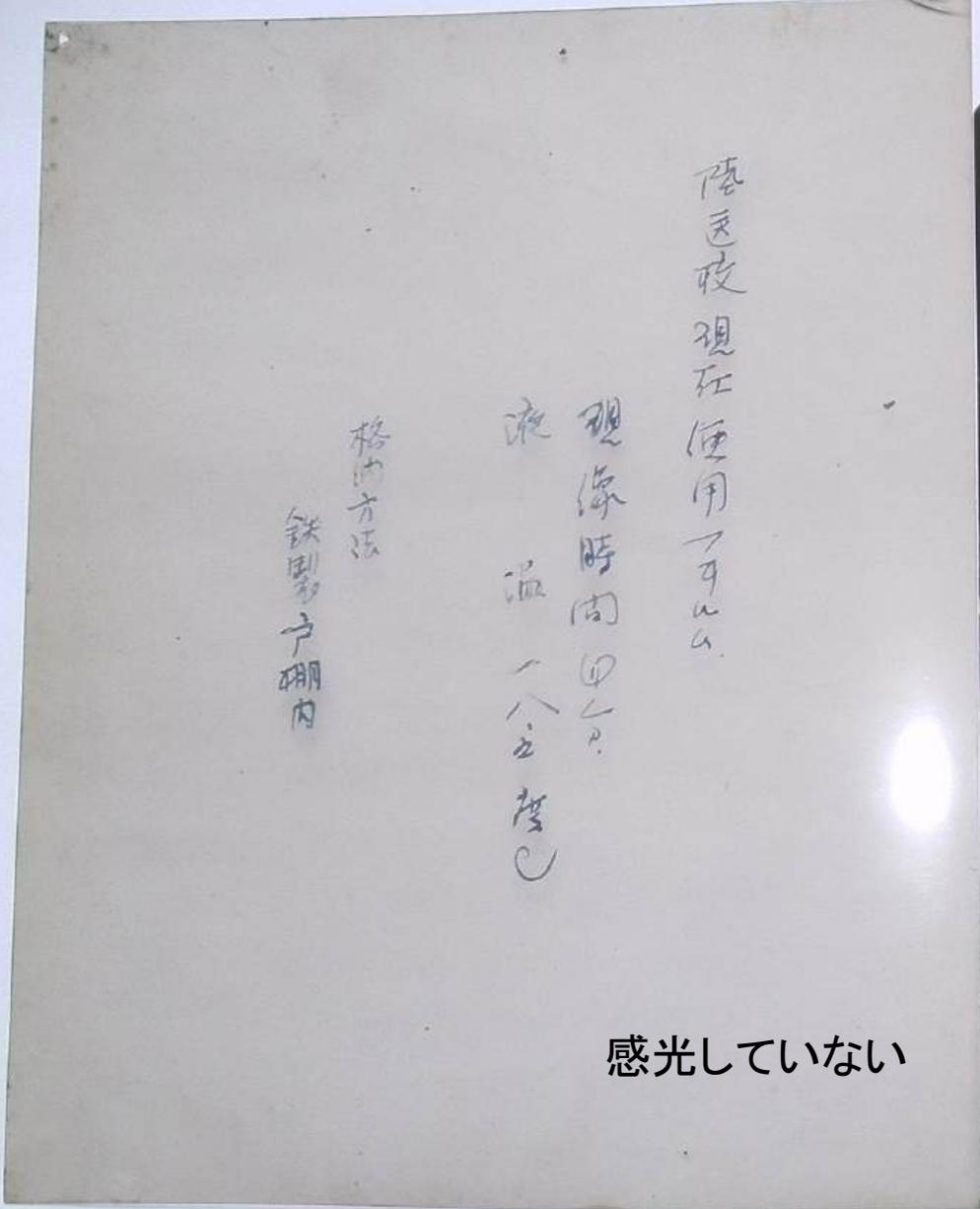
投弾方法。  
此種投弾ハ 必要ニシテ 落下傘ヲ伴  
ハス。 高さ 1000m 外。

II. 國民指導  
1. 警戒 警報中トシテ 敵機ノ近

2005年に「仁科記念室」見つかった

(右) 爆心に近い日赤病院のレントゲンフィルム

(左) 爆心から遠い呉医学校のレントゲンフィルム



# 「広島原爆」断定の証拠

## 放射線で真っ黒に感光 大判のレントゲン

### 約60年ぶり発見



中根先生

原爆に感光し、真っ黒になったレントゲンフィルム(右側)と感光しなかったフィルム(左側)を示す中根さん＝東京都文京区で

原爆投下による放射線で感光し、真っ黒になった広島赤十字病院の大判レントゲンフィルムが、旧理化学研究所(東京都文京区)の仁科芳雄博士の研究室から見つかった。大本営の現地調査に同行した仁科博士の指示で現像され、爆弾を原爆と断定する決め手となったが、約60年間、行方不明となっていた。原爆投下直後の状況を物語る貴重な資料として注目される。【中村敏生】

研究室は「仁科記念財団」が保存していたが、昨年8月に建物の耐震工事を実施。仁科研0Bで理研元副理事長の中根良平さん(84)が資料を整理したところ、古新聞にくるまれビニール袋に入っていたレントゲンフィルム7枚と撮影用の撮り枠を見つけたという。

一箱に出てきたリストから、7枚は広島赤十字病院病心から1・5センチ、陸軍三滝分院(同2・5センチ)が1枚、共済病院(同3・5センチ)が1枚、広島赤十字病院2階のレントゲン撮影室の保管庫にあった大判の1枚(約35センチ、横が約27・5センチ)だけが真っ黒に感光し、残り6枚はほとんど感光していなかった。

仁科博士は原爆投下から2日後の1945年8月8日、大本営調査団と

仁科先生が「命懸け」で調査した結果が

日本の終戦を促したのではないかと

先生は広島のと、長崎も調査

大変な被ばく量だったと思われる

派遣調査団



これより二非又原三、爆二ナリ

別紙

特殊爆弾調査報告

派遣調査団



一 判 決

本通ノ主体ハ普通爆薬又ハ焼夷剤ヲ使用セルモノニ非ス原三爆二ナリト認ム

ノ爆發委屬島市中央護國神社南方三〇〇米附近高度約五五〇米ナリ

ニ爆壓ハ中心地上ニ於テ六尺ノ平方程ハ人体ハ吹き飛ばサル、程度ノト推定スルモ更ニ精密ニ検討スルヨラス

三火傷ノ原因ハ光線ノ作用ニヨルモノナルハ於テハ、モロ線ノ作用アル歟アリ、光線ノ持續時間ハ幾何ニハ非サルモ、

四火災ノ原因

引火ノ易キ可燃性物質(英漢字紙類)ハ光線ニヨリ發火シ

火災ノ原因トナルコトアリ

五 検証法

コノ特殊爆弾ハ單機若シ、小數機ヨリノ投下ニヨルモノニシテ以スシ

モ落下傘ヲ伴ハス

# 終戦の真相

鈴木終戦内閣書記官長

参議院議員

迫水久常

そういうわけで米国が原子爆弾を実際に使用したということとは、ほんとうに驚天動地の脅威でありました。

当時の常識では今度の戦争に於いて原子爆弾が実現したならば、戦争は終りである、原子爆弾を有する方の勝利に於いて戦争は終りであると信ぜられて居りました。

従ってこのトルーマン大統領の発表は日本に一大衝撃を与え、特に著しい事は、あれほど戦争継続に熱中していた軍の中にさえ「斯くなる上は日本の軍隊は負けないが、日本の科学は負けたことが明かになった以上、戦争は一日も速かに終了すべきである」と議論が生じたことであります。

八月七日朝閣議を開いてこの対策を議しました。大勢はかくなる上は速かにポツダム宣言を受諾する方式によって、戦争を終結すべしというのでありましたが、実は原子爆弾出現ということが全く意想外でありましたので、或は米国の詐術ではないかと疑うものもあり、ともかく一応実地調査してからの話になり、仁科博士等の専門家を現地へ急派致しました。

その報告は翌八月八日夕刻到着、仁科博士は私に対し「残念乍ら原子爆弾に間違いありません」と涙を流して報告されました。

鈴木総理大臣はこの報告を得て私に対し、明日朝閣議を開き自分から終戦に関する意思を表明するからその用意をするようにとの御下命がありました。

「正論」平成15年9月号

## 日本映画社による原子爆弾記録映画の制作

日本映画社は、戦時ニュースや戦意高揚を図るための映画作品を製作するために設立された国策会社でした。

原爆投下直後から、社内では、原爆の被災のようすを記録する映画製作の企画が持ち上がっていました。日本映画社の関係者や理化学研究所の仁科芳雄氏らの働きかけで、「原子爆弾災害調査研究特別委員会」の調査活動の一環として映画製作することが認められ、専門家の指導を受けながら9月下旬からスタッフが広島に入り撮影を開始しました。映画製作に当たっては当初から被爆の実態を客観的に科学的に記録しようとする姿勢が貫かれていました。

関係者の懸命な努力で映画製作が進められていきましたが、長崎の撮影現場で突然、GHQ憲兵に撮影中止を命ぜられます。

アメリカ側と交渉の結果、空襲の効果を調べる目的で来日し調査活動を行う(USSBS)の委嘱を受ける形で製作が継続できることとなり、この監督の下で1951(昭和26)年4月、英語版の「EFFECTS OF THE ATOMIC BOMB ON 広島・長崎における原子爆弾の影響」という作品が完成し、アメリカ側に納品の提出を命ぜられ、写真・フィルムなどことごとくアメリカに持ち帰られます。しかし、一部の関係者が密かにフィルムの複製の一部を保存していました。は、製作から21年も経った1967(昭和42)年のことでした。



ネーヤ電位計で調査する坂田 中根(右) 両氏  
1945年12月 長崎

**EFFECTS**  
**OF**  
**THE ATOMIC BOMB**

**ON HIROSHIMA AND NAGASAKI**

仁科記念財団編纂  
**原子爆弾**  
 広島・長崎の写真と記録

朝永先生監修



仁科先生  
 「まさに、  
 生き地獄  
 だった」



143 熱傷 広島授産所 撮影 尾藤政美 8月7日  
 患者の兵士の顔のところには所属、姓名などを記した紙片が見えて  
 いるが、記録が残っていない。上体は裸体、首輪、手ズボン姿での  
 状態で、頭、胸、両手など、前面から照射を受けた。すでに緊急処  
 置を行っている。(当日午後撮影したものと思われ、撮影者の行動と  
 も一致する)



144 熱傷 大村海軍病院  
 撮影 塩月正雄 8月10日  
 第4度熱傷。ことに胸部がひど  
 い。死亡、工具、21才。女、12病  
 舎。の記録が残っている。この女  
 性の場合の救護列車に乗るまでの  
 経過は不明でないが、重傷者のう  
 ちには仲間におけられて乗せても  
 らった者が多い。

熱傷・創傷  
 長崎での被爆後10時間、大村海軍病院に収容された  
 受傷者も塩月正雄医師はつぎのように記している。  
 「そのときの患者たちの状態は正に凄惨そのものであ  
 った。大部分のものは頭髪は焼けろり、皮膚はボロボ  
 ロに剥れ、血にまみれていた。露出部はほとんど焼  
 けたが、創面はいちじくしく汚染し、多くの者は顔  
 面又は背面部に無数のガラス片又は木片等が突きま  
 り、とても人間の姿とは思われぬ悲惨な有様であっ  
 た」。被爆後10時間経った段階ではあるが、広島、  
 長崎をみて、収容後2時間余に約800名の初療を終え  
 ることのできた病院は大村以外にはみあたらないの  
 である。



146 熱傷 大村海軍病院  
 撮影 塩月正雄 8月10日  
 45才。女。農業。手傷食。傷は  
 かなり深く、全身が腫れ上がり  
 ている。頭髪は焼けてなくなっ  
 たり、顔面も焼け熱傷。



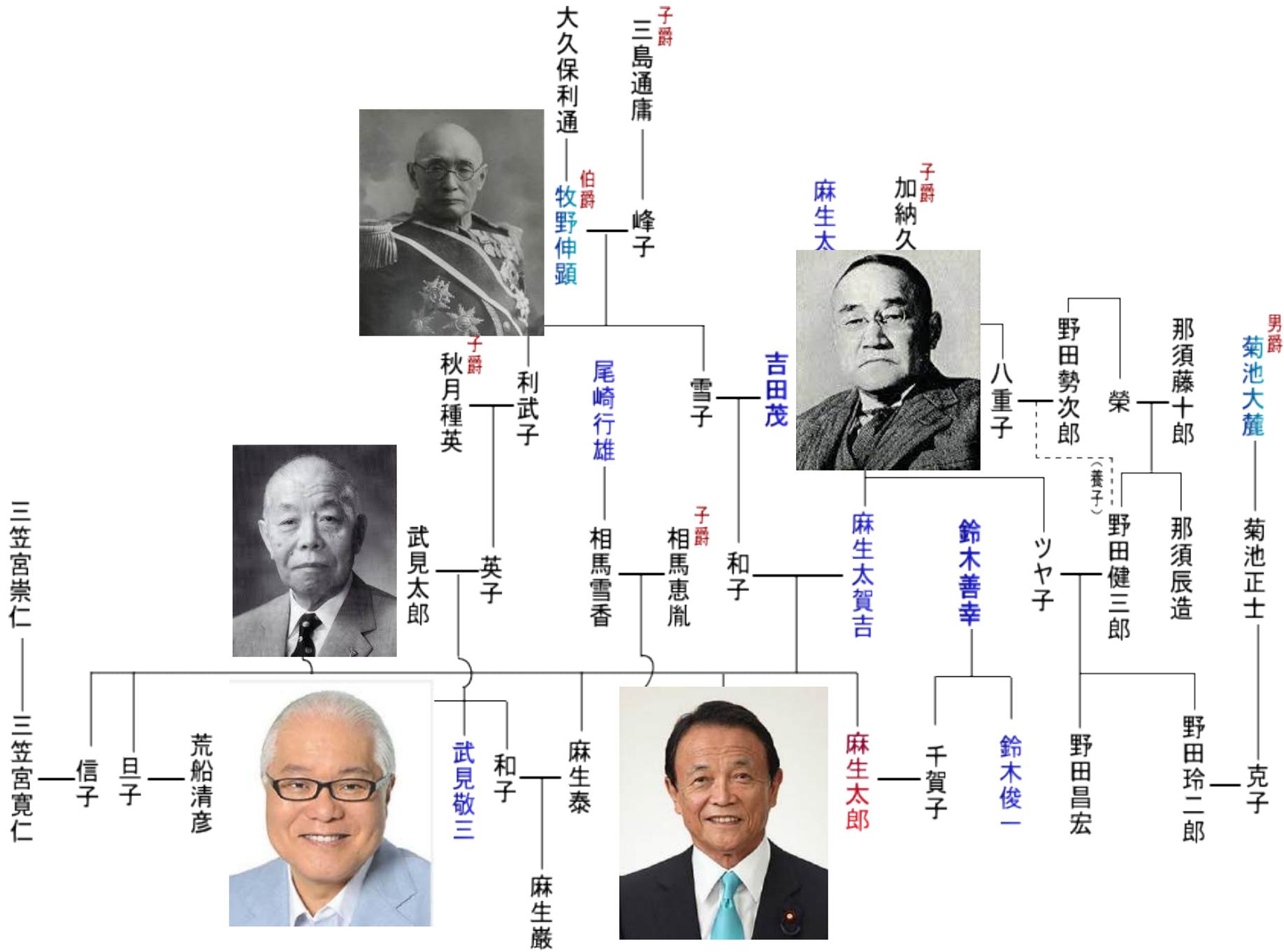
145 熱傷 大村海軍病院  
 撮影 塩月正雄 8月10日  
 19才。男。大工、12病舎。被爆  
 地点は明かでないが、広島・長崎  
 両市製鉄所大工現場付近の被害で  
 あらう。前方から受けた熱傷と顔  
 面創あり。受傷後3日以内を  
 経ている。写真は長崎の若いなか  
 の被爆者のため受傷状態が明瞭で  
 はないが、傷状を写すことので  
 きない貴重例。



武見太郎  
 日本医師会会長（1957年 - 1982年）。  
 世界医師会会長（1975年）。

牧野伸顕伯爵（大久保利通の子息）：  
 武見太郎の岳父  
 吉田茂の義父

一 等	一 等	一 等
中 性 子 の 植 物 に 對 す る 作 用	中 性 子 並 に 宇 宙 線 の 遺 傳 學 的 作 用	人 工 放 射 能 の 生 物 學 に 對 す る 應 用 並 に 影 響
主 任 員	主 任 員	助 任 員
理 學 博 士	農 理 學 博 士	理 醫 學 博 士
田 和 中	宇 大 田	中 久 桑
佐 藤	森 脇	久 桑
仁 科	仁 科	武 見
遠 藤	大 一	遠 藤
喜 重	五 清	信 太
芳 雄	芳 雄	弘 美
德 吾	子 男	毅 一
平 人	郎 雄	三 胤
雄	雄	胤 郎
		美 雄



父は慶應義塾大学医学部内科学の医局に入局するも、33歳のときに「医学について根本的に認識を異にする」という理由で辞表を提出し、**慶應義塾大学を退職**してしまった。

その際に、科学としての医学への取組みに**最適の環境を与えてくれたのが理化学研究所の仁科芳雄博士**であった。**仁科博士の配慮により仁科研究室の一員となった。**そこで、**中性子の医学的研究という広範なテーマを与えられ、本格的に物理学と医学を結ぶ研究を始めることとなった。**こうして父は33歳で理化学研究所に転職し、46歳で日本医師会副会長に就任するまで同研究所に籍を置くこととなった。

この研究室から**葉緑素抽出法の特許**が生まれ、**ペントース核酸の合成**が成功し、核酸研究の先駆となっている。また、1941年に**ベクトル心電計研究により特許**を取得し、日本における特殊心電計の開発に成功している。このベクトル心電計は、銀座4丁目に開設した武見診療所において患者の治療をするに際して、診断のための必須の医療機器となった。

父によると、当時の理化学研究所は「**科学者の楽園**」であったそうで、全ての研究者が自己の研究領域を確立し、全く自己のアイデアに基づき、各々の研究計画を遂行し、研究者としての上下の差別なく自由に議論が行われ、その上で広く批判を受けるといった形が取られていたという。

その中でも仁科博士の存在は特別なものであったようで、研究生活においてのみならず、人間の在様を考える上においても、大変な影響を受けていた。したがって**父は仁科博士のことを心より尊敬していた**。その父の気持ちは理化学研究所の時代を回想して思い出を話すとき、言葉の節々から感ずることができた。これは日本医師会会長を退いた後の話であるが、文京区の科研製薬の古い建物の中に仁科博士が使われていた部屋があり、**父はその部屋を自らの執務室として使わせてもらうなど、その思いは生涯を通じて大変深いものがあったように思われる**。

戦後米国の占領下において、**理化学研究所のサイクロトロンが占領軍によって廃棄されたとき、仁科博士が不屈の精神をもって我が国の原子物理学の再構築に尽力される姿を父は見ていた**。だからこそ医学との関わりにおいて仁科博士がはじめられた様々な活動を継承し発展させることが自らの役割であると考えていたように思う。

# 刊行のことば

朝永振一郎

仁科記念財団は故仁科先生の指導と援助によって完成されたいわゆる「原爆映画」がアメリカに持ち去られ、原爆災害に関する貴重な資料が日の目をみないでいることをかねがね残念に思っていた。そこで財団は、一方では故仁科先生と親交のあったアメリカの科学者たちに対して、この映画が一日も早く日本に引き渡されるようアメリカの有力者に働きかけることを依頼すると共に、他方日本国内においては、原爆災害の調査に従事された科学者、報道関係者、映画撮影者のかたがたに協力を求めて、一つのまとまった解説つきの記録を編纂することにし、その構成等について案をねりつつあった。

ところが原爆映画はアメリカ当局から日本側に引き渡されることになり、それとともに、記録編纂の計画は急速に具体化し、ここに内容見本をひろく提示できるようになった。

この記録が、原水爆戦争のもたらす恐るべき様相を正確に世人に伝え、そのことによって、核兵器は二度と再び使われてはならぬという世論の形成にそれが役立つことは、編纂者の切なる願いである。

日本医師会々長 武見太郎

原爆の記録は人類史の一コマとして、学問的にも、社会的にも正しく残されなければならぬ。本書は当時の最高の指導者であった仁科芳雄博士が自ら指導されたもので、先生の学者として、又人道主義者としての面が画面に滲み出ている筈である。原爆投下の頃先生の下で勉強していた私は、先生の許しを得て、元内大臣だった牧野伸顕元伯爵を通じて、翌日は天皇にその真実を伝えることが出来、平和回復の端緒となった。

原爆災害の真実を知ることが日本人の権利だと思ひ、世界平和への日本人の脊髄としたいものである。

武見先生からお聞きした話をもう一つ。昭和20年8月6日、広島に原爆が落とされたとき、仁科先生は陸軍の要請で直ちに軍用機に乗って広島に飛ばれた。（中根先生の回顧録より）

惨状を見、それから赤十字病院にあったX線乾板が感光しているのを見て、原爆が投下されたと察せられた先生は、人骨を東京の武見先生に送って放射能の検出を命ぜられた。

人骨から強い放射能が放出されていることを確認された武見先生は、直ちに奥さんの祖父に当たる**牧野伸顕伯爵**に報告された。

牧野伯はすぐさま宮中に参入し天皇陛下に奏上され、**陛下は即座に日本は降伏するとの聖断を下された**そうである。8月8日であった。

## 理研に被爆者の遺骨 原爆開発に携わった物理学者の部屋で発見、広島市に引き渡し

毎日新聞 2020年11月12日 21時03分 (最終更新 11月12日 21時03分)



理研が広島市に引き渡した骨粉が包まれている薬包紙。「伊勢岡」「大タイ骨」「骨髄」などと記されていた＝広島市役所で2020年11月12日午前11時4分、小山美砂撮影

2019年1月、仁科が使っていた部屋で資料を整理していた理研職員が、棚の引き出しから「原爆被災者のお骨（広島にて採取）」と書かれた箱を見つけた。中には「大タイ骨」「胸骨」と記された薬包紙で包まれた骨片や骨粉のほか「キの内藤四郎」「道原菊馬」（菊男との記述も）「伊勢岡」「里井」と、4人の氏名や採取日を示すとみられる「9・2」などと書かれたメモも入っていた。



仁科芳雄博士＝1948年（昭和23年）12月、尾野勇写す

太平洋戦争中に原爆開発に携わった理化学研究所の物理学者、仁科芳雄博士（1890～1951年）が東京都内に残っていた資料から、広島に原爆犠牲者の遺骨が見つかった。骨片7点と骨粉21点で、原爆投下直後に現地調査をした研究者が採取したとみられる。4人の名前や部位が書かれたメモもあり、理研から12日に引き渡しを受けた広島市は遺族を捜す。

遺骨があったのは、理研が埼玉県和光市への移転前に入っていた東京都文京区の建物・旧37号館。老朽化で解体されるのを前に

陸軍が指示した原爆研究「二号研究」の責任者だった仁科は、原爆投下の2日後の45年8月8日に広島に入り、被害状況を調査。感光したレントゲンフィルムなどから同10日に原爆と断定した。理研では別の研究者らも陸軍省が派遣した「広島戦災再調査班」のメンバーとして同29日に広島を訪れ、土壌や遺骨から残留放射線を測定した。

## 原爆投下後1か月のうちに採取か



見つかった骨片やメモについて広島市の杉浦信人・原爆被害対策部長に説明する理化学研究所の下山田ちはる広報室長（中央）＝広島市役所で2020年11月12日午前10時10分、小山美砂撮影

理研から19年7月に連絡を受けて市が調べたところ、「広島県史」（72年発行）に再調査班の報告が取められており、15人の遺骨から出た放射線の測定値の一覧表に「キの内藤四郎」を除く3人の名前があった。軍関係者などの可能性がある。報告は45年9月8日付で、原爆投下から1か月のうちに採取されたとみられる。

理研によると、骨片や骨粉が何人分なのかや、なぜ放置されていたのかは不明。コロナ禍で市への引き渡しも遅くなったという。広島を訪れた理研の下山田ちはる広報室長は「原爆投下から75年も過ぎ、適切に管理されていなかったことが申し訳ない。遺族の元に帰り安らかにお眠りになることを心から願う」と話した。

市は骨片や骨粉を平和記念公園内の原爆供養塔に納めて遺族からの申し出を待つとともに、被爆者や原爆死没者の名前が記された資料などで調べる。問い合わせは市調査課（082・504・2191）。【小山美砂】

1945年8月10日付米各紙

同盟のスクープ電を報じる

ポツダム宣言受諾を報じた

古野伊之助同盟社主がフライングして海外に

# JAPAN ACCEPTS POTSDAM DECREE!

**Sakhalin Isle, Korea Invaded By Red Armies** **Radio Asks Emperor Be Retained**  
LATE CITY FINAL  
The Honolulu Advertiser  
Sakhalin Isle, Korea Invaded By Red Armies  
Radio Asks Emperor Be Retained  
Sakhalin Isle, Korea Invaded By Red Armies  
Radio Asks Emperor Be Retained

THE Hartford Courant

## JAPAN IS QUITTING

**Domei Says Tokyo Will Take Potsdam Terms**  
**Emperor Hirohito Asks That He Be Allowed To Retain Prerogatives**  
Surrender Offer Still Unconfirmed At White House

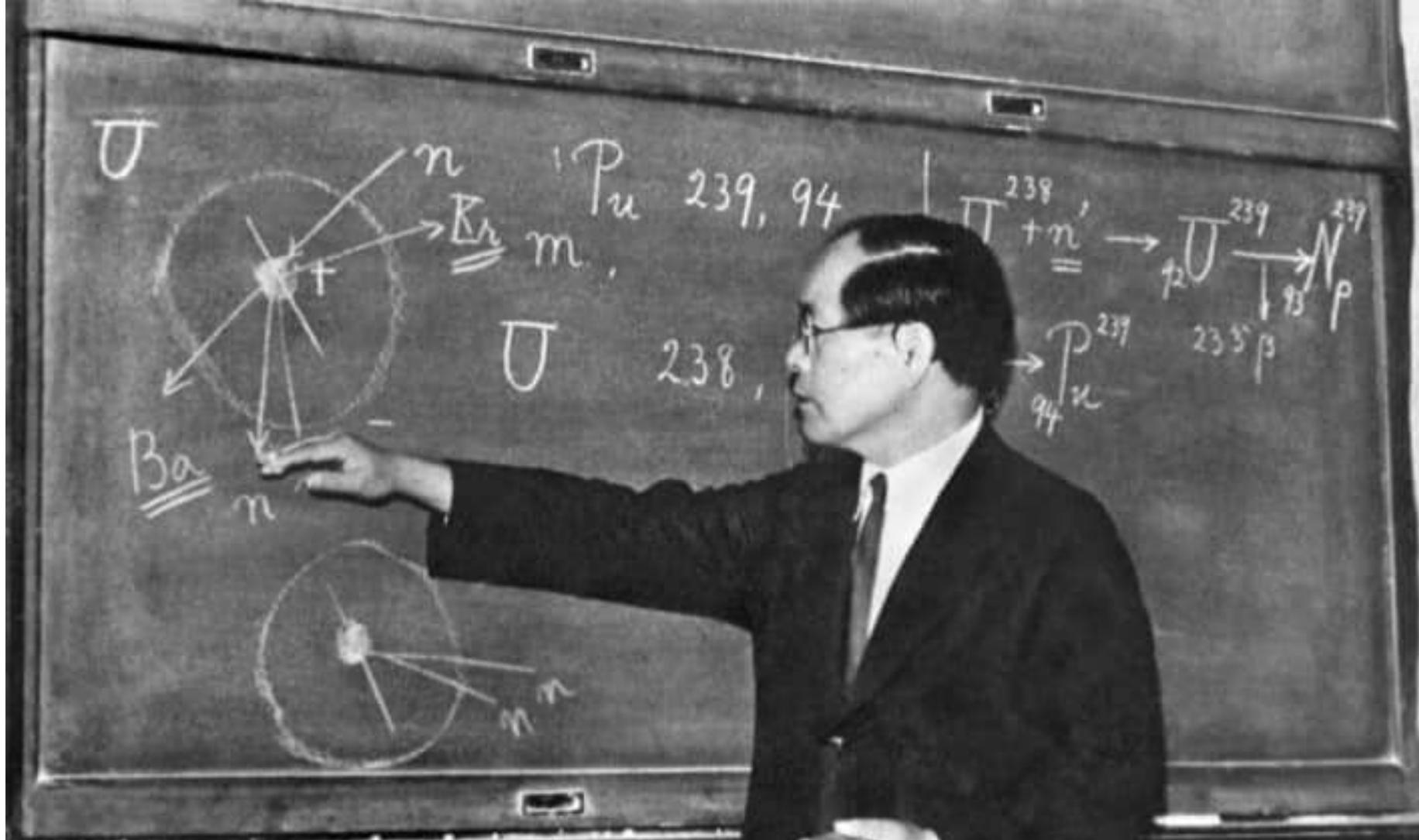
## JAPS READY TO QUIT

TAUNTON DAILY GAZETTE

**Domei Agency Broadcast Says Japan is Ready to Accept Potsdam Terms**

**London Celebrates Without Awaiting Official Word**  
**U. S. Officials Wait for Further Developments**  
Let Him Keep Emperor Says Father of GI

原子爆弾綜合研究會々場



1945年9月 原子爆弾の原理」を説明する  
仁科博士

間違った説明  
自らが発明した原爆の原理が分かっていない

岩波「世界」昭和二十一年八月号(第八号)

「原子爆弾」訂正 仁科芳雄

1997年7月28日~30日に開催された  
日本原子力学会 炉内現象研究会(札幌)にて  
佐藤三三郎先生(30歳)より

(岩波に許可も貰って)  
101 「原子爆弾」訂正

本誌五月號にK・K氏の「仁科さんの御叱り」といふのが載つてゐましたが、三月號に自分の書いた「原子爆弾」にも、アメリカあたりのその道の人からは「叱られる」部分が多からずあることせう。今日までにはつきり誤謬であると解つた部分だけを左に訂正します。今後更に誤りを見出し次第直してゆきます。

第118頁初頭第一行に「原子爆弾を實現させる條件として次の三つが必要である」と述べ、同頁下段第12行からその「第三の必要條件」は「核分裂によつてできた高速の中性子を遅くしてやること」であると云ひ、その次の頁の第6行に「アメリカは炭素を使つて中性子を遅くしてゐる」と書いた。

處が原子爆弾は遅い中性子を使つてはいけないものであるといふことが報告されてゐる。その理由は速度が遅いと、そこにある全部のウラン原子核を分裂させるのに時間がかかる。従つてその全部の反應が終了する以前

僅かの原子核の分裂によつて生じたエネルギーのために、爆弾は熱せられて破壊し、折角のウラン二三五も大部分は分裂を起さないでお了ひとなるから、原子爆弾の威力を發揮しないことになる。これを防ぐには爆弾があまり熱せられない前に、大部分のウラン二三五の原子核が分裂してしまふ様に早く反應を行はせなければならぬ。それには速度の速い中性子を使つて手取り早く反應を済ませる筈にする必要がある。但しどの位の速度であればその目的を達し得るかは自分には云へない。

ともかく爆弾を作るには核分裂によつて生じた中性子の速度を餘り遅くしてはいけな。これに反して後に述べてゐるプラトニウムの製造には、爆発を起さないでなるべく能率よく連鎖反應を進め、なるべく多くの比較の速い中性子を發生させたいのであるから、それには核分裂によつて生じた中性子の速度を落す必要がある。それ故第118頁下段に述べたことは原子爆弾の製造に必要な條件ではな

佐藤三三郎の昭和二十一年三月号の訂正である

く、プラトニウムの製造に必要な条件と訂正したい。原子爆弾はこれと違つてウラン二三五又はプラトニウム二三九を使い、速い中性子によつて連鎖反應を行はせるのである。そんな速い中性子によつても連鎖反應が行ひ得るといふのは、これ等の原子核は速い中性子でもかなりよく分裂させ得ることを示してゐる。勿論速い中性子に比べれば分裂の確率は少いから、それに相照して「限界値」は多いことになる。以上の理由により、第118頁下

第7行の廣島で使つたウラン二三五の量は、「キロ瓦を以て量る程度」であるといふ断定は疑はしくなる。或は何十キログラムかも知れない。  
次に第119頁上段第14行に「できた莫大な数の中性子(廣島の場合10<sup>20</sup>個)は速度の速いものが大多数」であると述べたが、これは分裂による速い中性子は爆弾内で遅い中性子になるものと考へた結果である。所が前述の様に爆弾に速い中性子を使ふものとするときもこの結論に達しなくても好い。例へば適當の速度をもつた速い中性子がもつと澤山あると考へても好いし、又速い中性子はこの位あつて、別に適當な速い速度の中性子が

間違つた説明を訂正  
"速い中性子"による  
核分裂が原爆の原理である

仁科先生の二号計画は「原爆開発研究ではなく」  
「日本初の原子力開発研究」であった





1948年3月1日株式会社・科学研究所創立の日 ケリー博士の姿も見える



新会社、株式会社・科学研究所の株券

■ケリー博士の支援を得て、1948年3月1日株式会社「科学研究所」創立

■選ばれて社長に就任

アンチトラスト法による理研コンツェルン完全解体の危機を免れる



ペニシリンの培養タンクの前に立つ仁科社長



アメリカから放射性同位体が到着した日の仁科博士とSb-125  
(日本アイソトープ協会30年史所載・朝日新聞社撮影)

■社長として財政立て直しに専心  
ペニシリン（左）で少し立て直す

800人の給料のために金策に奔走  
社長業に専念とローレンスに手紙

■ケリーと吉田茂の支援を得て、GHQを説得、1950年、**オークリッジ**  
の原子炉製ラジオアイソトープが輸入される（右）→**日本アイソトープ**  
協会（茅誠司初代会長）の設立へ

The administration of the Institute is not an easy matter at this time of national hardship. The most difficult thing is the finance of the Institute, on which we have to concentrate our energy. I had to give up physics and become an administrator and a business man. The present objective of our Institute is the application of science to peaceful industry and thus to promote the rehabilitation of general economy of this country, in which the poverty paralyzes the whole machinery of the people. Scientists must take their due share in realizing the economical recovery of Japan in order that she can assume her responsibility in promoting world peace.

日本医師会

東洋文庫

科研製薬株式会社  
1948年創業：仁科

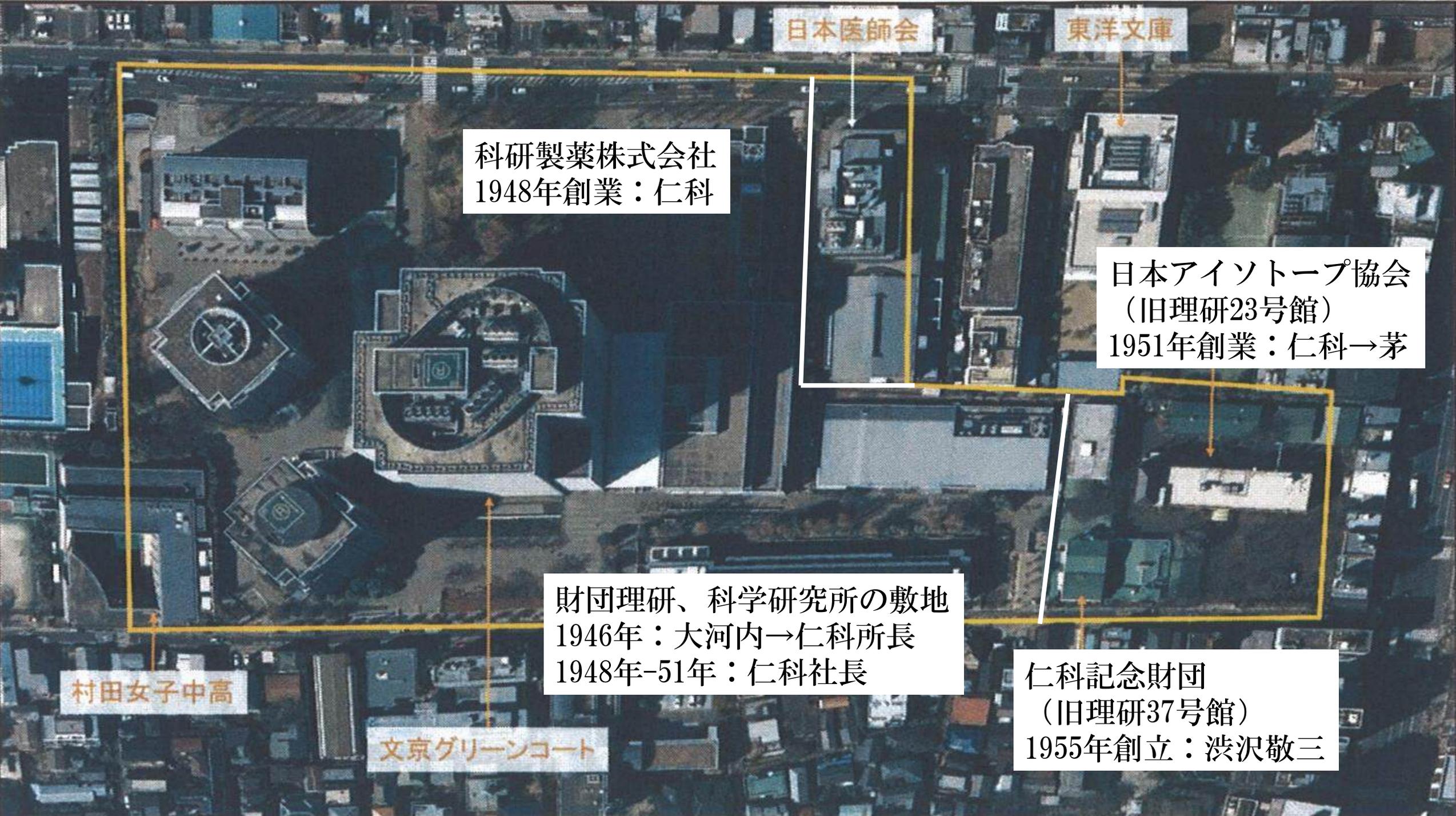
日本アイソトープ協会  
(旧理研23号館)  
1951年創業：仁科→茅

財団理研、科学研究所の敷地  
1946年：大河内→仁科所長  
1948年-51年：仁科社長

仁科記念財団  
(旧理研37号館)  
1955年創立：渋沢敬三

村田女子中高

文京グリーンコート



日本の科学界の代表となる



兼重寛九郎

我妻栄副会長

亀山直人会長

ケリー

仁科先生

1949年 日本学術会議設立  
初代副会長に選任





「日本学術会議声明」 1949年 （仁科先生起草）

日本学術会議は、平和を熱愛する。

原子爆弾の被害を目撃したわれわれ科学者は、

情勢の現状に鑑み、

原子力に対する有効なる国際管理の確立を要請する。

■1950年3月 学術会議代表としてアメリカへ 初めてローレンスと  
顔を合わせる ローレンスのシンクロサイクロトロンを見る

■1950年11月22日 武見太郎病院を訪ねる 武見「肝臓がん」と診断  
川島病院に入院 ケリーからも最新の薬が空輸される

1951年1月10日午後4時15分 巨星墜つ



ハリー・ケリーのお墓  
揮毫：茅誠司



仁科芳雄先生のお墓  
揮毫：吉田茂



朝永振一郎先生のお墓  
揮毫：武見太郎  
「師とともに眠る」

多磨霊園

仁科先生の傍らには  
愛弟子、朝永先生と  
日本の科学界復興の同志、ケリーが  
静かに眠っている

# 理化学研究所 埼玉県和光市

RIビームファクトリー  
(RIBF)  
世界に冠絶する  
重イオンビーム強度

RIビームファクトリー (RIBF) : **元素変換研究のメッカ**  
放射性同位元素 (RI) をビームとして発生・利用する重イオン加速器施設

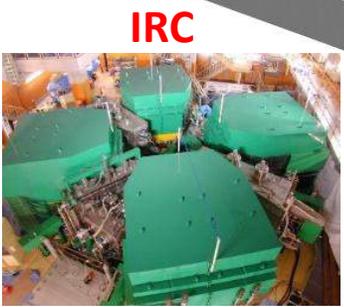
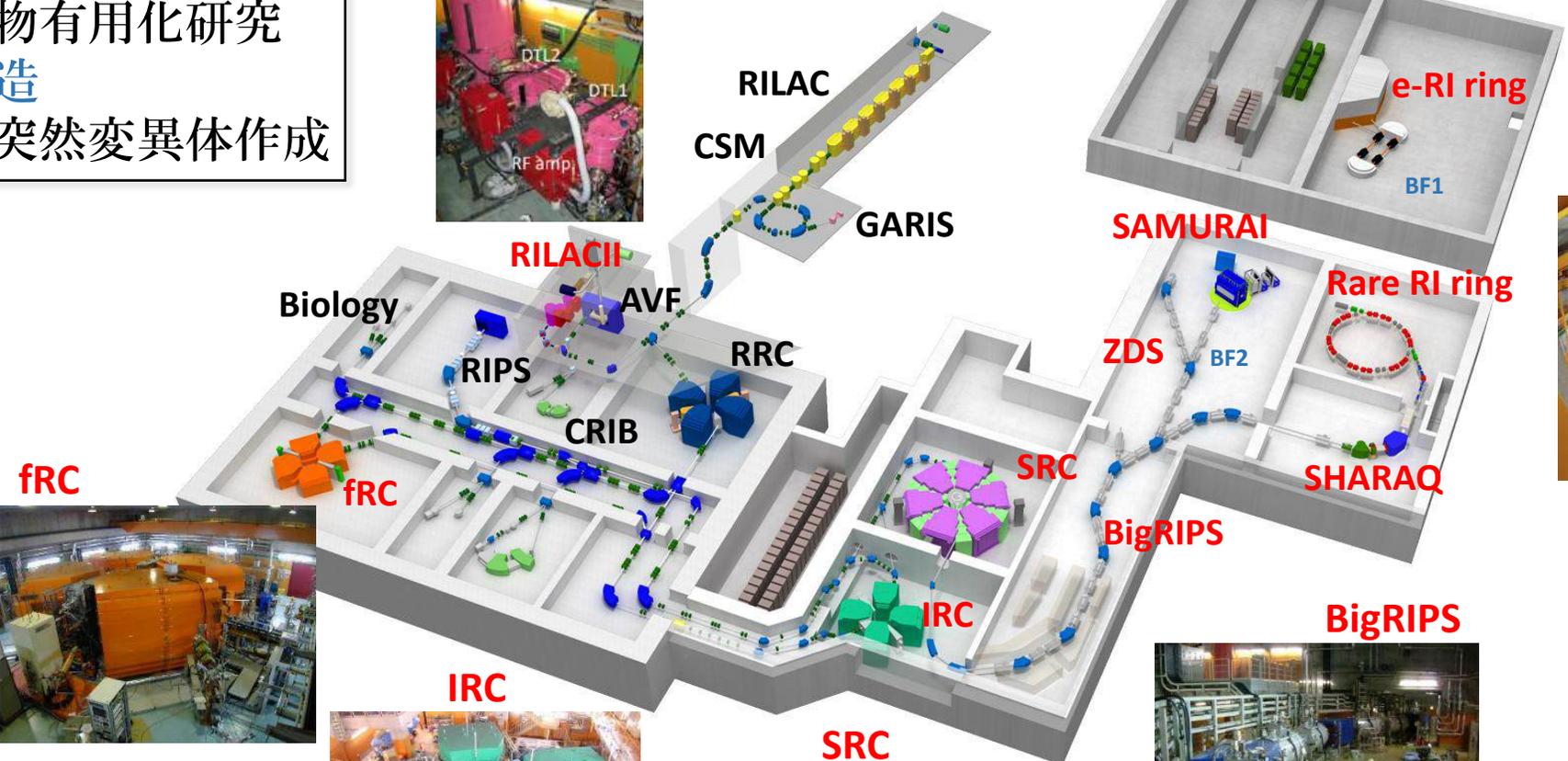
元素の起源解明  
 新(同位)元素の発見  
 核廃棄物有用化研究  
 RIの製造  
 植物の突然変異体作成

RILACII



旧施設

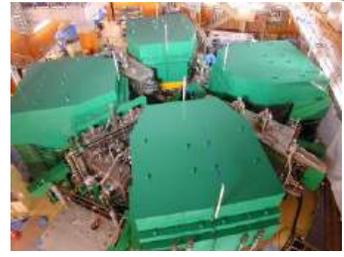
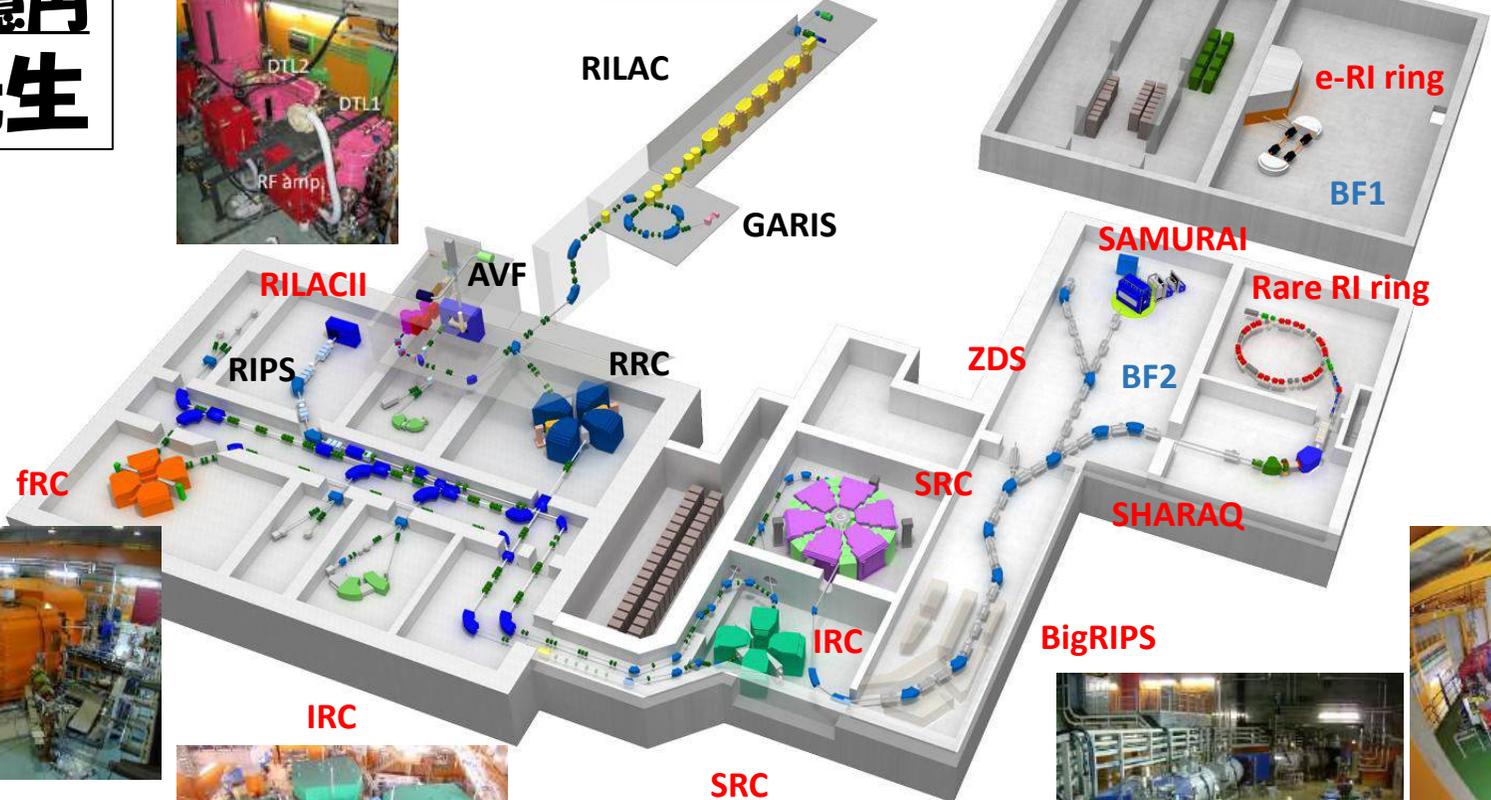
新施設



**旧施設  
約140億円  
上坪先生**

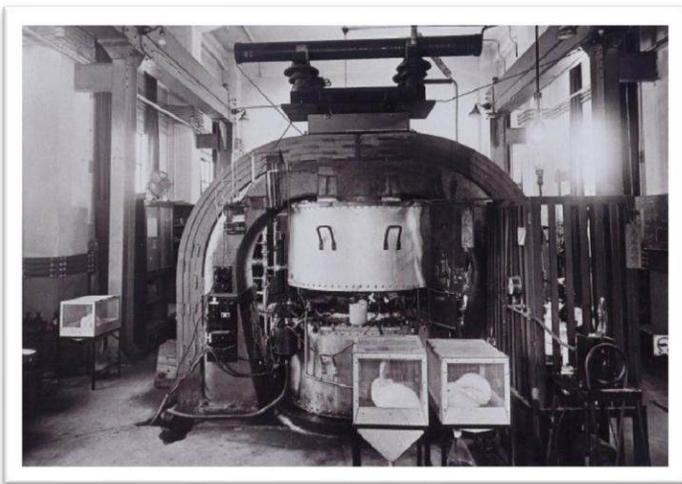


**旧施設**      **新施設**

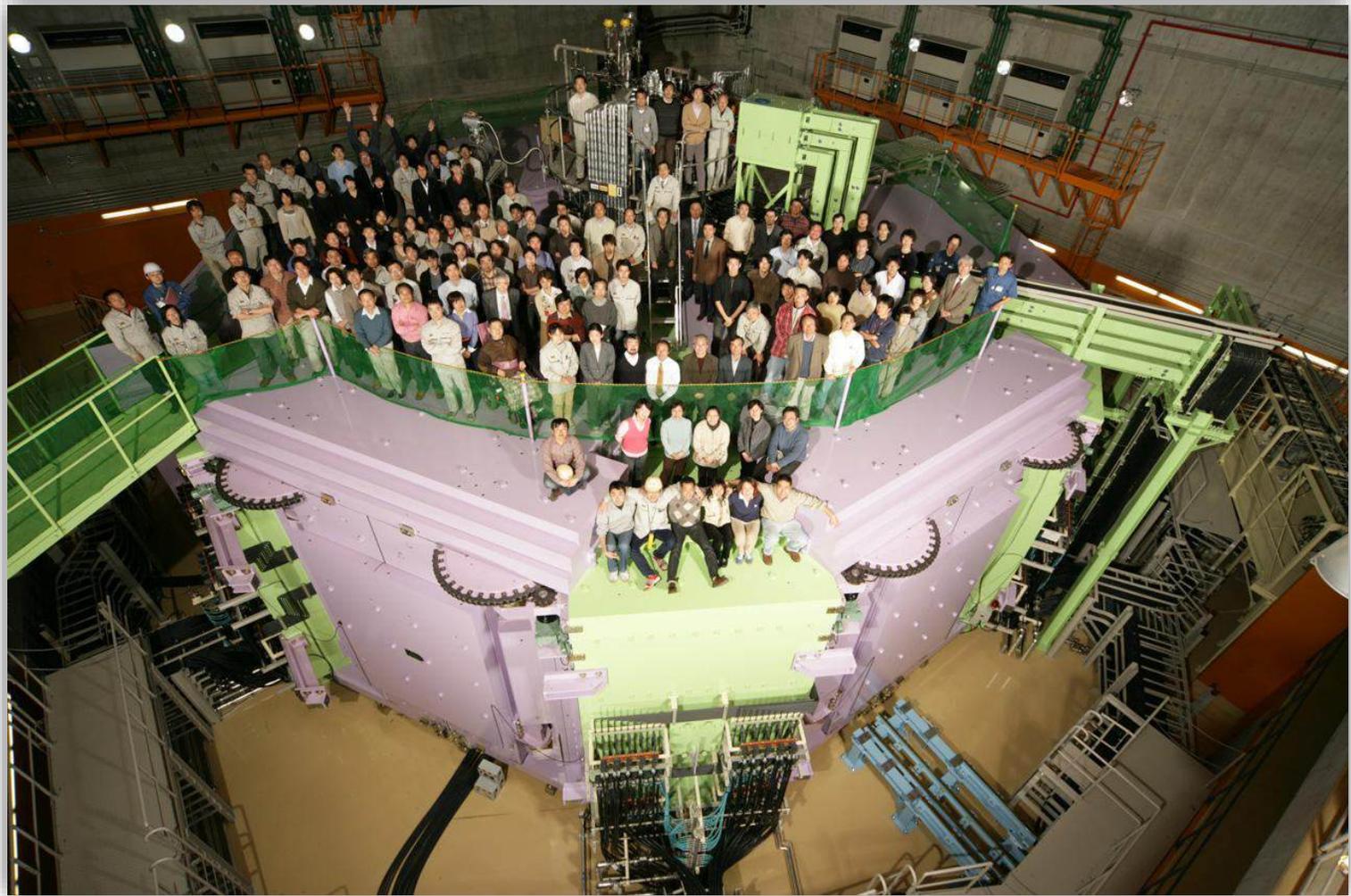


**RIBF**

**新施設  
約500億円  
矢野**



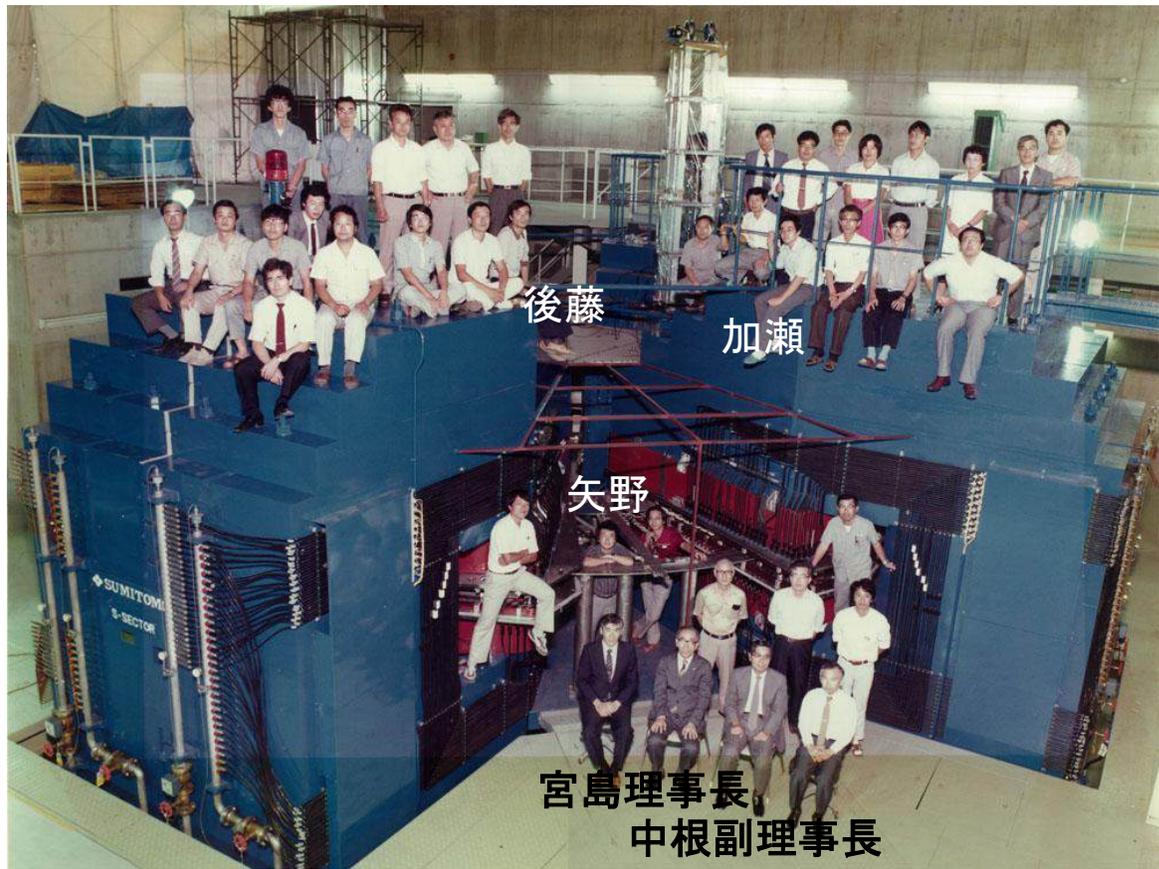
仁科先生の小サイクロトロン  
(理研第1号)  
日本初、世界で2番目のサイクロトロン



理研第9号サイクロトロン  
世界最大、世界初の超伝導サイクロトロン  
世界に冠絶する元素変換力

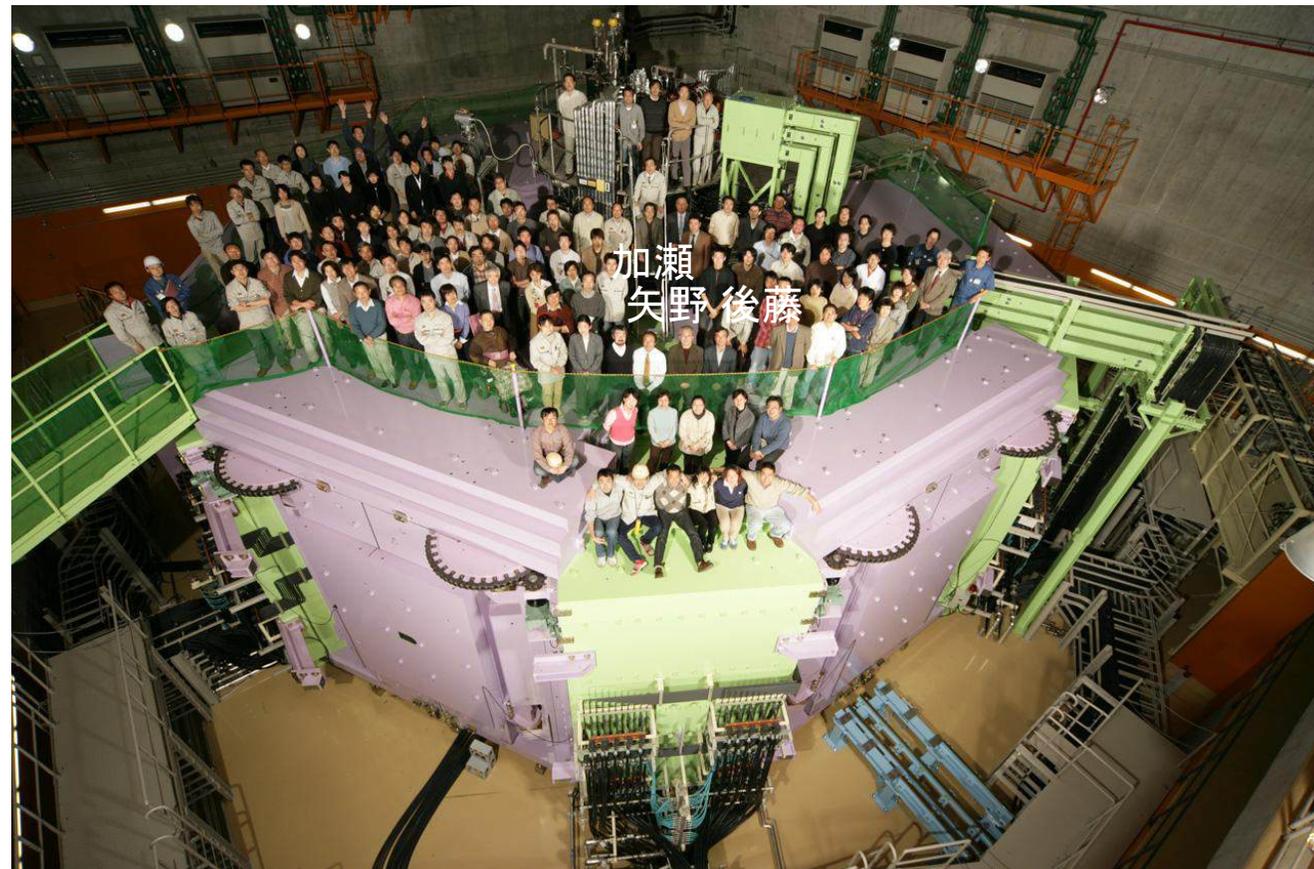


小サイクロトロン電磁石モニュメント(駒込より移設)



(お二人とも仁科先生のお弟子さん)

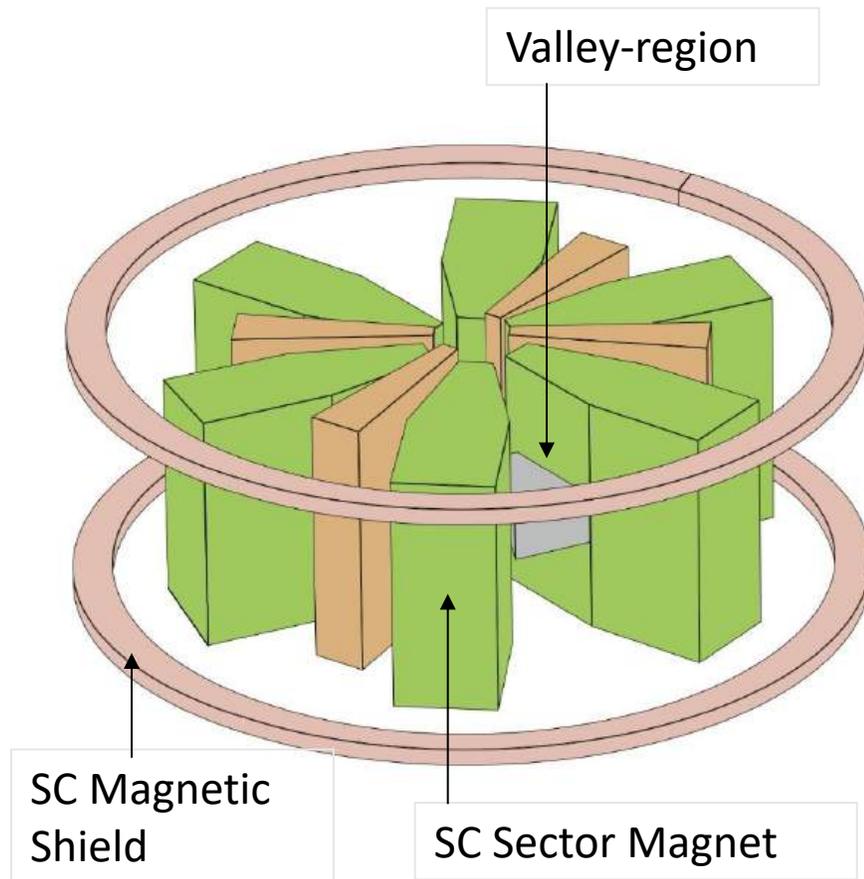
第5号サイクロトロン  
日本初の重イオン加速器



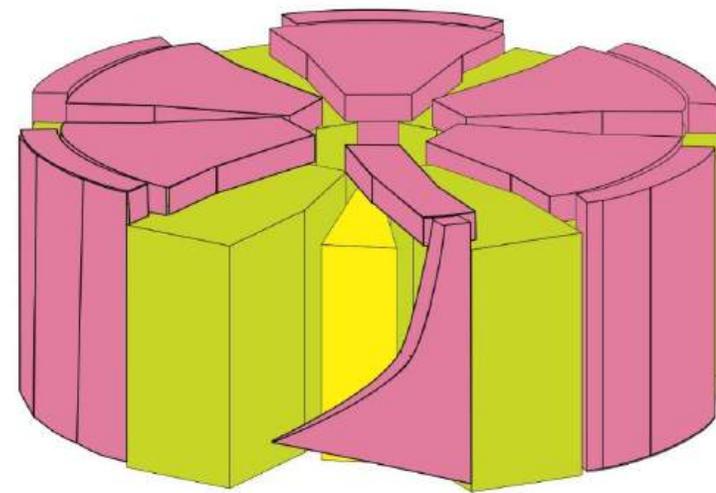
第9号サイクロトロン  
世界最大重イオンサイクロトロン  
世界に冠絶する元素変換力

In 1998 we concluded: Present design of SRC has too many problems to be solved to realize, because valley-region leakage flux is too large.

## My God! : The second struggle



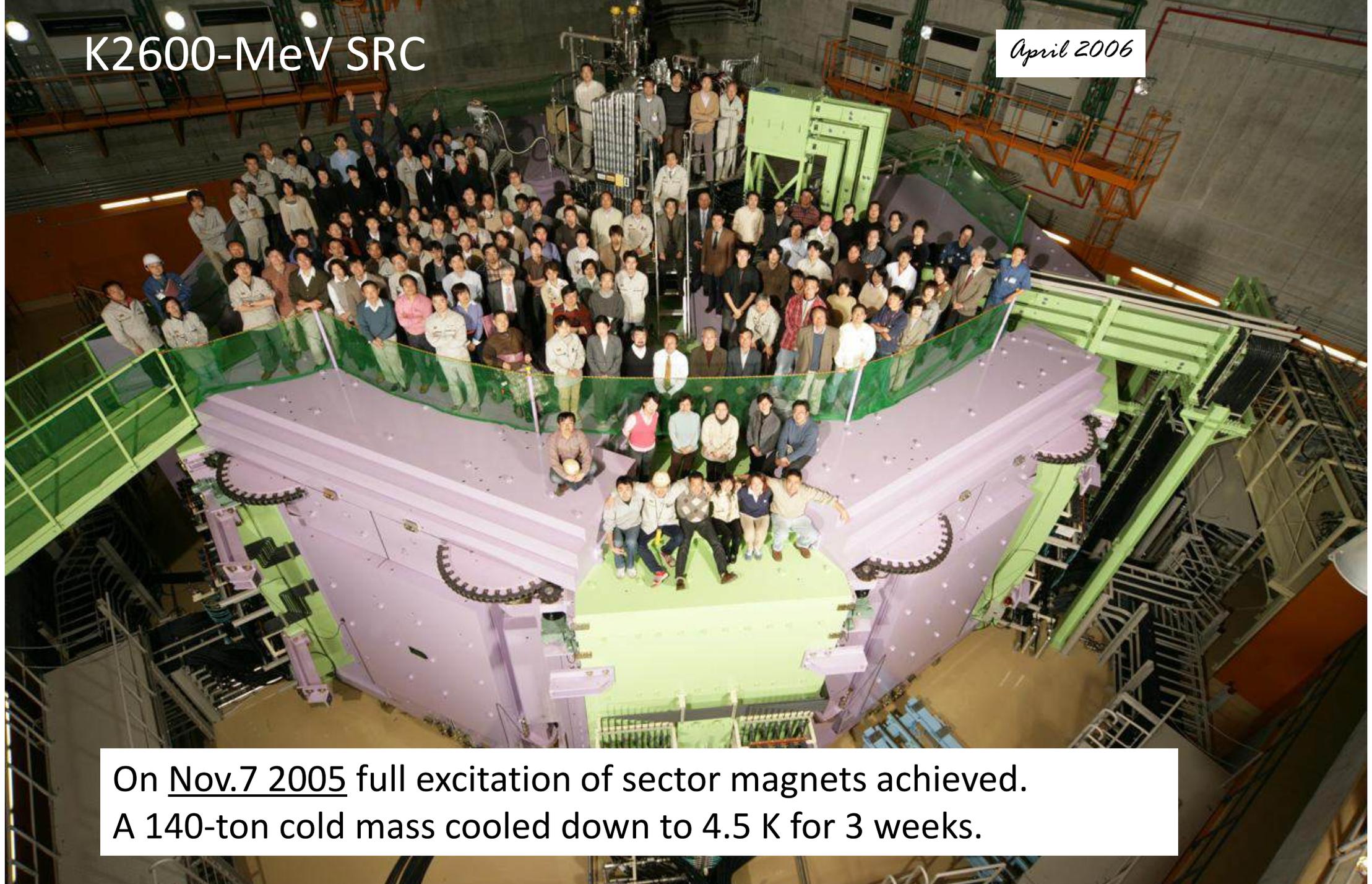
In 1999 I decided: Cover valley-regions with thick iron plates to absorb leakage flux.



8,000 tons

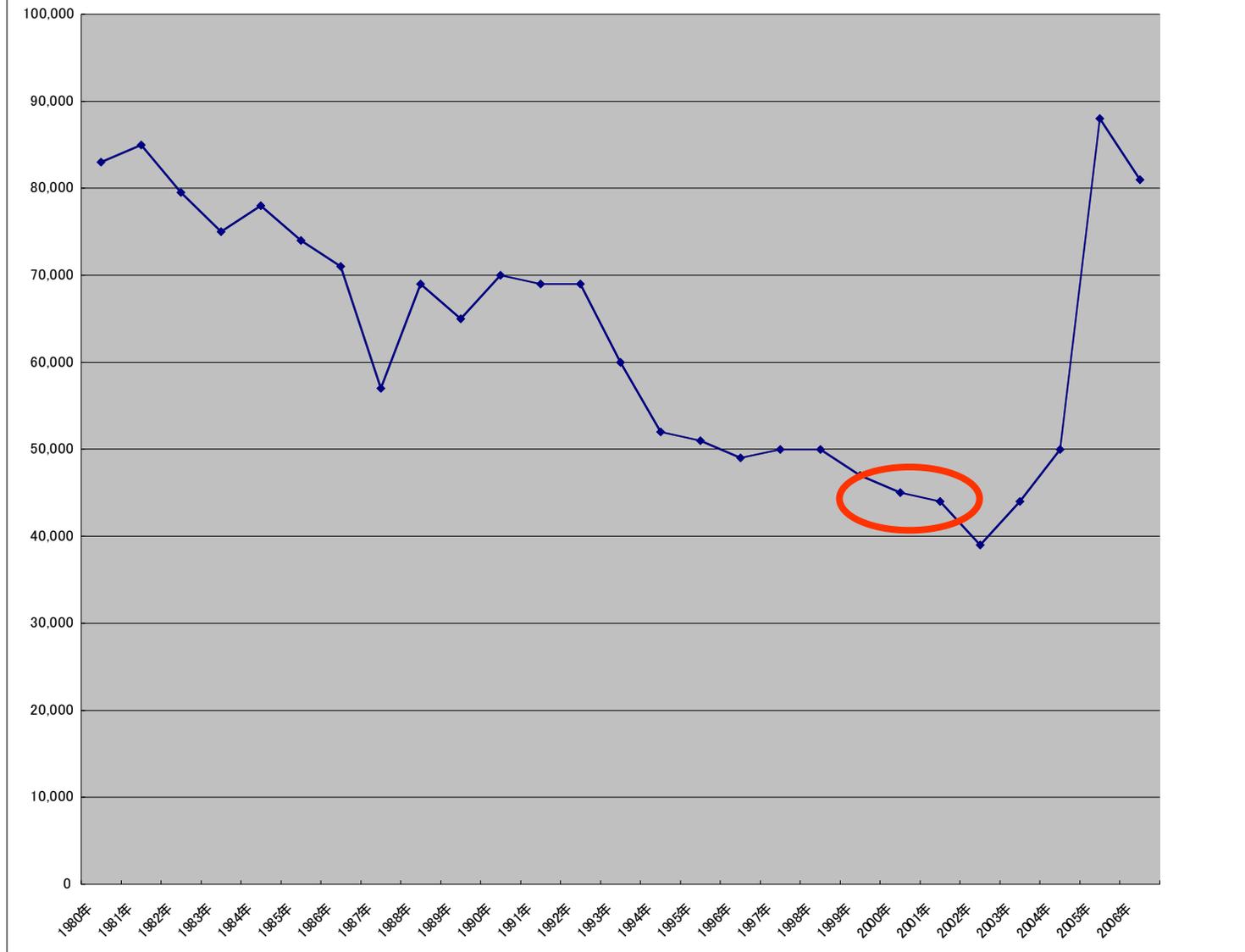
K2600-MeV SRC

April 2006



On Nov.7 2005 full excitation of sector magnets achieved.  
A 140-ton cold mass cooled down to 4.5 K for 3 weeks.

Yearly trend of price of iron  
(1980 ~ 2006)



# Superconducting Ring Cyclotron (SRC)

World's First, World's Strongest, World's Heaviest

K = 2,600 MeV

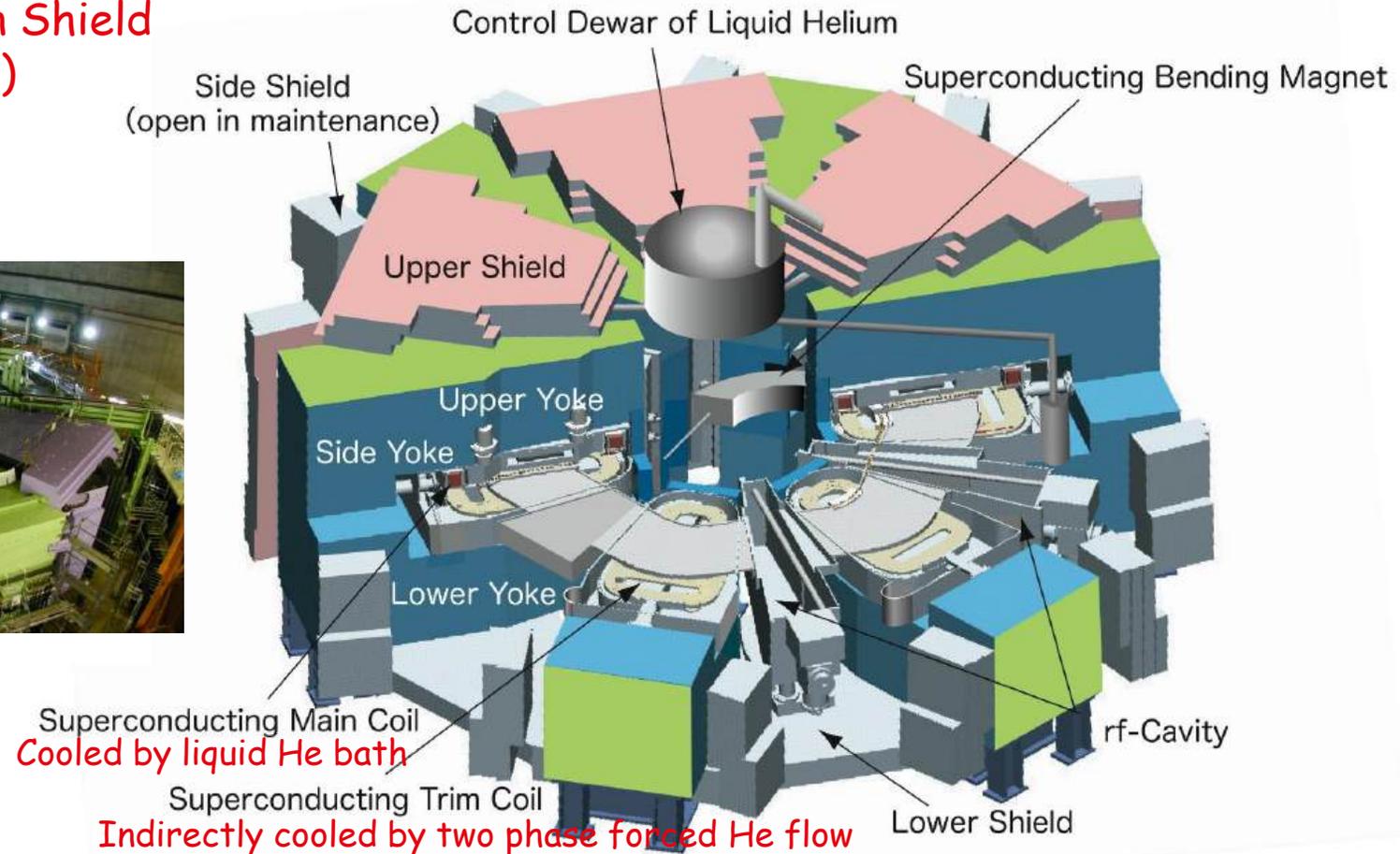
Self Magnetic Shield

Self Radiation Shield

3.8T (240 MJ)

18-38 MHz

8,300 tons



# 矢野安重特別顧問がGersh Budker賞を受賞

仁科加速器研究センターの矢野安重特別顧問（前センター長）がGersh Budker賞を受賞しました。

この賞は、加速器科学分野において顕著な貢献を果たした研究者に対して欧州物理学会加速器部会から贈呈されるものです。

矢野特別顧問は、世界で初めて世界最大の「超伝導リングサイクロトロン」を建造し、世界に冠絶する性能を有する「理研RIビームファクトリー」を創り上げました。この革新性とリーダーシップが高く評価されました。

授賞式は9月8日にスペインで開催された第2回世界加速器会議において執り行われました。



## EPS-AG Prize Medal



## *Prologue*

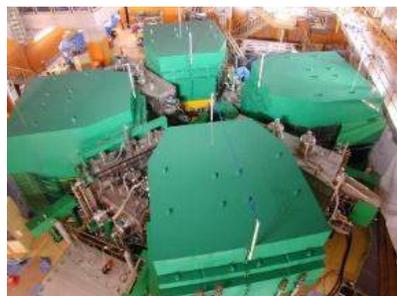
### EPS-AG 2011 Gersh Budker Prize

For his innovation and leadership in the design, construction and successful operation of **RIBF, the world's first radioactive ion beam facility based on SC sector magnet cyclotrons.**

Dr. Yano's understanding and foresight have led to major advances in cyclotron technology and in realizing them **he has created a major new facility for nuclear physics with unparalleled capabilities for years to come.**

# 多段式重イオン加速と破碎反応による RI ビームの発生

重イオン源



100億ボルト!!

一次ビーム  
重イオン(ウラン)

二次ビーム  
入射核破碎片(ウラン核分裂片)



標的物質

分析電磁石

入射核破碎反応の場合

(反応前)

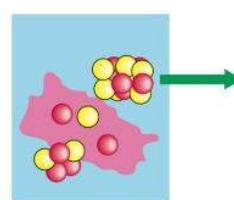


入射ビーム

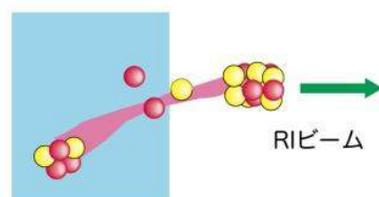


標的核

(反応中)



(反応後)



RIビーム

各種の実験装置へ



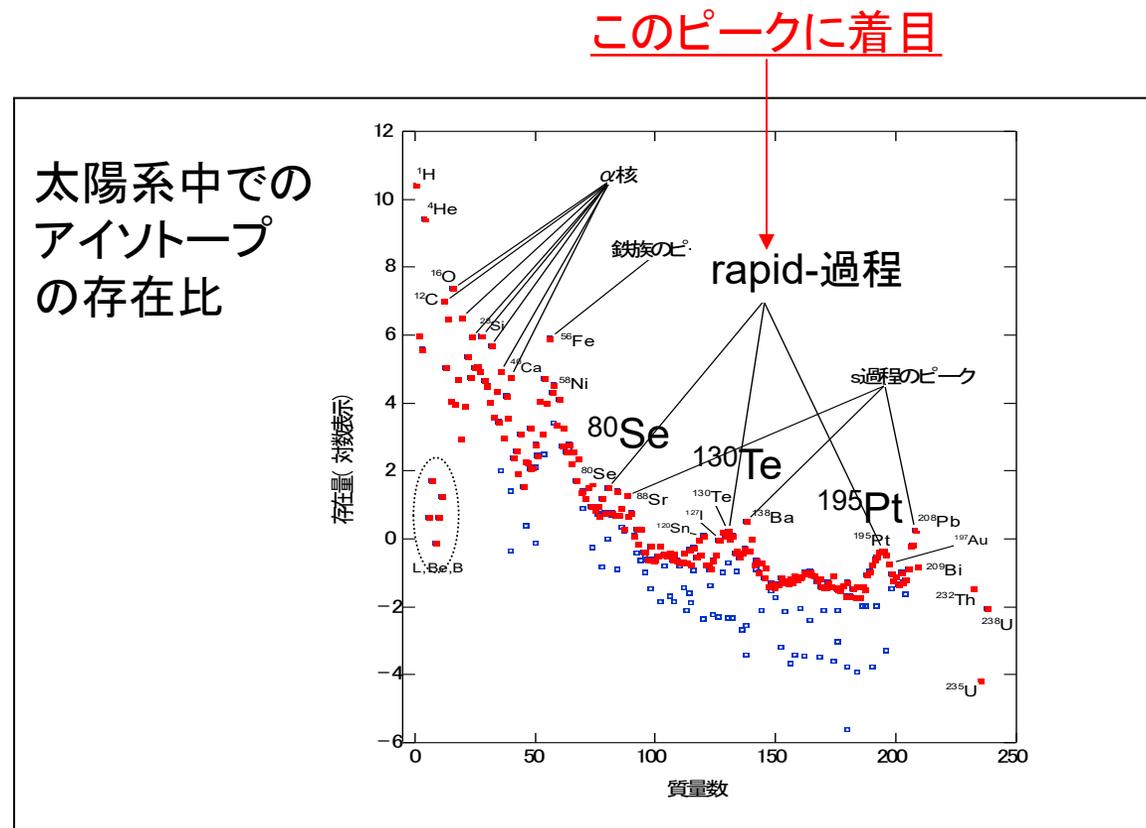
# ウィリアム ファウラー

1983年 「宇宙での原子核反応による元素合成研究」で  
ノーベル物理学賞受賞

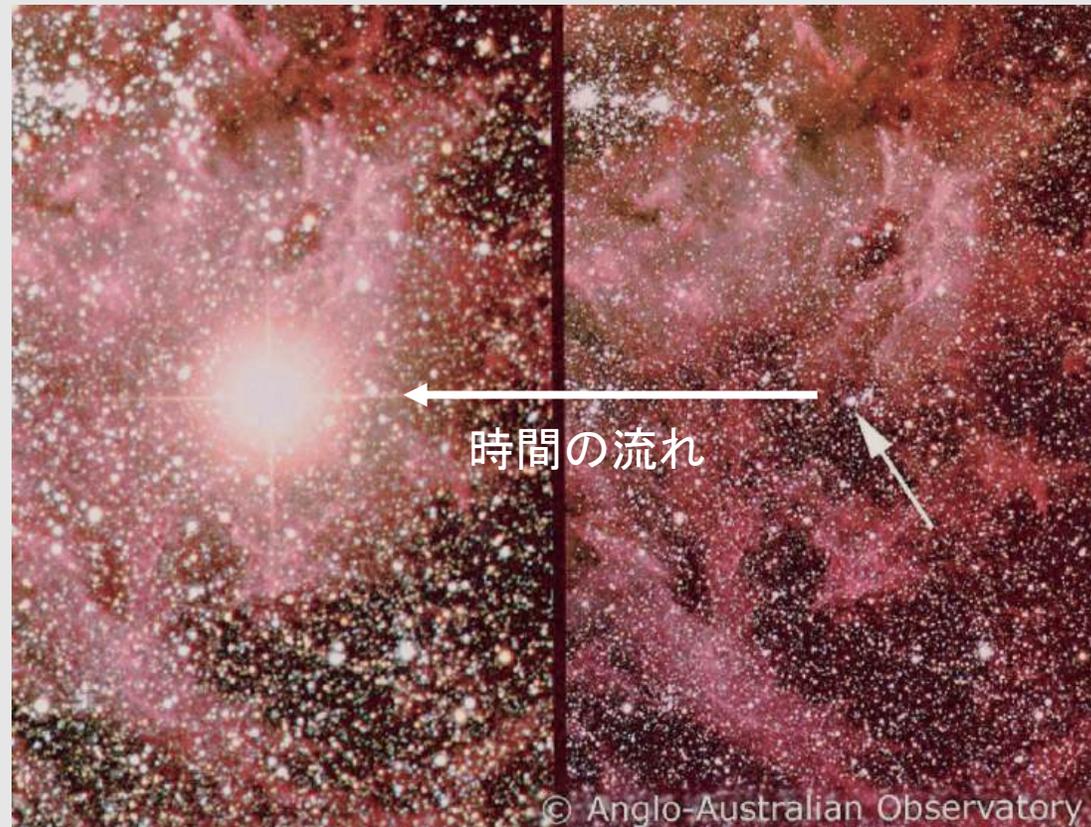


© The Nobel Foundation

## 超新星爆発にともなう ウランにいたる鉄より重い元素合成 仮説を提唱 (1957年)

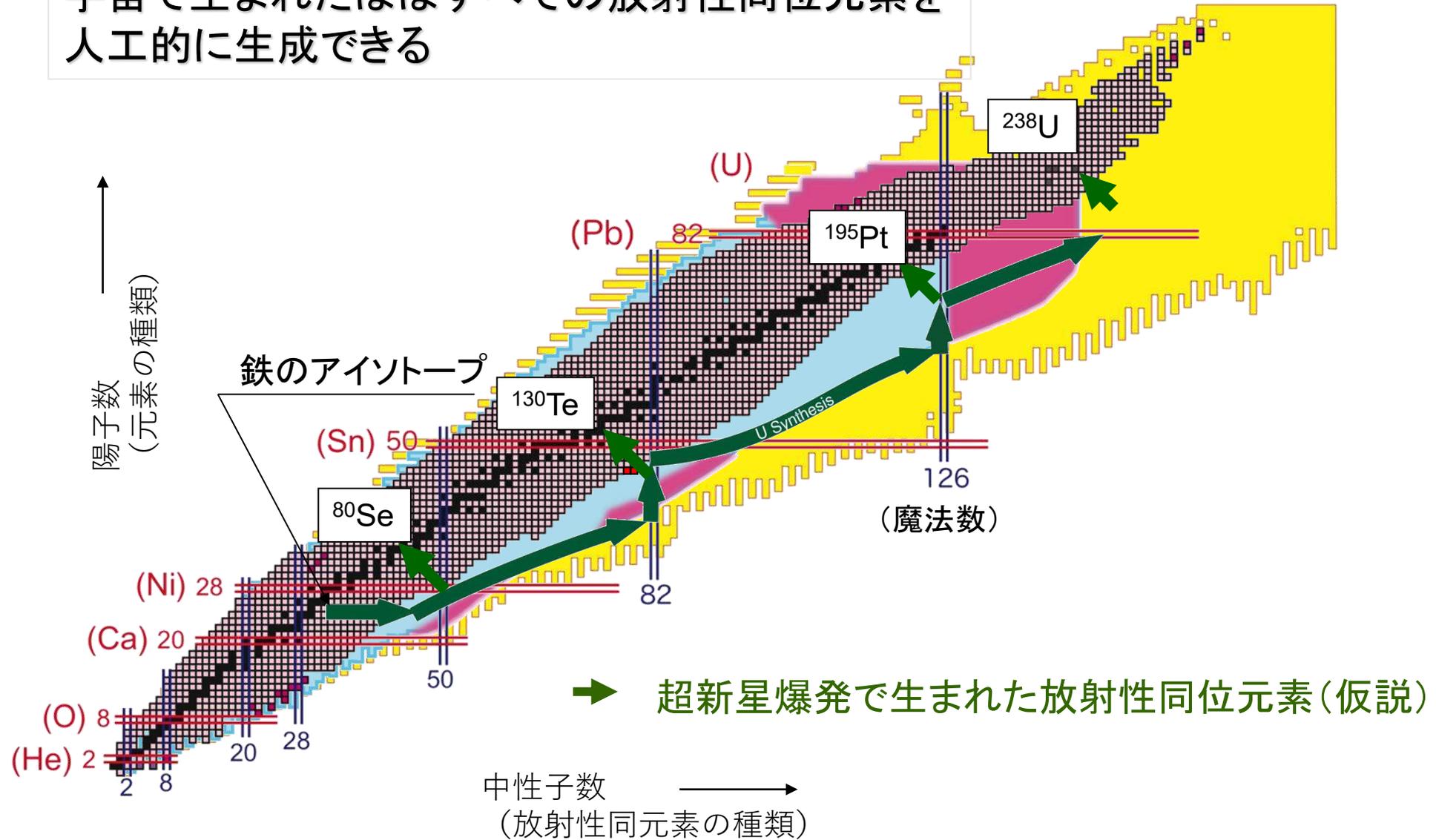


星の最期は鉄の同位元素の塊  
星の中で、軽い元素が燃焼して  
次第に重い元素ができるが  
一番燃焼しにくい鉄の同位元素で  
元素合成は止まる。

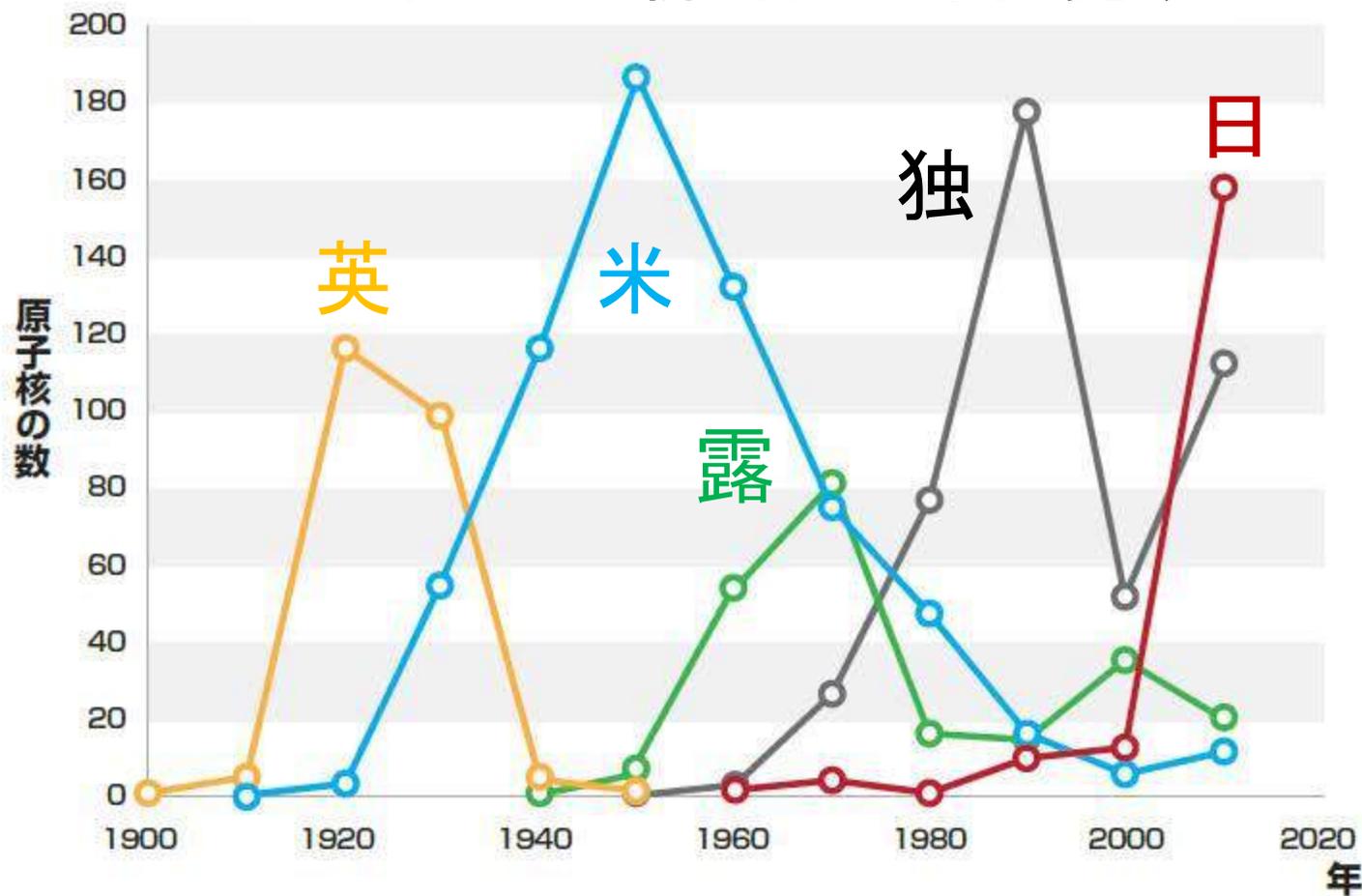


# ウラン元素の合成仮説の検証

宇宙で生まれたほぼすべての放射性同位元素を人工的に生成できる



## 10年ごとの新同位元素発見数



- 理研仁科加速器研究センター(日本)
- ドゥブナ合同原子核研究所(ロシア)
- ケンブリッジ大学(イギリス)
- 重イオン研究所(GSI)(ドイツ)
- ローレンス・バークレー国立研究所(アメリカ)



ギネス世界最高記録認定  
世界最高エネルギーサイクロトロン



RIKEN  
NISHINA  
CENTER

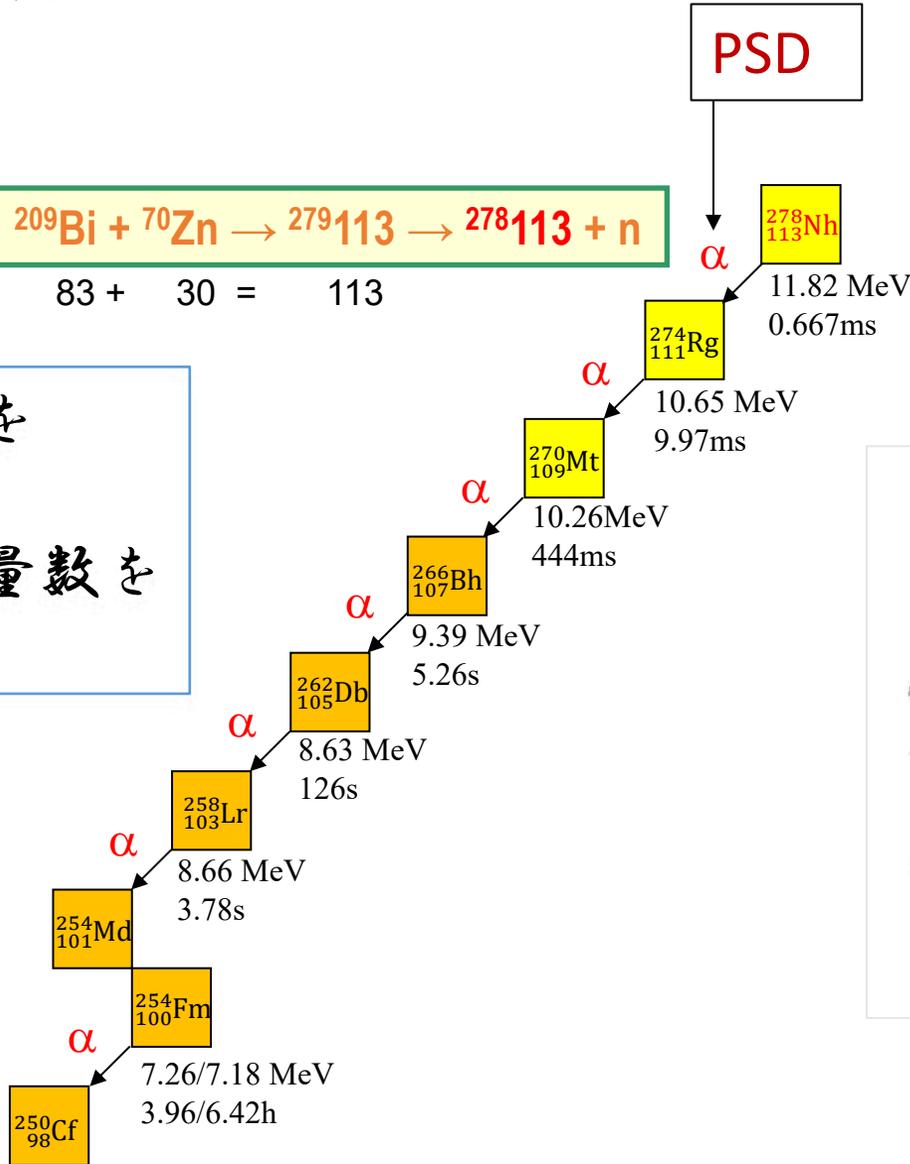
森田グループ総勢約50名  
物理学者と化学者の連合軍

# どうして 113 と分かったか



既知の $\alpha$ 崩壊を  
遡って親核の  
原子番号と質量数を  
決める

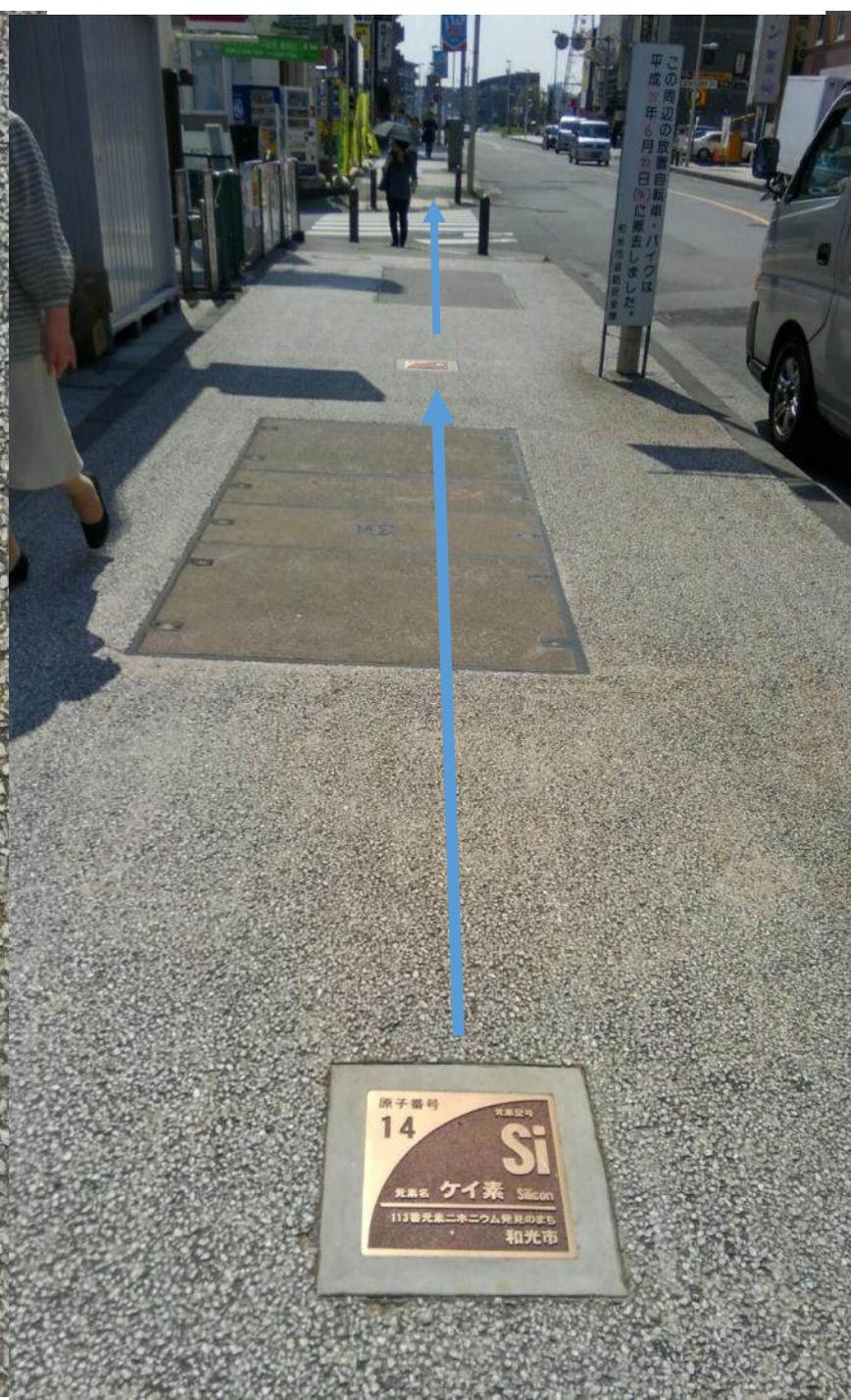
既知崩壊モード



第3イベント  
2012年8月12日



# ニホニウム通り (和光駅—理研)



# 元素の周期表

族  
／  
周期

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

1	H 1																	He 2
2	Li 3	Be 4											B 5	C 6	N 7	O 8	F 9	Ne 10
3	Na 11	Mg 12											Al 13	Si 14	P 15	S 16	Cl 17	Ar 18
4	K 19	Ca 20	Sc 21	Ti 22	V 23	Cr 24	Mn 25	Fe 26	Co 27	Ni 28	Cu 29	Zn 30	Ga 31	Ge 32	As 33	Se 34	Br 35	Kr 36
5	Rb 37	Sr 38	Y 39	Zr 40	Nb 41	Mo 42	Tc 43	Ru 44	Rh 45	Pd 46	Ag 47	Cd 48	In 49	Sn 50	Sb 51	Te 52	I 53	Xe 54
6	Cs 55	Ba 56	* La-Lu 57-71	Hf 72	Ta 73	W 74	Re 75	Os 76	Ir 77	Pt 78	Au 79	Hg 80	Tl 81	Pb 82	Bi 83	Po 84	At 85	Rn 86
7	Fr 87	Ra 88	† Ac-Lr 89-103	Rf 104	Db 105	Sg 106	Bh 107	Hs 108	Mt 109	Ds 110	Rg 111	Cn 112	Nh 113	Fl 114	Mc 115	Lv 116	Ts 117	Og 118

□ 天然元素: 宇宙で合成された  
 ■ 人工元素: 加速器で合成された

\*Lantanide

La 57	Ce 58	Pr 59	Nd 60	Pm 61	Sm 62	Eu 63	Gd 64	Tb 65	Dy 66	Ho 67	Er 68	Tm 69	Yb 70	Lu 71
----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------

†Actinide

Ac 89	Th 90	Pa 91	U 92	Np 93	Pu 94	Am 95	Cm 96	Bk 97	Cf 98	Es 99	Fm 100	Md 101	No 102	Lr 103
----------	----------	----------	---------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	-----------	-----------	-----------	-----------

# 中性子によるショウジョウバエの突然変異

*Sex-linked Mutations of Drosophila melanogaster  
Induced by Neutron Radiations  
from a Cyclotron.*

By Yoshio NISHINA and Daigoro MORIWAKI.

(Received August 31, 1939.)

## INTRODUCTION.

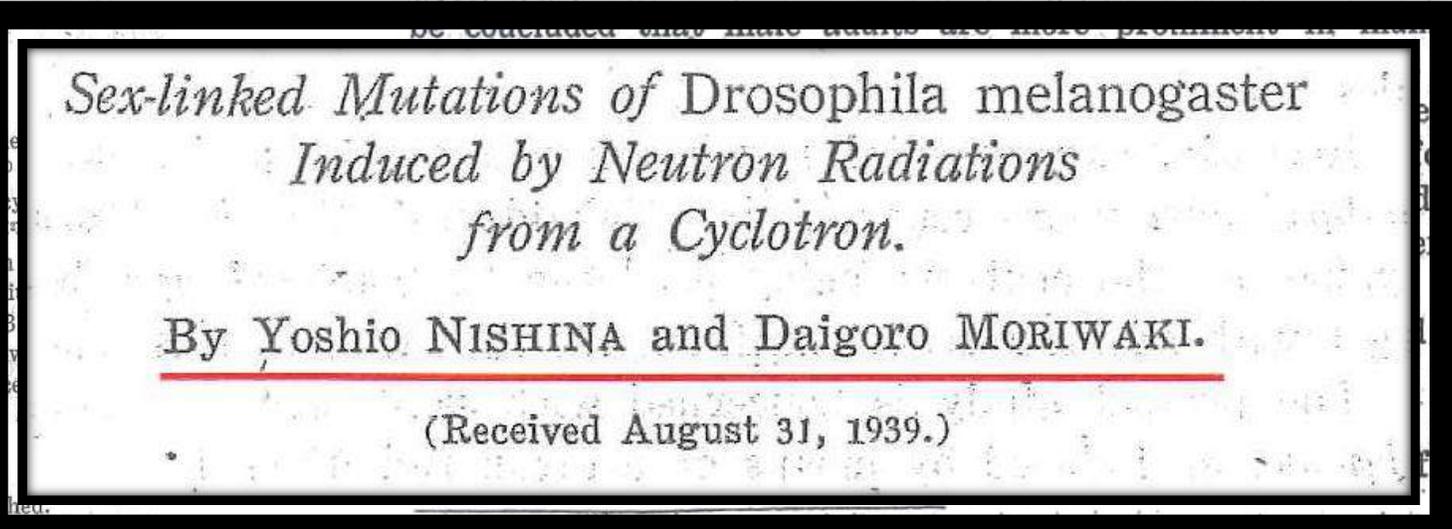
Only a few experiments with neutrons in the have been reported. The first was that of Whiting dominant lethals in *Habrobracon* with the aid of the University of California. Next, Nagai and Loch producing mutations in *Drosophila melanogaster* from beryllium (485 g) irradiated by  $\gamma$ -rays of obtained a mutation rate of 1 in 98, or 44 lethals in On the other hand, Timoféeff-Ressovsky and his been studying the same problem with neutrons producing a lithium target with fast deuterons, and has following conclusions:

1. Through neutron irradiation, increase in frequency is obtained, which is statistically well established.
2. The induced mutation frequency increases per doses.
3. Action of neutron radiations per unit doses (per pair of ions inside tissues) for producing mutations is weaker than that of X- or  $\gamma$ -rays.

Snell<sup>(4)</sup> studied the appearance of sterility and of heredity changes

(1) P. W. WHITING: *Science*, 84 (1936), 68.  
 (2) M. A. NAGAI and G. L. LOCHER: *Nature*, 140 (1937), 111; *Genetics*, 23 (1938), 197.  
 (3) N. W. TIMOFÉEFF-RESSOVSKY: *Forschung u. Fortschr.*, 14 (1938), 165; N. W. TIMOFÉEFF-RESSOVSKY und K. G. ZIMMER: *Naturwiss.*, 26 (1938), 326; N. W. TIMOFÉEFF-RESSOVSKY, K. G. ZIMMER, und F. A. HEYN: *Naturwiss.*, 26 (1938), 108; K. G. ZIMMER und N. W. TIMOFÉEFF-RESSOVSKY: *Strahlenther.*, 63 (1938), 528.  
 (4) G. D. SNELL: *Proc. Nat. Acad. Sci.*, 25 (1939), 11.

We shall next deal with the dependence of the mutation frequencies on the stages of growth of the treated males. Generally speaking, the mutation rates in cases NI and NIV, both of which are in the same conditions regarding the stage of growth (adults), exceed that either of NII (pupae) or of NIII (larvae), although the dose is not the same for each case. From these results, it may

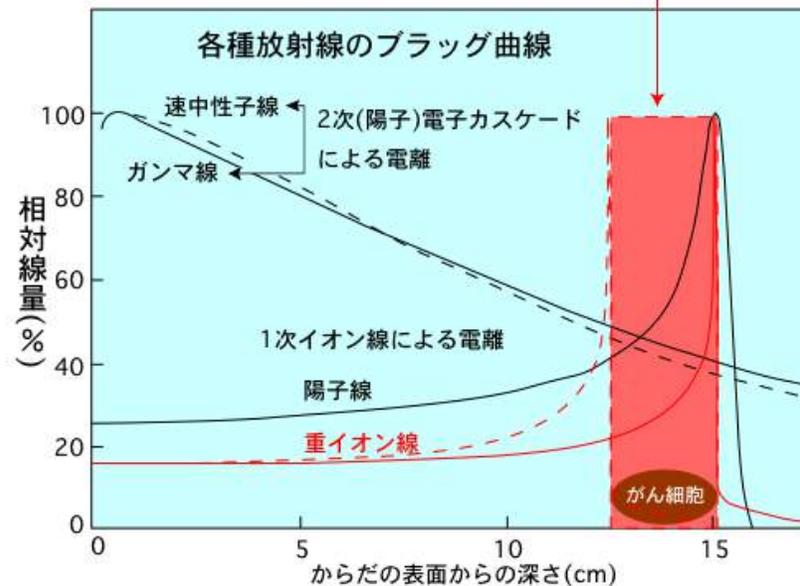
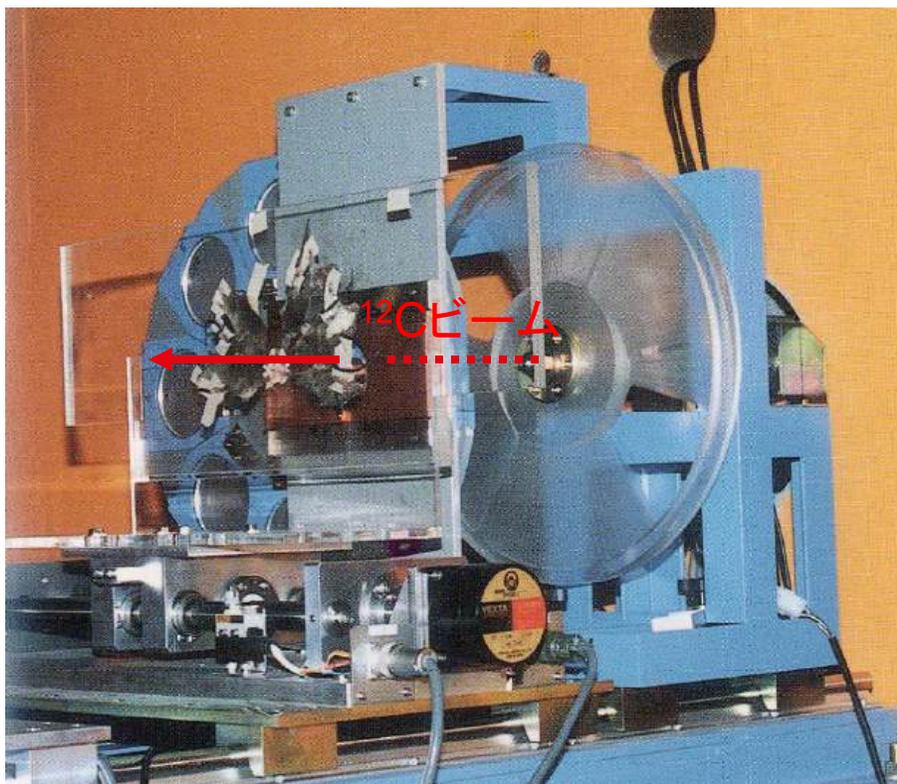


(6) H. J. MULLER: *Ann. Entomol. Soc. Amer.*, 34 (1941), 426.  
 (7) W. G. MOOR: *Genetics*, 19 (1934), 209.

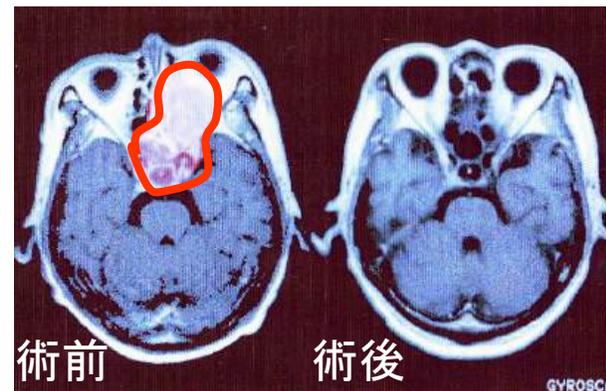
H. J. Muller 1946年ノーベル賞：  
X線照射による突然変異体発生の発見

# 放医研のねずみのがん照射実験（がん細胞をころす）

- 1) 飛程一定  $\text{バラツキ} \propto (\text{質量})^{-0.5}$  (切れが良い)
- 2) 直進性  $\text{バラツキ} \propto (\text{質量})^{-0.4}$  (切れが良い)
- 3) 鋭いブラッグピーク (拡大ピーク、多重照射)
- 4) 低酸素効果比  $\gamma:3$  重イオン:1
- 5) 生物学的効果比  $\gamma:1$  重イオン:3~6



HIMACでの治療例(PET写真)



理研  
パテント情報  
1997年4月

重イオンビームを用いた  
突然変異体植物の作出方法

対談出席者

- 吉田茂男 植物機能研究室  
主任研究員
- 矢野安重 サイクロトロン研究室  
主任研究員
- 阿部知子 植物機能研究室  
研究員

重イオンビームを子房中の受精卵に照射することによって、形態レベルでの異常発現率が、従来の薬剤処理や放射線照射といった方法より、一桁以上も高いという画期的な植物の突然変異体の作成法が開発されている。

あらゆる突然変異体が出現する

吉田 この方法の原理は、サイクロトロンで生成された窒素イオンやネオンイオンなどの重イオンのビームを、受粉後の植物子房に照射し、突然変異を起こさせるというものです。

従来のアルキル化剤（メタンスルホン酸エチル:EMS）を使う薬剤処理や、ガンマ線やエクソ線を照射する方法よりも、致死的な変異が起こりにくく、数多く生き残る。しか



吉田主任研究員

も、生き残ったものの種をとって発芽させると、形態異常の発現率は既存の方法よりぐんと高い。

重イオンビームの照射はほんの一瞬で、ガンマ線のように一カ月も試料植物をフィールドにさらしておく、あるいは薬剤のようにその浸透時間やその後の薬剤除去の手間を必要ありません。実験プロセスの効率化が、時間的にも仕事量の面でもはかれます。

実験のポイントは、重イオンの核種、線量、受粉後いつ照射するかというタイミングの三つを、試料に応じていかに制御するかにあります。今までの実験でこのポイントについてもだいたいの目安がついています。

阿部 主にBY-4とXanthi(キサンチ)という2種のタバコを実験材料としていますが、形態レベルでの様々な異常がでてきました。葉の色もアルビノ、薄緑、遊入りといったクロフィル欠損や、濃緑色ものが現れました。一方、EMS処理時

には、薄緑のものは出ても、アルビノは全く発現しませんでした。

葉の形にしても、細葉や巻葉、切れ込みのあるもの、側芽が過剰発達したものなどバラエティに富みます。花も色は薄桃色から濃桃色まで、その大きさや花卉の枚数も様々です。個体全体としても、小型化、矮性、雄性不稔個体などが多数ありました。

特にXanthiの感受性は高く、照射後発芽した個体の10~20%に形態異常が発現しています。

吉田 機能面でも面白いものが見つかっています。その一つに、クロロフィル合成を阻害する除草剤に対して抵抗性をもつものがあります。葉の表面にこの除草剤をつけると、そこが普通は白くなりますが、この変異体の場合は全く変化がない。

また、塩濃度2%でも生育する変異体も見つかっています。海水が3.3~3.8%程度なのでかなり高濃度です。

とにかく、何か指標を決めてスクリーニングすると必ず出てくるといった感じですね。スクリーニングの時期も、半生存率の当たりで行なうのが最も効率がいい、ということ



阿部研究員



正常株と形態変異株

が明らかになりました。

重イオンビーム照射の場合、ビームが直接受精卵の遺伝子に作用するのではなく、たとえばいうなら、大きな建物の中に髪の毛十数本分くらいのビームが入ってきて、その衝撃波によって、大きく組み換わるのではないかと今のところ考えています。このような大変異であるからこそ形態異常にまで繋がると…。

それは満開の桜の下で始まった

吉田 重イオンビームとの出会いは理研の花見にあります。

そもそも私たちの研究室では、植物の遺伝子がそれぞれどんな機能をもっているかを追究するために、突然変異体をつくって異常と遺伝子との関係を探っていました。アルキル化剤を使って実験を行ない、特に薬剤処理のタイミングについて詳しく調べていました。変異が起こりやすく、しかもそれが個体全体に遺伝形質として固定されるにはいつがよいか、ということです。その結果、受粉後まもない卵割の進んでいない時がよいことが実験的に明らかになりました。

しかし、薬剤は浸透時間や薬剤除去の手間を要し、特定の組織を狙うことも難しいと、コントロールの面で難点が多い。他にいい方法はない

ものかと考えている時に、理研の花見で、サイクロトロン研究室の矢野さんと奮をかたむけながら談笑する機会に巡りあったのです。



矢野主任研究員

矢野 吉田さんとは飲み友達で、互いに仕事の話はしなかったのですが、3年前のあの時は桜の花を眺めながら、これに重イオンビームを当てたらどうなるか、といった話になった。

仁科芳雄博士以来、理研にはサイクロトロンを原子核研究だけでなく、あらゆる分野に役立てるという伝統があり、どの位の線量だと突然変異体が生じやすいかなどの実験がマウスなどを使って行なわれ、データの蓄積がありました。そしてあの夜、植物とサイクロトロンが結びついたというわけです。



サイクロトロンで生物照射室での実験の様子 写真の奥側から重粒子線が花の子房部分へ浴びせられる

吉田 理研のサイクロトロンの重イオンビームはエネルギーが高いので、大気中に打ち出せることを知りました。これなら生きたままの植物体を使え、私たちが調べてきた受粉後のちょうどいいタイミングに合わせて目標箇所に正確に当てることができますと…。

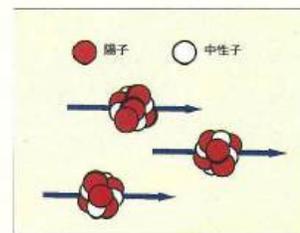
その年の9月から実験を始めましたが、結果はすばらしいものでした。

10ミクロン径を狙い撃つ

阿部 今後は、形態や機能の異常がどのような遺伝子の欠損や組み換えで起こるのか、を追究していきたいですね。そこで、突然変異体のゲノム解析を始めているのですが、これは非常に手間ひまのかかる仕事です。

吉田 これについては、検出器や計算機の専門家などと共同研究を組み、検出や読み取りを迅速、簡便に行なうシステムの開発に乗りだしたところです。

重イオンビーム照射そのものに



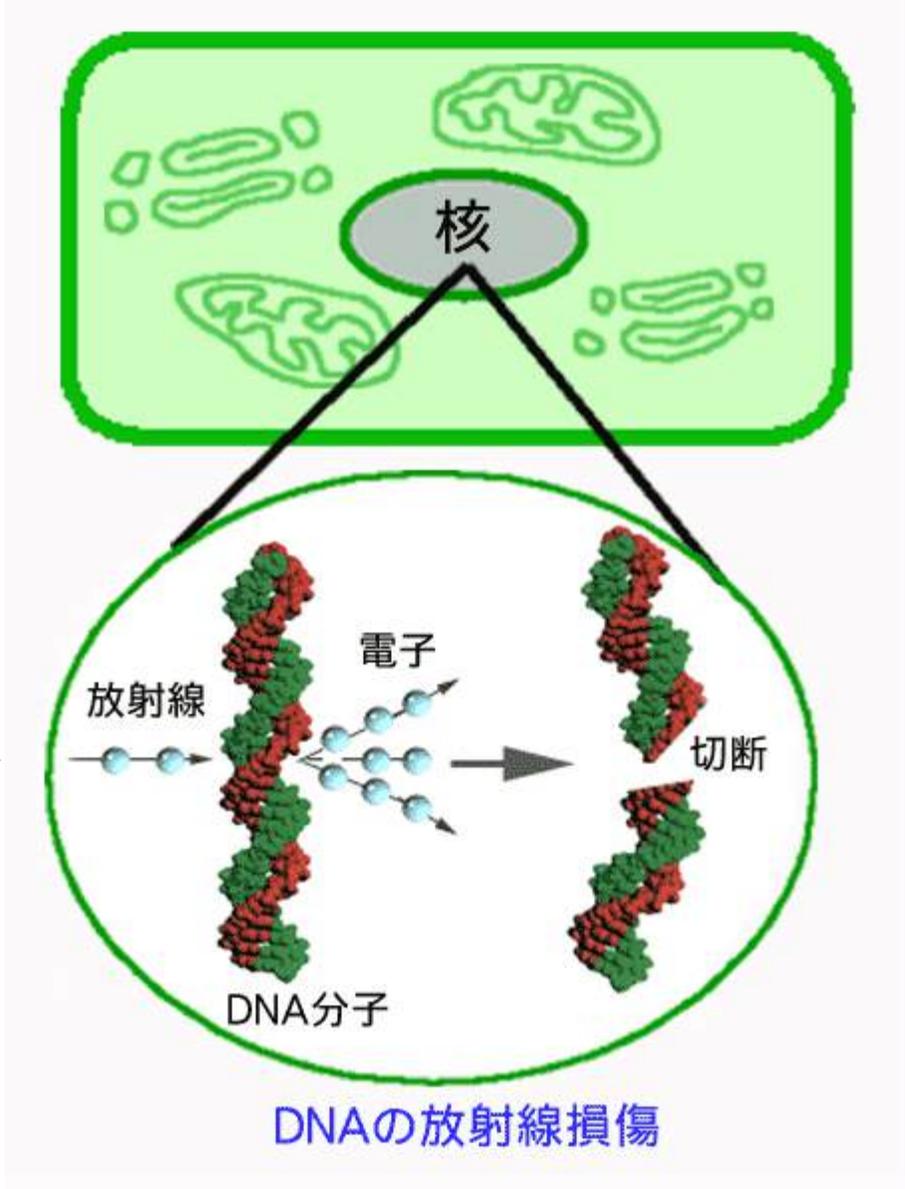
重イオンビームとは？

原子からいくつかの電子をはぎ、電荷を帯びさせた粒子をイオンと呼ぶ。特にヘリウムより重い元素のイオンを「重イオン」といい、物質中を通過する際に与えるエネルギーが他の放射線に比べて非常に大きい。リングサイクロトロンは重イオンを高エネルギービームとして発生する。



重イオン照射によって誘導されたアルビノ変異株と正常株

重イオンビーム  
炭素原子核

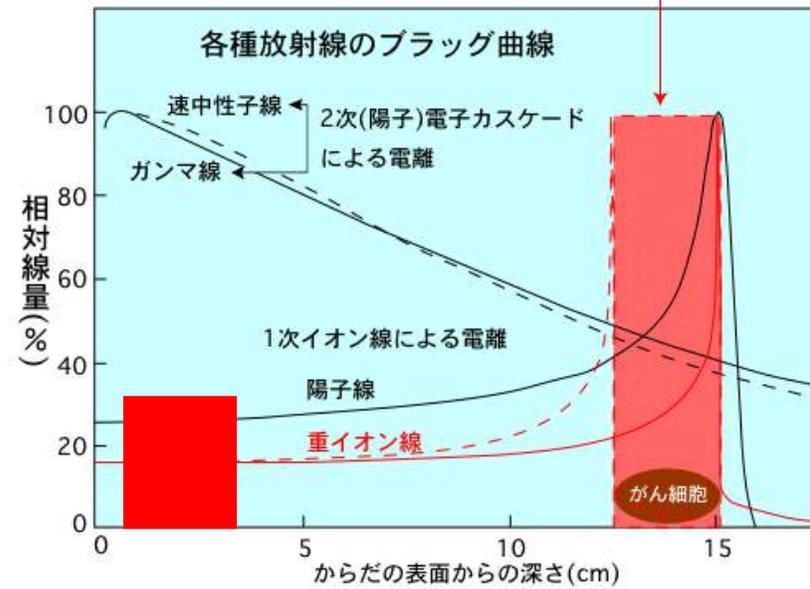
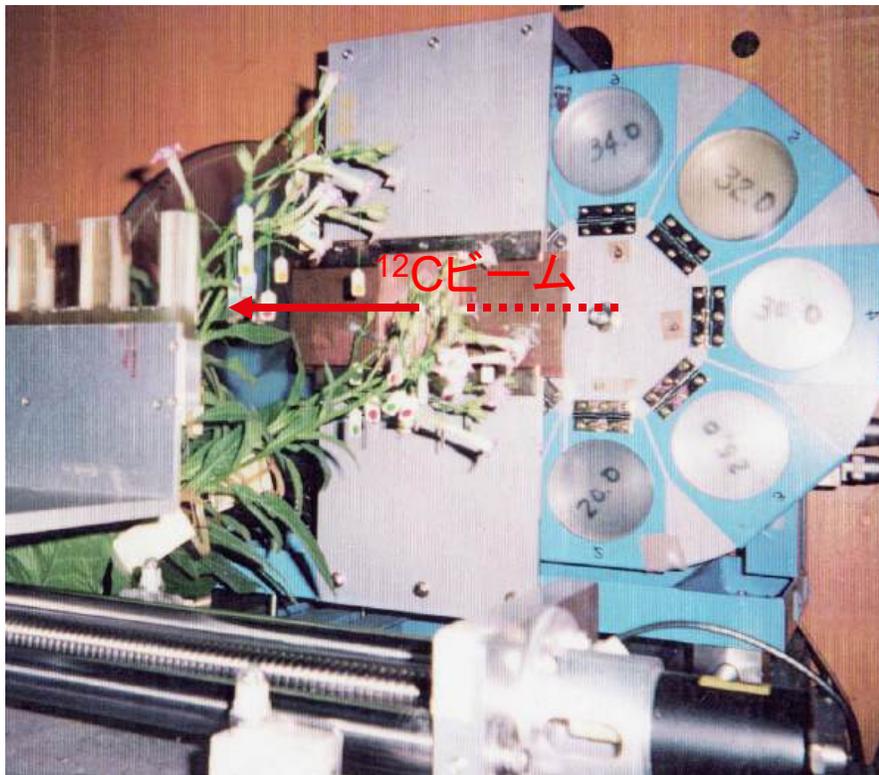


# 重イオンがん治療の基礎研究が植物の新しい品種改良法の発明につながった

## ねずみのがん照射（細胞をころす）

- 1) 飛程一定  $\text{バラツキ} \propto (\text{質量})^{-0.5}$  (切れが良い)
- 2) 直進性  $\text{バラツキ} \propto (\text{質量})^{-0.4}$  (切れが良い)
- 3) 鋭いブラッグピーク (拡大ピーク、多重照射)
- 4) 低酸素効果比  $\gamma:3$  重イオン:1
- 5) 生物学的効果比  $\gamma:1$  重イオン:3~6

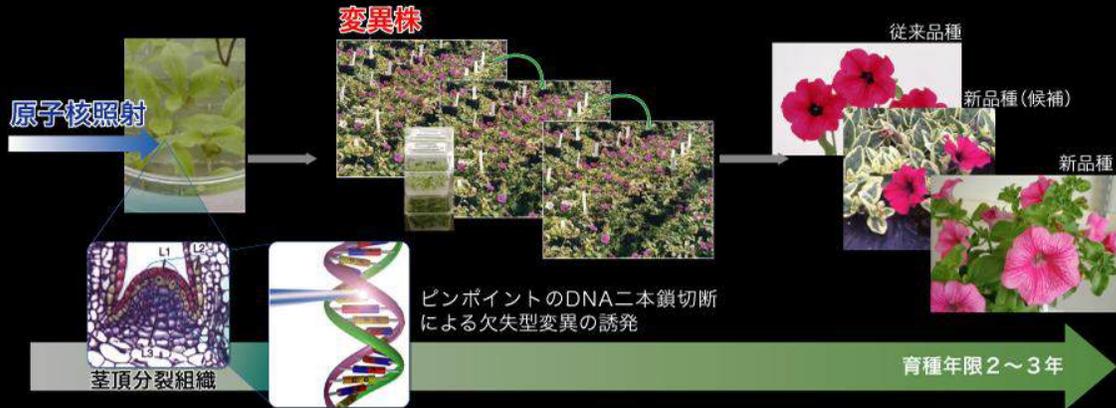
## タバコの受精胚照射



細胞をころさないほどに  
DNA 2重鎖を切断して  
効率よく突然変異をおこさせる



# 世界初の原子核照射による 品種改良法の発明と実施例



## ピンク色のペチュニア



平成18年6月8日  
第14回知的財産戦略本部会合

サントリーフラワーズとの協力で、本来は赤い花であるペチュニアを明るいピンク色に品種改良。平成15年1月に発売し、1年目に国内だけで40万株、北米、ヨーロッパで800万株という大ヒット。

## さくら花色変異株



## 耐塩性イネ



重イオン照射M2耐塩性候補

普通のイネ  
枯れてる



Na <sup>+</sup> 濃度(mM)	0	75	0	75	0	75
系統	正常株		耐塩性株			
			(6-99系統) (19-55系統)			

世界初の黄色いさくら「仁科蔵王」

## 矮性ソバ



平成17年台風14号でも全く倒伏しなかった矮性ソバ



平成17年台風14号で倒伏した正常株

# がんの治療に新元素合成で貢献

原子番号85のアスタチンは、自然界にはほとんど存在せず、加速器によってつくられた人工の元素です。アスタチンには中性子の数が異なる「同位体」が約40種類知られていますが、すべて放射性的同位体 (RI) です。中でもアスタチン-211 ( $^{211}\text{At}$ ) は、がん治療に有効な $\alpha$ 線と呼ばれる放射線を放出するため、近年、需要が急速に高まっています。しかし、不安定なため短時間のうちに壊変するという問題があり、半減しても十分な放射線を得られる大量生産が期待されていました。仁科加速器科学研究センターにある重イオン加速器施設「RIビームファクトリー (RIBF)」で、 $^{211}\text{At}$ を大量に製造する技術開発に成功したのが、核化学研究開発室の羽場 宏光 室長の研究グループです。

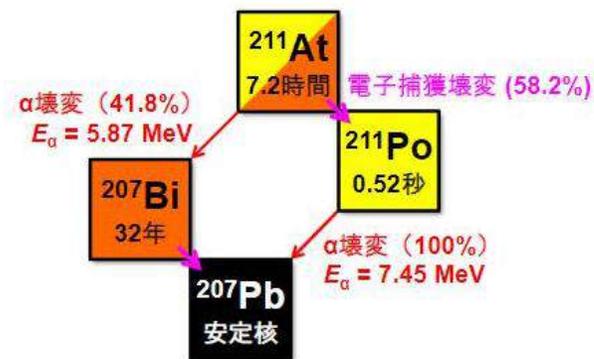


図1 アスタチン-211 ( $^{211}\text{At}$ ) の放射壊変

## c) This work: Application for targeted $\alpha$ -particle therapy (TAT)

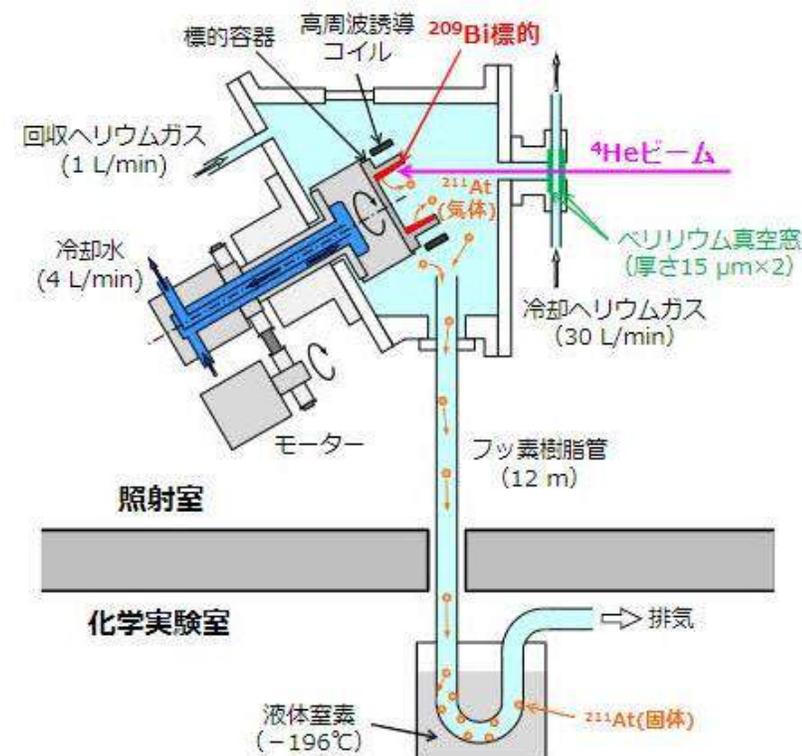
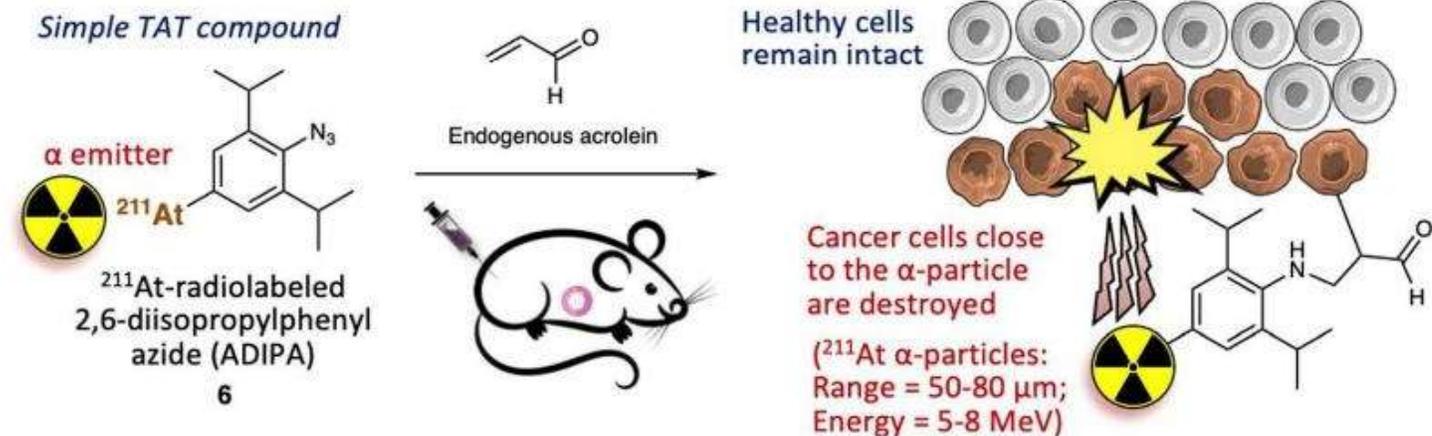


図3 本研究で開発したアスタチン製造装置の概念図

## がん治療に需要が高まるアスタチン

がんは、日本人の2人に1人が生涯のうちに罹患するといわれている。医療が進歩する中、近年、抗がん剤をがん細胞のみに選択的に届けるDDS（ドラッグ・デリバリー・システム）薬剤の開発が進んでいる。その一つが、 $^{211}\text{At}$ を用いた甲状腺がんや前立腺がんに対するDDS薬剤で、 $^{211}\text{At}$ が放出する $\alpha$ 線を使ってがん細胞のみを効率的に殺傷する。 $^{211}\text{At}$ の需要が増す中、羽場 室長の研究グループは、RIBFの重イオン加速器を用いて $^{211}\text{At}$ を大量かつ安定に製造する技術を開発。2020年2月、その業績によって第2回日本オープンイノベーション大賞 日本学術会議会長賞、2023年4月、科学技術分野の文部科学大臣表彰 科学技術賞を受賞した。

## 仁科記念賞に3氏

物理学で優れた業績をあげた人に贈られる今年度の仁科記念賞に、下浦亨・東京大名誉教授(67)と青木大・東北大教授(52)、村上修一・東京科学大教授(54)が選ばれた。仁科記念財団が7日発表した。

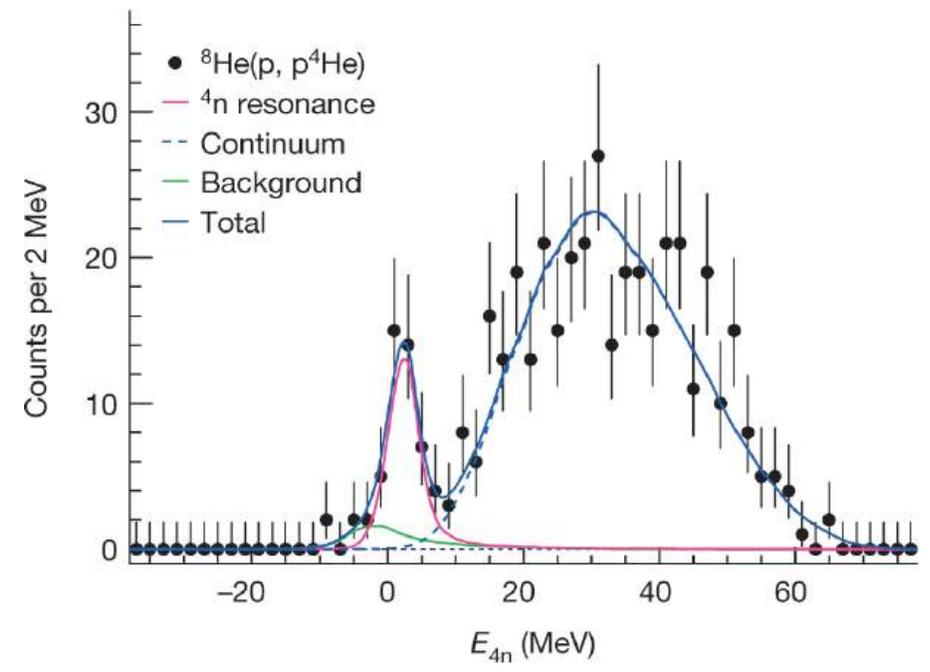
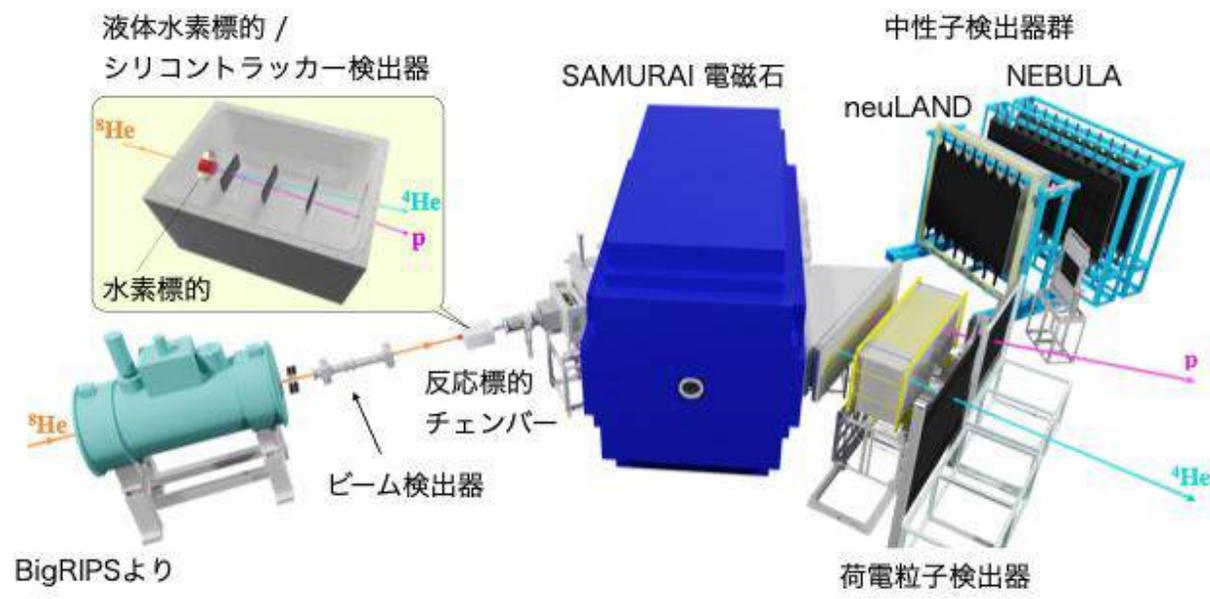
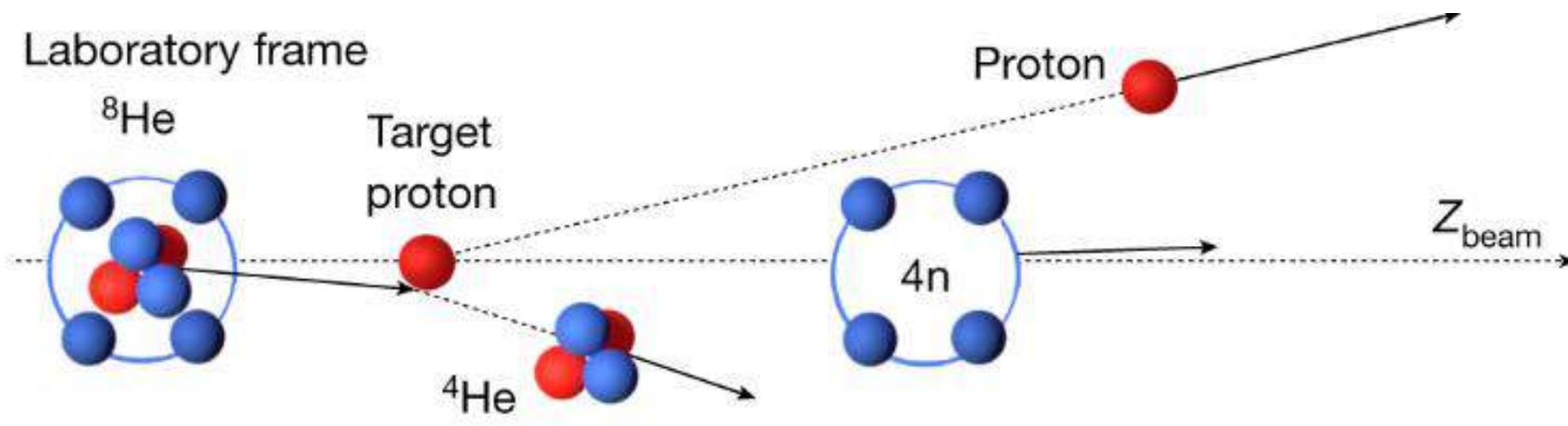
下浦氏は、中性子だけで原子核はできるのかという長年の課題に対し、四つの中性子のみで作られる集合体「テトラニュートロン状態」を実験で観測した。青木氏は、超伝導と強い磁性の共存が可能なアクチノイド化合物を発見。村上氏は、スピンホール効果やトポロジカル物質などの理論研究を先導した。

授賞式は12月5日に行われる。

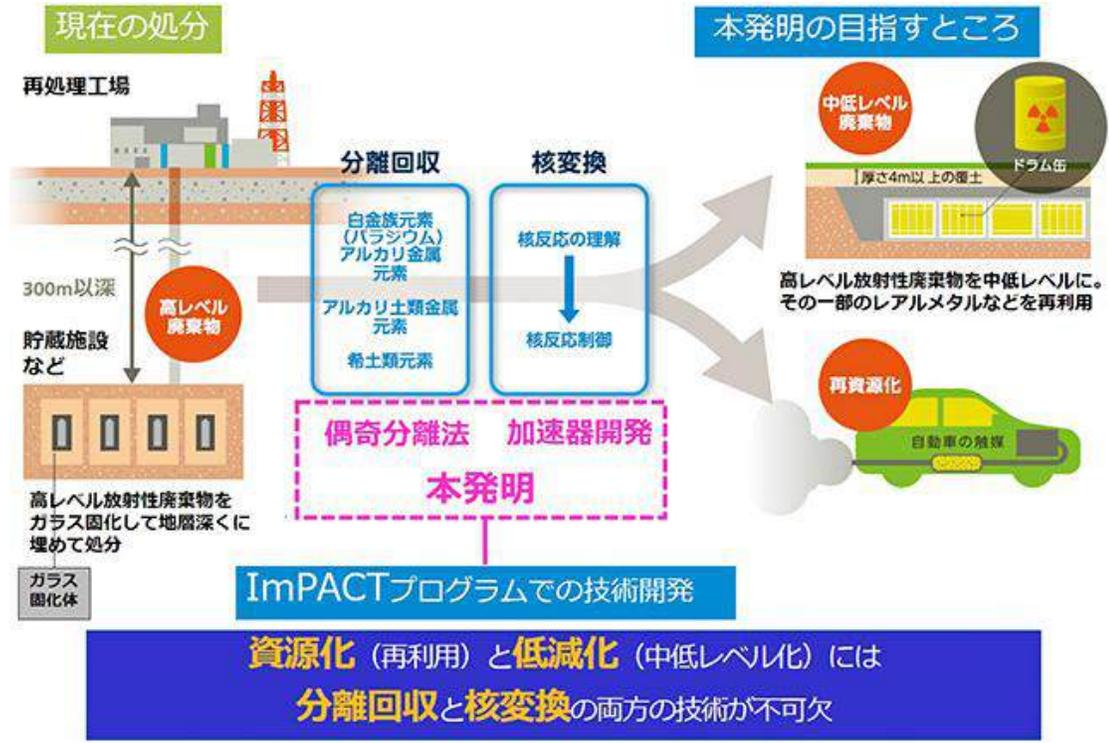
坂入広生全国士会を関係

## 仁科記念賞に3氏

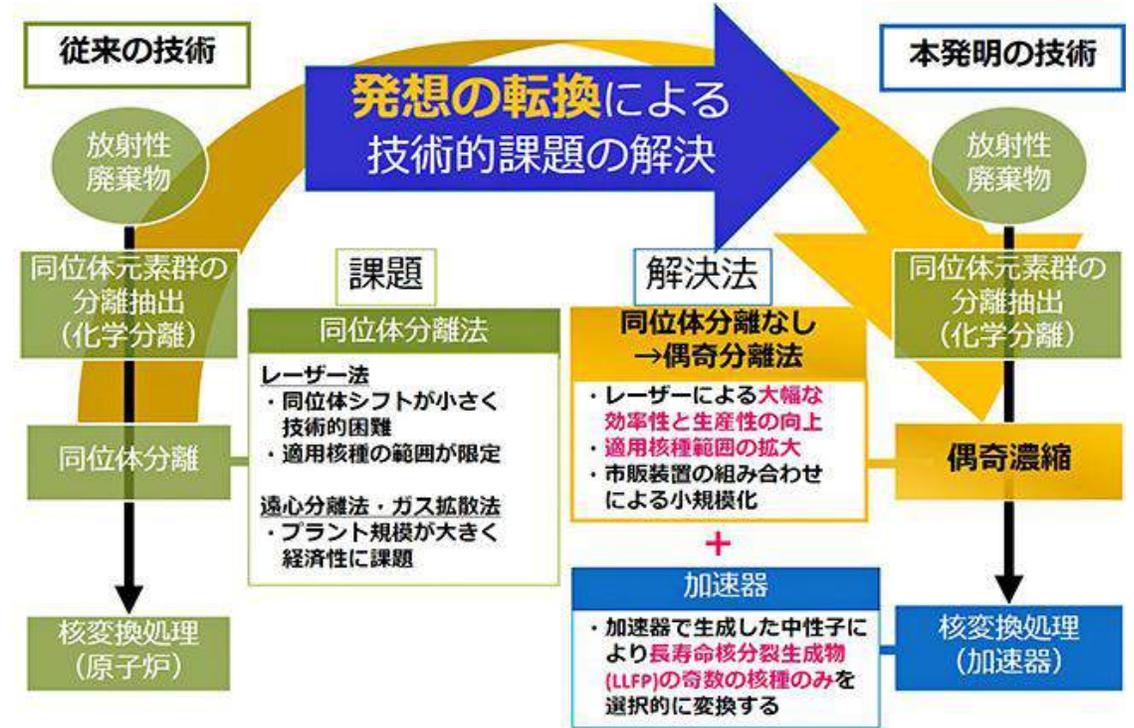
仁科記念財団(梶田隆章理事長)は7日、原子物理学などの分野で優れた業績を上げた研究者を表彰する今年度の仁科記念賞を下浦亨・東京大名誉教授(67)、青木大・東北大教授(52)、村上修一・東京科学大教授(54)の3人に贈ると発表した。授賞式は12月5日に東京都内で行われる。下浦氏は4個の中性子でできた特殊な原子核のような状態を研究した。青木氏は磁石の性質をもちながら電気抵抗がない超伝導状態の化合物を発見。村上氏は半導体や金属中の電子の振る舞いに関する理論研究を進めた。



「放射性廃棄物の処理方法」が「21世紀発明賞」を受賞  
 —公益社団法人発明協会平成30年度全国発明表彰—



本発明の目的と特長



従来の技術課題と本発明の技術

