

核反応エネルギー研究室紹介

「原子核研究」vol.65 No.2 March 2021 を基にしています

新元素合成の理論研究に集中する研究室が近畿大学に発足して6年が過ぎました。目指すは次のニホニウム。多方面で躍進する近畿大学の中で、我々がこの研究室で築き上げてきたもの、学生達とともに涙あり笑いあり怒りあり、繰り広げられる新喜劇のような毎日に、さいごはいつも「なんでやん」。これで研究は進むのか。

1. 超近大計画、固定概念をぶっ壊す

昨年(2020年)お盆にNHKで放送された「太陽の子」は、その1ヵ月前に突然他界した三浦春馬氏が主演俳優の一人として登場していました。このドラマでは、第二次世界大戦末期、京都帝国大学物理教室で、原子爆弾の研究に携わった若き大学院生の葛藤と希望が、史実をもとにフィクションとして描かれています。ドラマの中で、俳優の國村隼氏が演じる京都大学物理教室教授、荒勝文策氏こそ、我々の研究室と非常に関連の深い人物、いわば出発点でした。また、このドラマは戦後の日本の原子核研究を考える上で、大きな転換点となった出来事が見え隠れしており、我々のような小さな一研究室もこのことは無縁ではないのだと、のちに気づかされることになりました。

我々の研究室は、近畿大学 理工学部 電気電子工学科に所属し、「核反応エネルギー研究室」とい

う看板を掲げています。2015年4月に私が教員として着任したと同時に発足した研究室です。これまで、近畿大学には原子核物理を研究している研究室はなく、いわば突然生まれた「原子核理論研究室」でした。近畿大学は創始者の世耕弘一先生が理系の学者でもあったことから、理工系に端を発した大学であり、実学教育を重視しています。理工学部理学科には物理コースがありますが、我々の研究室は電気電子工学科に所属していることが特異です。ここ数年の近畿大学のス



図1：躍進する近畿大学のPR

ローガンは「超近大計画、固定概念をぶっ壊す」であり、我々の研究室もそのような潮流に乗ったものなのかもしれません。

2. 近大マグロと近大原子炉

近畿大学といえば、「クロマグロの完全養殖」を世界で初めて成功させ、いわば近畿大学のキャッチコピーになっています。また 2020 年度入試において 7 年連続志願者数が全国 1 位になるなど、非常に話題性のある、活気のある大学として知られています。さらに、近畿大学には原子炉があることも特色の一つとなっています（大学が保有する教育用原子炉は日本では、現在、京都大学と近畿大学だけです）。なぜ近畿大学に原子炉があるのでしょうか。これは誰もが持つ大きな疑問なのですが、実は近畿大学の創設者世耕弘一先生の判断によるものだといわれています。世耕氏が経済企画庁長官だった 1959 年東京・晴海の東京国際見本市を視察した際、米国が出版していた教育・研究用原子炉を見て一目惚れし、購入と学内設置へと動いた、ということだったようです。相当な賭けだったと思います。近大原子炉は 1961 年 11 月 11 日に臨界に達し、研究・教育・訓練用原子炉として現在に至るまで、多くの技術者を育て社会に貢献しています。



図 2：近畿大学 研究用原子炉 UTR-KINKI

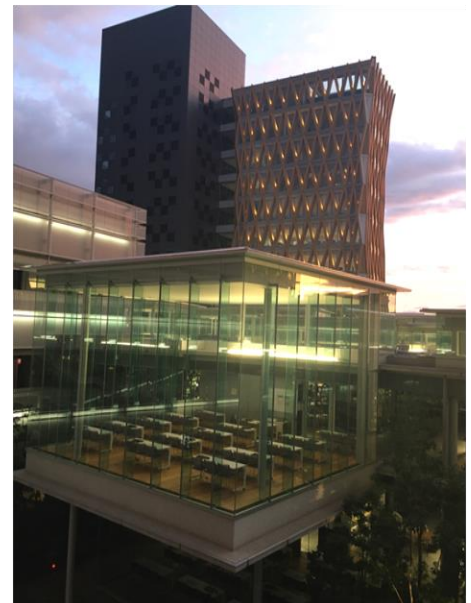


図 3：アカデミックシアター内を泳ぐ近大マグロと研究室から見えるアカデミックシアター

3. 戦後の原子核研究と我々の研究室のルーツ

ドラマ「太陽の子」は、終戦直前で話が終わっています。その翌日 NHK BS1 で「原子の力を解放せよ：戦争に翻弄された核物理学者たち」が放送され、終戦後の原子核研究についても取材をもとにドキュメンタリーとして紹介されました。日本の原子爆弾の研究は、陸軍からの要請を受けた仁科芳雄氏を中心とする理化学研究所のグループ、海軍からの要請を受けた荒勝文策氏を中心とする京都大学のグループがありました。

戦後、GHQ の指示により、荒勝研究室の所有するサイクロトロンは解体され、琵琶湖に投棄されました。荒勝氏が「全く純学術研究施設にして原子爆弾製造には無関係のものなり」と抗議しても進駐軍には受け入れられませんでした [1]。また理化学研究所や大阪大学の所有するサイクロトロンも廃棄され、日本の原子核物理学の実験的研究は大きく遅れをとることとなりました。荒勝研究室では研究関連文書やウラン・重水などの提出も求められたようです。

その後、原子爆弾に直結すると考えられる重い原子核の研究は、日本の大学では行われなかったと私は聞いています。日本の原子核研究の主流が、原子核構造の研究、軽い原子核の研究、エキゾチック原子核の研究へと進んで行ったのも、このような事情と関連があったのかもしれない。

荒勝氏は、これまで蓄積してきた実験ノートを失い、また広島で放射線調査に携わっていた京大調査団が台風豪雨に遭遇したことで、研究室の若い人材を失いました [1]。戦後、荒勝氏が大きな失意のもとに過ごされたであろうことは想像に難くありません。研究の手段を奪われた荒勝氏は 1950 年、定年で京都大学を退官し、その後、神戸にある甲南大学の初代学長に就任しました。

私が甲南大学に入学した時の学長は湯浅一經氏で、専門は原子核実験とのことでした。当時、甲南大学は 1.5MV 小型タンデム・バンデグラフ加速器を保有しており、新しく建築された理学部棟に設置された加速器は、入学案内にも取り上げられ大きくアピールされていました。この話は 1980 年代後半の話ですが、それ以前には、甲南大学にはコッククロフトーウォルトン加速器があったようで、この加速器も新聞で大きく報道されたようです（1954 年）。

しかし、なぜ、甲南大学に加速器が「目玉として存在するのか」、一介の学生には全くわからないままでした。私は卒業研究として理論研究室を選び、指導教員として太田雅久氏の指導を受けました。卒業後、大分してから知ったことですが、甲南大学で、太田氏は湯浅氏のもとで教育を受けており、また湯浅氏は、京都大学で荒勝氏の教え子とのことでした。「太陽の子」のエンディングで流れた、荒勝氏の写真は、甲南大学初代学長として我々が知っているお顔でした。

この時、ふと蘇えったのが、私が大学院生の時に訪れた京都大学物理教室のどこかで、湯川秀樹氏の写真と荒勝文策氏の写真が二人並べて飾ってあったという記憶です。「理論の湯川、実験の荒勝」と言われていたのだと、かすかに覚えがありました。二人並んで飾ってあった写真が、どこの講義室であったのか、もうすっかり忘れてしまっており、その所在を調べたくになりました（できればこの原稿にその写真を掲載したいと考えていました）。早速、京都大学の吉田賢市さんに聞いたところ、すぐに調べて下さり「原子核理論のセミナー室には湯川氏の写真は飾ってあるが荒勝氏はないようだ」と返事を頂きました。そこで実験の成木恵さんにお尋ねし、調べて頂

いたところ、かなり以前に基礎物理学研究所の図書室にお二方の写真が飾ってあったそうだったことが分かりました。しかし現在、荒勝氏の写真の所在は不明とのことでした。学生の頃に見た風景に、また違った思いで再び出会えるかと思って期待していましたが、非常に残念でした。

今、このような流れを思い返してみると、近畿大学で我々が「重い原子核の反応」の研究を行っていることは、もともとは荒勝氏に起源があったのだと感じずにはいられません。

さて、もう一方の我々のルーツ、「理論研究」に関しては、太田氏が新潟大学から岡井末二氏を甲南大学に教員として招かれたことから始まるようです。当時、甲南大学では、太田氏が原子核理論の研究室を立ち上げようとしていました。岡井氏は湯川秀樹氏のもとで教育を受けられたようです。甲南大学の研究室で、岡井先生が湯川さんのお話をされるのを、我々は何度か聞いたことがあります。学生の頃に見た荒勝氏と湯川氏のお二方の並んで飾られていた写真が、思いがけず、どこかでつながっていたことになり、世の中の運命というものを感じます。

4. 近畿大学と周期表とオーガネシアン教授

周期表で現在、最も原子番号の大きな元素は、原子番号118番のオガネソンです。2017年、近畿大学にオガネソンの名の由来であるオーガネシアン教授を招き、学生だけでなく地域の方々にも参加してもらう講演会を開こうという話は、すぐに大学で承認され実現しました。その背景には、近畿大学が当時進めていたロシアの大学との人的交流の活発化がありました。その後、2018年にもオーガネシアン教授には近畿大学が主催するエネルギーフォーラムで講演して頂いています。このような企画がすぐに実現できるのも近畿大学のフットワークの軽さであり、広報と教員の連携のなせる業だと思います。うまく歯車がかみ合っていると実感します。講演の合間に我々の研究室を訪れたオーガネシアン教授は、気軽に学生へ話しかけていました。また2018年2月に、今度は近畿大学の学生12名がロシアのドゥブナーにあるオーガネシアン教授の研究室を訪れ、そこで話を聞く機会を得ました。双方の交流は益々活発になっています。

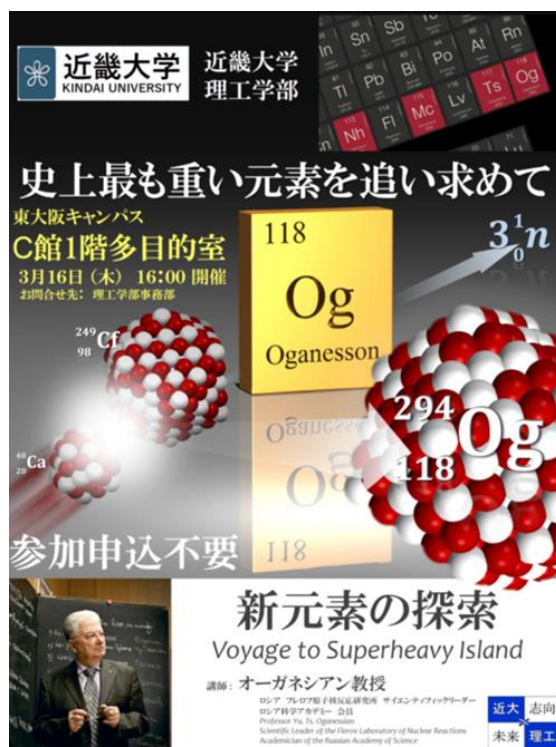


図4：近畿大学におけるオーガネシアン教授の講演ポスター

5. 研究室の特色

研究室は教員1名、在籍学生26名（大学院生6名、学部学生20名）で構成されています（2021年1月現在）。2021年4月からは博士課程の在籍者は2名となり、そのうち一人は日本学術振興会特別研究員（DC2）として活動を行います。



図5：細井美彦学長と研究室のメンバー。近畿大学に2017年にオープンしたアカデミックシアターにて

毎年、数名の学生が日本原子力研究開発機構（JAEA）で実施される「夏季実習制度」に参加します。その学生の中には自ら希望して3ヵ月間もJAEAに滞在する場合があります。また自主的に原子力関係の企業や団体が主催するセミナーや研修会、実習に参加しています。原子力安全・危機管理スクール、原子力発電所廃止措置人材育成コース、原子力バックエンド教育等、学生たちが自ら申し込みをして参加しているこれらの研修は、私にはその内容についてほとんど想像すらできません。国内だけでなく、韓国慶熙大学の原子炉での教育実習やヨーロッパにある原子炉の海外研修にも、選抜選考を勝ち抜いて参加しています。

研究室の学生は全員、電気電子工学科に所属し、電気電子工学科で教育を受けています。当初、近畿大学に赴任する際、物理出身の私が、電気電子工学科の学生の「卒業研究」を指導できるのかという心配もありました。しかし、理論物理のディラックが電気工学出身だったということもあり、「もしかしたら電気電子の学生は、原子核の研究をしっかりとってくれるかもしれない」という大きな期待もありました。

近畿大学は学生数3万人を超えるマンモス大学であり、電気電子工学科も1学年200名ほどの学生が在籍しています。電気電子工学科の学生は3年後期に23ある研究室の中から志望する研究室を選び配属されます。もちろん、各研究室の定員の関係から、第1志望の研究室に落ちて、第23志望の研究室になってしまうという学生も少なくなく、研究室配属は学生にとっても一大イベントです。電気や電子に関連する実験系の研究室が多い中、原子核理論をテーマとする我々の「核反応エネルギー研究室」は異質な存在となっています。

我々の研究室に配属された学生の中には、原子核の研究において4年次で既に高い研究成果を上げる学生がいます。研究会で「優秀ポスター賞」を受賞したり、研究成果をPhysical Review Cなどの海外の雑誌に投稿し掲載されたり、物理学会誌の表紙や原子力研究開発機構の成果報告書の表紙を飾るような計算結果を出してきたりと、正直、驚きでもあります。また、研究を継続するために、修士、博士課程と進学する学生たちは、内外の原子核物理の研究者と連携して、共著論文を出版し、国際会議で口頭発表するなどの高い研究活動を行っています。研究室の学生を夏季実習で指導をいただいた原子力機構のスタッフの方々からは、近大の学生に対し非常に高い評価を頂いています。

本学の電気電子工学科の学生は、学部の受講科目に「量子力学」も「統計力学」も入っておらず、なぜ学生たちはこのような理論物理の研究に没頭し、成果を上げているのか、不思議といえば不思議です。このことを分析することは、教育を考える上である意味大きなヒントの一つになるのではないかと考えます。

6. 近畿大学の電気電子工学科の学生たち

研究室の学生を見ていて気が付くことは、まず近畿大学というマンモス大学の中で、非常に多種多様な学生が共存しているという環境が広いスペクトラムを受け入れ、その中で自分の個性を客観的に見出していることが挙げられます。人とは基本的に違うのだという認識、一つのことに秀でた物凄いやつがいるという経験、できないものを克服するより好きなことで個性を発揮していく道を見つけたのではないのでしょうか。芸能界には、近畿大学出身で第一線として活躍している個性豊かな人物を多く見かけますが、大学のこのような空気が影響しているのかもしれませんが。また近畿大学の特徴として、人との交流が非常にオープンなことも挙げられます。学長もとてもフレンドリーに学生に接しています。

もう一つ気が付いた点は、学生たちが近畿大学を選んだ理由として「近大原子炉」の存在が大き



図6: ロシアのドゥブナーで開催された国際会議に参加した大学院生とロシアの大学の学生たち

いという事実です。高校生の時には、すでに「原子力エネルギー」に興味を持ち、原子炉がある近畿大学を選んだというのです。関西の私立大学間では学生確保に熾烈な競争が起こっており、いわゆる「関関同立」「産近甲龍」といったランキングが定着してしまっています。近畿大学は、この「入れ替え戦のないリーグ戦」に挑み続け、7年間連続入試志願者数日本一を達成しました。この状況の中で、我々の研究室に入ってくる学生の入り口が「近大原子炉」だという事実は重要で、また「原子核研究」を担う若者の動機の一つであったことを見過ごすことはできないと思います。受験生の選択理由が多岐にわたる私立大学では、多角的な企画力や広報力が、優秀な学生を集める重要な要素の一つとなっています。このあたりの事情は、志望大学を決める際、自らの学力が大きな要因となり、また多くが第一志望で合格して入学してくる国立大学の学生たちとは少し様子が異なるかもしれません。

学部で受ける電気電子工学科の講義は、実学の講義であり、その中には、指示されたことを如何に正確に素早く行うかといった技能が問われるものが少なくありません。また複雑なハイテク機器を操作する実験や、非常に厳しいレポート課題（フォーマットなど特に厳しい）も多く課せられています。さらに日々の研究室の滞在時間が決められており、入室と退室時間も決められている研究室もあります。このような状況の中、「核反応エネルギー研究室」を選ぶ大半の学生は、今までとは違う空気を求めてやってきます（逃亡してくるとも言えます）。したがって、研究室では基本的に自由で、好きなように研究をする雰囲気を作っています。我々の研究室の空気に合致した学生はぐんぐん伸びていきます。ところが、これには大きな落とし穴があり、自分自身を管理できない学生は、かなりまずい状況となってしまいます。理学系と工学系の研究室の持つ雰囲気の違いではないでしょうか。

もちろん、学部学生の多くは一般企業に就職を希望しています。我々の研究室は、この6年間で、他大学の大学院進学者が4割程度、近畿大学の大学院進学者が3割程度、企業就職者が3割程度となっています。学部・大学院の卒業生は、エネルギー系の会社や国立研究法人などに就職しています。学生の大半が研究者ではなく企業に就職を希望するといった状況で、研究に目を向けさせるのは難しいのでは、と考えがちですが、実際は、企業に就職を希望している学生たちも研究を集中してやっているほうが大勢です。この学生たちは、比較的早く希望の会社に内定が決まり、さすが企業の人事もしっかり人物を見ていると思います。卒業研究と就職活動をバランスよくマネージしているという能力は、企業にとっても大事なところなのでしょう。

7. 初めて原子核物理に向き合う学生たちの様子

「原子核物理」のことをほとんど知らないで研究室に配属された学生たちに、どうやって研究に向き合わせるかは大きな課題です。しかし、この予想に反し、大多数の学生は、まずはすんなりと研究に入っていきます。4年生の研究活動は、最初はプログラムコードを使った数値計算による作業が中心だからです。原子核のポテンシャルの計算や形状の作図など、手順を覚えてまずはコンピュータのオペレーションに慣れていきます。それと同時に関連する基礎理論の勉強を進めていくという方法をとっています。何か計算結果が出るという経験は、学生の士気を高めることに直結し、その意味では、我々の研究室で行っている計算や研究は、古典力学をベースにして

いるため視覚的にもわかりやすく、最初のハードルは低いといえます。その後、卒業研究のまとめや、研究会で発表経験を積み重ねながら、修士課程に進む段階では、自分なりに興味の対象を見つけ、分からないことや計算でうまくいかないことなどを掘り下げるような方向（思考）に進み、それが研究成果につながる場合が多いようです。

日本原子力研究開発機構の夏季実習制度に参加することで、自分の研究に自覚をもって進めるといった姿勢が培われていると考えられます。今まで、大学の中で学生として行ってきたことが、原子力機構では計算を依頼され、先端の研究に直結するテーマを与えられ、「一人の大人として扱いを受ける」ことも大きな経験だと思います。研究者の方々が、自分に対し敬語で対応されることに戸惑う学生も多いでしょう。

このような近畿大学の学生には、面白いことがあります。私は何度か国立大学の大学院生を指導する機会をもちましたが、彼らは非常に優秀でした。こちらが与えた研究課題に対し、非常に短時間で、また高精度で、こちらの期待通りの結果を持ってきます。その優秀さには驚くばかりです。ところが近畿大学の学生が出してくる計算結果は、「えっ、こんな結果になった？」「本当に合っているのかな？大丈夫かな」という場合が多く、しかしよくよく調べてみるとちゃんと合っている。「へ～大発見や～！すごい！誰も知らん結果やなっ！」というケースが多々あり、こちらは別の意味での驚きと、研究の「楽しさ」を感じます。（もちろん、本当に間違っている場合の方が多いです）。この感動が、研究の原動力になって、学生の意欲を高揚させていると考えます。我々が行っている研究では、実際、学部学生でもこのような発見があります。

8. 研究テーマと内容

研究室では「超重元素および重元素領域における低エネルギー原子核反応理論の研究」をベースに、以下の4つを主な研究テーマとして挙げて研究を進めています。

8.1. 新元素合成に関する理論研究

現在、周期表では原子番号118番元素のオガネソンが最も原子番号の大きな元素です。さらに原子番号の大きい元素の合成を目指し、日本をはじめ世界各国の研究所で実験が行われています。新元素の合成に成功すると、命名権が与えられ未来永劫その名を周期表に残せるなど、科学的インパクトが大きく、国家プロジェクトとして研究を行っている国もあります。このような状況の中、新元素の生成確率や最適条件など理論計算による評価や予測を行っています。また実験計画に対する支援を目標としています。

8.2. 超重元素領域における融合分裂反応機構の解明

超重元素領域では非常に強いクーロン力のため、液滴模型による分裂障壁が存在せず、その安定性は原子核の内部構造の効果（殻補正エネルギー）に依存します。この効果は、安定性のみならず、新元素を合成するための融合過程にも影響を与え、融合を有利にするような反応系や、形成された励起複合核が蒸発残留核として生き残る過程など、融合分裂過程のダイナミクス、特に動的過程において殻補正エネルギーの効果を詳細に分析することが重要です。このような反応のダイナミクスを動力学模型によって分析し、解明することを目的としています。

8.3. 核子移行反応による核分裂に関する実験・理論研究（日本原子力研究開発機構と共同研究）

日本原子力研究開発機構の西尾勝久氏をグループリーダーとする研究チームでは、タンデム加速器を用いて $^{18}\text{O}+^{238}\text{U}$ 等の核子移行反応により、アクチノイド領域の原子核の核分裂の研究を多角的に行っています。一連の研究では、新元素合成の基礎研究をはじめ、代理反応に代表される新型原子炉に関連する研究、放射性廃棄物処理に関連する研究など多岐わたって展開しています。日本原子力研究開発機構が主催する全国の学部生・大学院生を対象とした夏季実習制度に参加することにより、研究グループのもとで研修を受け、研究指導を行ってもらうことが可能です。近畿大学の学部学生や大学院生は、この制度を活発に利用し、実験データの解析や理論計算による共同研究に発展し、その成果は論文として出版され、さまざまな賞の受賞という結果となっています。ランジュバン方程式を用いた動力学模型によって、多核子移行反応のシミュレーションを行い、形成された原子核の核分裂片質量分布などを求め、実験値と比較することで反応のメカニズムを解析しています。

8.4. rプロセスによる宇宙元素生成の研究（理化学研究所と共同研究）

動力学模型を用いた核分裂過程の計算では、ウランよりも重い中性子過剰な原子核に対しても原理的に計算が可能です。核分裂は宇宙における元素の起源の解明という観点からも着目されています。宇宙での爆発的な天体現象によって達成される中性子が非常に多い環境では、原子核がわずか1秒程度の間に次々と中性子を吸収していくような速い中性子捕獲過程（rプロセス）が生じます。rプロセスによる元素合成では、 β 崩壊によって安定核に変化する前に中性子捕獲反応進むため、非常に中性子過剰となった原子核を経由して質量数の大きな元素が生成されます。核分裂によって生成した核分裂片が次のrプロセス元素合成の種核となります。このように核分裂はrプロセス元素合成における元素生成量に大きく影響している可能性があるため、rプロセス元素合成の理解を通じた宇宙の元素の起源の解明においても、核分裂の理解が非常に重要となっています。本研究では、宇宙における元素合成研究におけるrプロセスの理解への貢献することを目指します。理化学研究所の西村信哉氏を中心に共同で研究を行っており、動力学模型による核分裂計算を用いて中性子過剰核の核分裂特性を明らかにすることを目標としています。

これらの研究では、共通して「動力学模型」を用いて原子核反応を追います。揺動散逸定理に基づくランジュバン方程式や拡散方程式を利用することで、原子核反応の中の、さらに平均値から大きく離れた現象（起こる確率が極端に低い事象）を扱います。この手法により、新元素合成という非常に稀有なイベントを取り扱います。これらの現象は1fbから1pb程度のオーダーの現象であり、現在の実験技術では20年に1個（1fb）から1週間に1個（1pb）程度のイベントになります。また森田浩介氏が率いる理研グループがニホニウム（113番元素）の合成に実験に成功した例（2015年のIUPACにより正式認定）は、生成断面積22fb（200日に1個）となっています。ハイパフォーマンスコンピュータを利用した高速計算により、新元素生成を目指した最適な入射核と標的核の組、ビームエネルギー、生成確率（生成断面積）を評価し、実験計画への提案を目指しています。

9. 研究室の最も重要な研究テーマと我々が目指すもの

このような背景のもと、我々の研究室の最も大きな興味は、**Dissipative Dynamics** 「散逸現象のダイナミクス」を解明することです。現象論に基づき、ランジュバン方程式や拡散モデルを利用した物理現象の解析で、最も面白く興味を惹かれるところは、二体の物体の衝突により、それらが持つ「大量の運動エネルギー」がどのようにして散逸し、内部エネルギーに変換されていくのか、標的核の周りを入射核が擦って回っていくような反応（深部非弾性散乱）において、擦りこむ表面ではどのような摩擦が起こり、またその摩擦と移行核子数とはどのような関係があるのか、などのダイナミクスの解明です。クーロン障壁よりも、十分高い入射エネルギーによる重イオン融合反応では、このような現象論的記述が非常に有効であり、古典的なイメージをベースに物理現象を理解していくことが可能だと言えます。

本来、原子核反応に動力学モデルを導入した起源は、このような散逸現象を扱えるという強みであったと考えます。特に、深部非弾性散乱などに含まれる散逸構造など、まだまだ解明しきれていない非常に複雑な現象を、多角的にシミュレーションによって理解したいという熱い思いを持っています。「散逸現象」これが本当の我々の研究室のテーマです。

10. 近畿大学とロシアとの関係

近畿大学は2017年、文部科学省補助事業「大学の世界展開力強化事業」に採択され、近畿大学とロシアの協定校との双方向交流を通じて、ものづくりの分野で活躍できる人材を育成する事業を開始しました。近畿大学からロシアの大学への派遣実績 計56名（2020年4月時点）、ロシアの大学からの受入実績 計36名、また1セメスタの交換留学プログラムでは派遣実績計9名受入実績計18名となっています。

このように近畿大学はロシアの10以上の大学と協定を結び、大学間交流が活発となっています。2018年2月には近畿大学の学生12名がドゥブナーを訪問し、大学の寮での生活、フレロフ研究所の新元素合成の実験施設の見学（当時建設中の加速器DC280も見学）し、またオーガネシアン教授の研究室も訪問しました。

我々の研究室も、研究内容などでロシアと非常に結びつきが強く、2019年にはロシアのドゥブナーで開催された国際会議に3名の修士課程の大学院生が参加し、口頭発表をしました。ここでの学生たちの経験は、ドゥブナーで研究がしたいという動機にもなったようで、博士課程進学を決意した学生もいます。また、2017年と2018年には近畿大学にオーガネシアン教授が訪問され、セミナーや講演をしていただきました。



図7： 近畿大学の研究室を訪問したオーガネシアン教授（上）とドゥブナーのオーガネシアン教授の研究室を訪問した近畿大学の学生たち（下）

2017年には細井学長と本学教職員のメンバーで、ドゥブナー大学とフレロフ研究所を訪問しています。今後、新元素合成の研究や学生の育成において、「大学の世界展開力強化事業」の支援のもと、一層ロシアとの交流を活発にしたいと考えています。

11. 学生による研究成果

研究室の研究成果として、「学部生と大学院生」の研究業績をリストアップします。研究室が発足した2015年4月から2021年3月の期間のものです。

- (1) 学生が第一著者である原著論文 3編 [2,3,4]
- (2) 学生が共著者である原著論文 4編 [5,6,7,8]
- (3) 会議プロシーディングス 18編
- (4) 国際会議口頭発表 20件（うち学生自身が口頭発表したものの8件）
- (5) 国内発表 51件（うち学生自身が口頭発表したものの 38件）
- (6) ポスター発表 13件
- (7) 受賞
 - 日本原子力学会フェロー賞 4件
 - 核データ研究会 ポスター賞 5件
 - 日本原子力学会北関東支部 ポスター賞 1件

12. 最後に

我々の研究室を紹介してきましたが、研究室の特色として

「最初、研究室に配属された学生は、ほぼ原子核物理に興味を持っていない」

「電気電子工学科の学生であるために、原子核のことをほとんど知らない。一般に物理学科で受ける学部の教育を受けていない(量子力学、統計力学、物理数学、原子物理など知らない)」という2点が大きく挙げられます。また我々の研究室の大学院生に関しましては

「他大学から大学院に入学してくる学生はいない」

という状況です。

従いまして、研究室に配属される学部3年次後期から、あるいは4年次の卒業研究において、如何に学生に原子核物理について教育を行い、興味を持たせるかが重要になってきます。その中から、大学院に進学して研究を継続してやっていきたいという優秀な学生を育てなくてはなりません。このためにも、3章で書いたような研究室と関連する人物や歴史、また周期表の話などが大きな役割を果たすと考えています。また、しかし同時に、「原子核のことにほとんど興味を示さない学生の卒業研究の指導を行う」という課題も依然として存在します。

研究室で学生とともに活発に研究活動を行うには、学生とのつながり、信頼関係が非常に重要であることを痛感します。毎年、様々な学生が研究室に入ってきます。良くも悪くも、最初に私が持った印象と、実は全く違うということが多くあり、学生の指導で頭を悩ますことは多々あります。適材適所などは分からないのです。その中でも、学生たちは、ある段階を越えると、自分なりに研究を進めていき、驚くような成果を出してきます。

卒業研究を始める前までの学生たちは、受験などもそうですが、「限られた時間の中で正解にたどり着く」という教育を受けてきたと思います。近畿大学の学生たちは、それには不得意だったのかもしれませんが、しかし、研究室で行う研究は、それとは違います。どんなに回り道をして

も、何度失敗しても、時間がかかっても、粘り強くその問題に付き合い、寝食を共にするような、容易に諦めない「執着力と忍耐」が必要で、そのためには「興味と好奇心」が強い味方になってくれます。いろいろやっていると、たとえ最初に挑んだ問題は解決できなくとも、何か新しい問題が突然見つかり、誰もが予想しなかった新しい発見に巡り合うことがあります。この「新しい発見」をぜひ、研究室の学生が体験してくれれば、これ以上望むものはないでしょう。

ある先輩教員が言っていました。

「おれらみんな教員は芸人と同じや。いかに学生をその気にさせ、盛り上げていくか。面白いって思ってもらえるか。それでなんぼやから」

大阪の大学ということもあるのかもしれないけれど、なるほど、と思いました。

この原稿の作成にあたり御協力頂いた近畿大学広報室 坂本由佳さん、また貴重なコメントを頂いた甲南大学名誉教授 太田雅久氏に感謝の意を表します。

追記：

本文でも触れましたが、京都大学基礎物理学研究所の図書室に飾られてあったという「荒勝氏と湯川氏の写真」は見つけることができませんでしたが、甲南大学同窓会・広報部の御協力のもと、お二人が写っている写真を御紹介頂きました（図9）。湯川氏が甲南大学の文化祭で講演された時の写真のようです（1959年、「学校法人甲南学園所蔵資料」）。甲南大学の学生の要望を受けて、荒勝氏の紹介状もあり、講演会が実現したとのことでした。また荒勝氏のお生まれは姫路市とのことで私と同郷であったことも今回初めて知ることができました。写真の掲載にご協力頂きました甲南学園 同窓会 瀧川俊治様、広報部 松岡治彦様に厚くお礼を申し上げます。

参考文献

- [1] 政池明「荒勝文策と原子核物理学の黎明」（京都大学学術出版会、2018）
- [2] S. Tanaka, Y. Aritomo, Y. Miyamoto, K. Hirose, K. Nishio, Phys. Rev. C **100** (2019) 064605
- [3] Y. Miyamoto, Y. Aritomo, S. Tanaka, K. Hirose, K. Nishio, Phys. Rev. C **99** (2019) 051601(R)
- [4] S. Amano, Y. Aritomo, Y. Miyamoto, S. Ishizaki, M. Okubayashi, Bull. Russ. Acad. Sci.: Phys. **84** (2020) 1034
- [5] K. Hirose, K. Nishio, S. Tanaka et al. Phys. Rev. Lett. **119** (2017) 222501
- [6] Y. Aritomo, N. Liyana, B. Yanagi, H. Hachikubo, Eur. J. of Phys **3** (2019) 197.
- [7] Y. Aritomo, S. Amano, M. Okubayashi, B. Yanagi, K. Nishio, and M. Ohta, Yad. Fiz. (Physics of Atomic Nuclei) **83** (2020) 545.
- [8] M. J. Vermeulen, K. Nishio, K. Hirose, K. R. Kean, H. Makii, R. Orlandi, K. Tsukada, I. Tsekhanovich, A. N. Andreyev, S. Ishizaki, M. Okubayashi, S. Tanaka, and Y. Aritomo, Phys. Rev. C **102** (2020) 054610



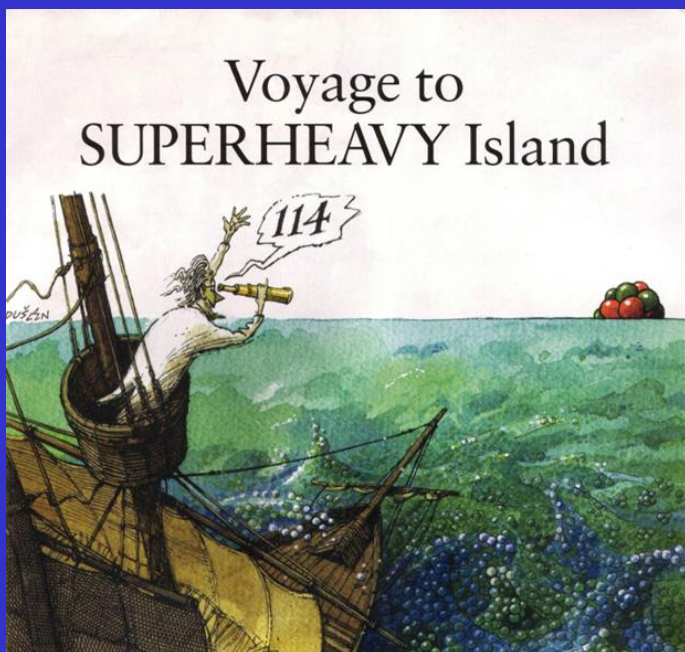
図 8：フレロフ原子核反応研究所（ロシア、ドブナー）のオーガネシアン教授の研究室を訪問した近畿大学のスタッフ（2017 年）。右から細井学長、オーガネシアン教授。



図 9：甲南大学の文化祭で湯川秀樹氏を招いて講演会が開かれました（1959 年）。（左）荒勝文策氏、（右）湯川秀樹氏。荒勝氏は湯川氏の恩師にあたり、講演会では約 1000 名の聴講者があったということです（「学校法人甲南学園所蔵資料」）。

新元素合成の挑戦～周期表に足跡を残せ～

有友 嘉浩
近畿大学理工学部



1. 新元素合成に関する話題

ニホニウム Nh

2. ロシアの話題

3. 研究室で行っている研究

This year: 2019 (150 years from Mendeleev)

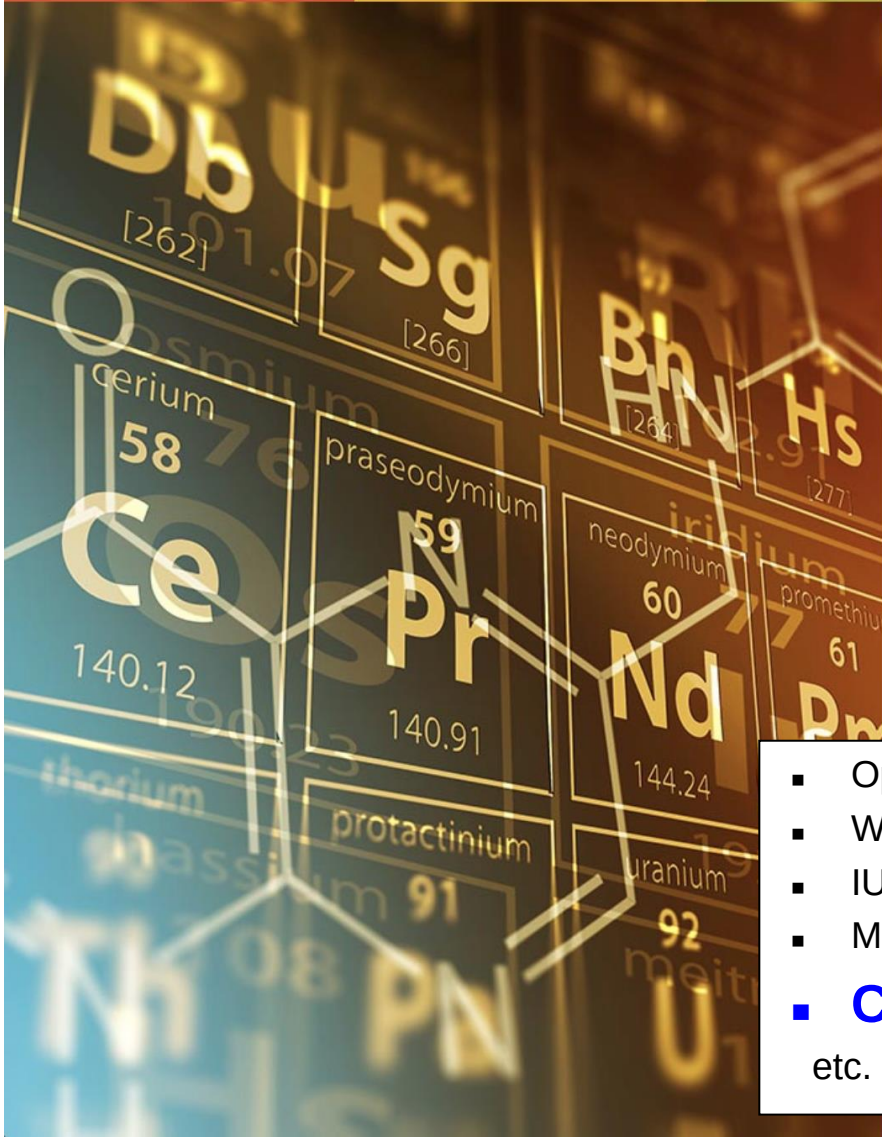
HOME

ABOUT

ACTIVITIES

PARTNERS

CONTACT





United Nations
Educational, Scientific and
Cultural Organization



International Year
of the Periodic Table
of Chemical Elements

The International Year of the Periodic Table (proclaimed by UNESCO)

A Common Language for Science

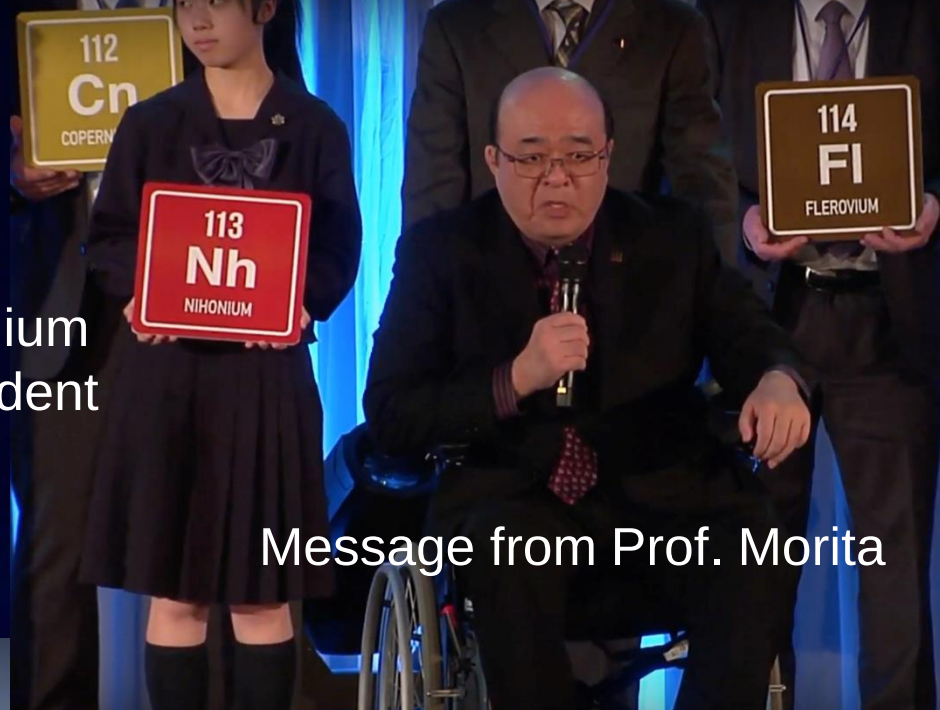
The Periodic Table of Chemical Elements is one of the most significant achievements in science, capturing the essence not only of chemistry, but also of physics and biology.

1869 is considered as the year of discovery of the Periodic System by Dmitri Mendeleev. 2019 will be the 150th anniversary of the Periodic Table of Chemical Elements and has therefore been proclaimed the "International Year of the Periodic Table of Chemical Elements (IYPT2019)" by the United Nations General Assembly and UNESCO.

- Opening ceremony @Paris & Moscow, Jan.
- Woman and Chemical Elements @Murcia(Spain), Feb.
- IUPAC2019 @Paris, Jul.
- Mendeleev150 @St. Petersburg, Jul.
- **Closing ceremony @Tokyo, Dec. 5th**
etc.



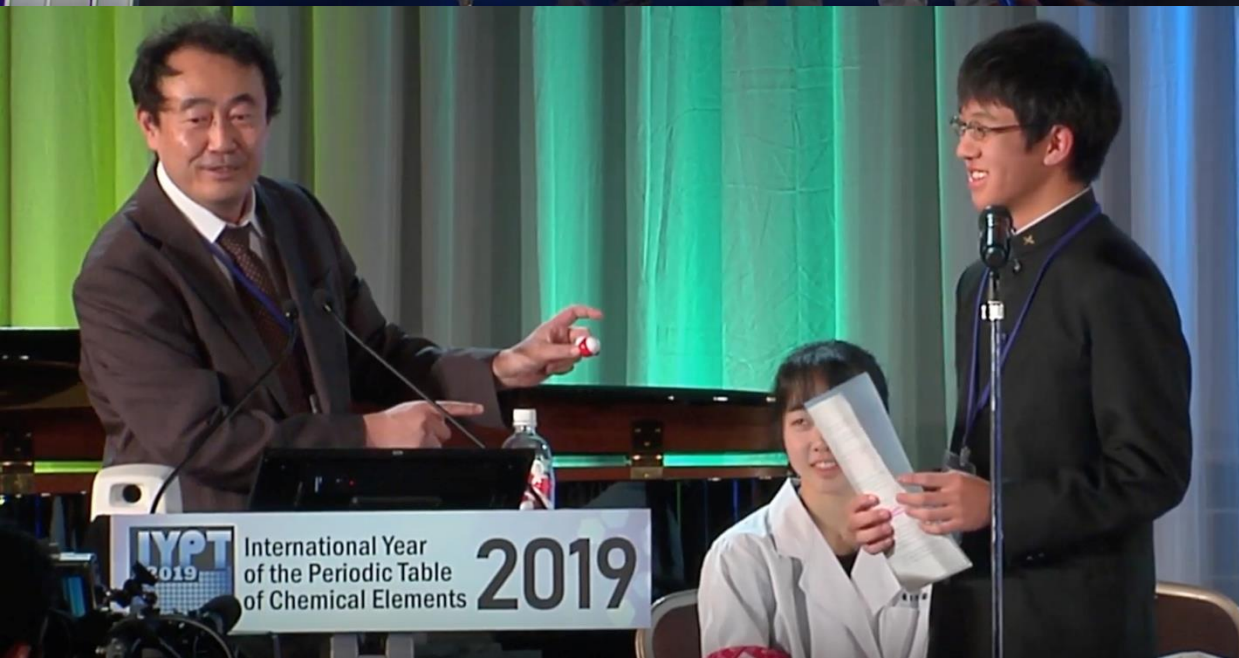
A piece for piano about Nihonium
composed by high-school student



Message from Prof. Morita



Discoverers of 7th period elements standing in a row





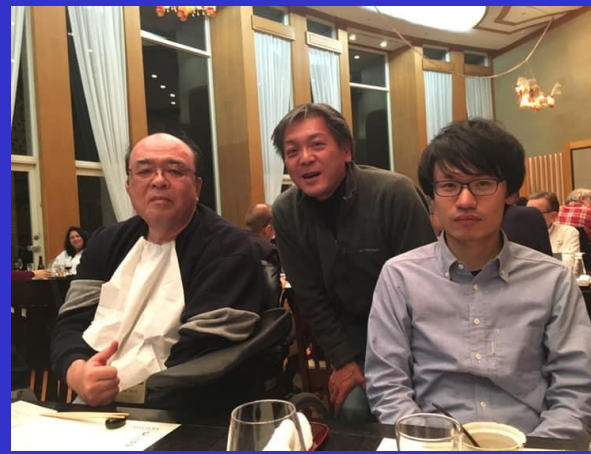
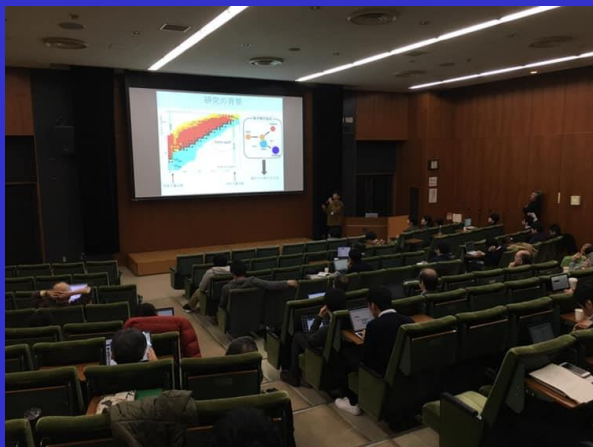
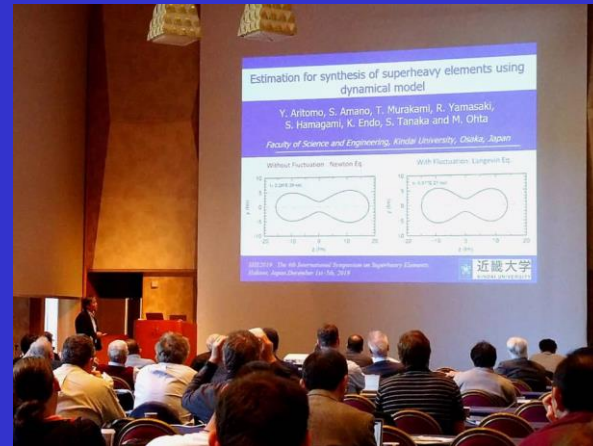
ニホニウム命名記念式典（平成29年3月14日、日本学士院）

皇太子殿下（当時）：「高校2年生の時の化学の夏休みの宿題は
元素の周期表を30枚以上手書きで書くというものでした。」

International Nuclear Physics Conference (INPC2007) が6月3日から8日にかけて東京国際フォーラムで開催された。主催は内閣府日本学術会議、社団法人日本物理学協会及

今回の会議の開会式には天皇・皇后両陛下が参列されてお言葉があった。内容は宮内庁のホームページ (<http://www.kunaicho.go.jp/okotoba/okotoba-h19-01.html>) から全文を見ることが出来るが、原子核物理が、その応用においてエネルギーの創出や医学利用により人類社会に貢献していることや、湯川博士のノーベル賞受賞が戦後自信を失っていた日本人を勇気づけたこと、また、戦後理研のサイクロトロンが進駐軍の手によって東京湾に沈められたこと、広島、長崎の原爆によってほぼ20万人がその年の内に亡くなったなど、非常に踏み込んだ内容で、最後に『今後、このような悲劇が繰り返されることなく、この分野の研究成果が、世界の平和と人類の幸せに役立っていくことを、切に祈るものであります。原子核物理学と、それに関連する様々な分野の研究者が、国の内外から一堂に会するこの機会に、実り多い討議が行われ、研究者相互の理解が深まり、会議の成果が世界の人々の役立つものとなることを願い、開会式に寄せる言葉といたします』というお言葉で締めくくられた。陛下のお言葉は、日本人だけでなく、その場にいた満場の聴衆の深い感動を呼び（会場では、陛下は日本語で話されたが、英語字幕が同時に示された）、急遽英語訳が印刷されて参加者に配布されたほどであった。





超重元素合成

社会的意義

国家の科学水準

子供への夢と希望

ハヤブサ、Zagrebaev

科学的意義

既存の理論の検証と適用限界

未知の領域 新しい現象 → モデルの構築

→ 研究展開の速さ

新元素113番、日本の発見確実に 合成に3回成功 理研、命名権獲得へ前進

(→ 日本に由来する名前)



日本経済新聞

2012年9月27日

左から、理研理事長の野依良治博士、発見をした理研 仁科加速器研究センターの森田浩介 准主任研究員、同センター長の延與秀人 博士

理研、日本初の新元素発見認定 113番 命名権獲得



日本経済新聞

2015年12月31日

文部科学省は31日、原子番号113番の新元素を発見したのが理化学研究所だと国際的に認定され、元素の命名権を獲得したと明らかにした。新元素の発見は日本初で、アジアでも初めて。



「ニホニウム」になることがわかった。アジアで命名された元素が周期表に掲載されるのは初めて。

九州大学
森田浩介 教授

日本初の新元素
命名案「ニホニウム」

今回認定された新元素

理研で測定された113番元素の崩壊系列 (decay chain)

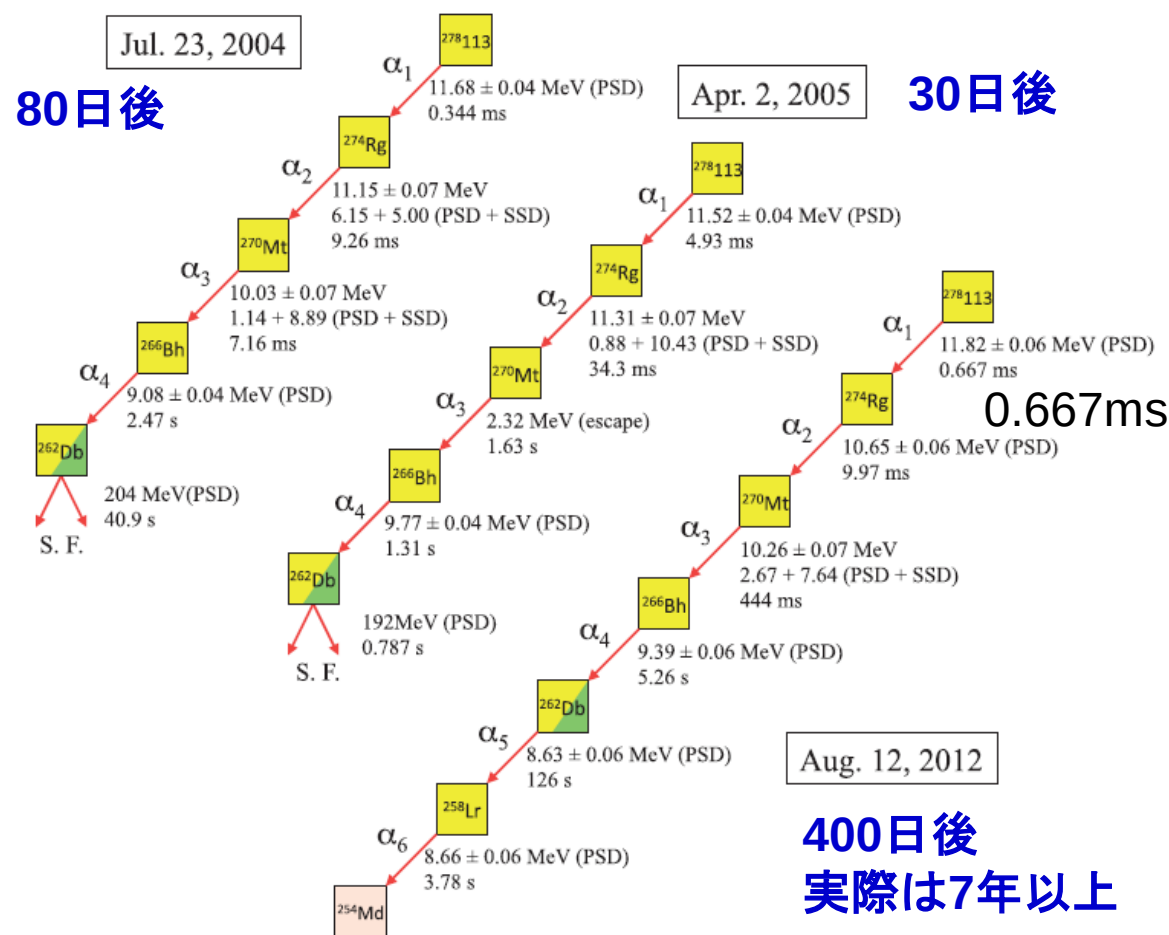


2003年9月実験開始

Zn ビーム 2.8×10^{12} 個/s

553日分

1.35×10^{20} 個 (1350京個)



262_{Db}

67% α 崩壊

33% 自発核分裂(SF)

6回 α 崩壊を起こした

キンダイニウムの可能性

命名ルール IUPAC 国際純正・応用化学連合が定める

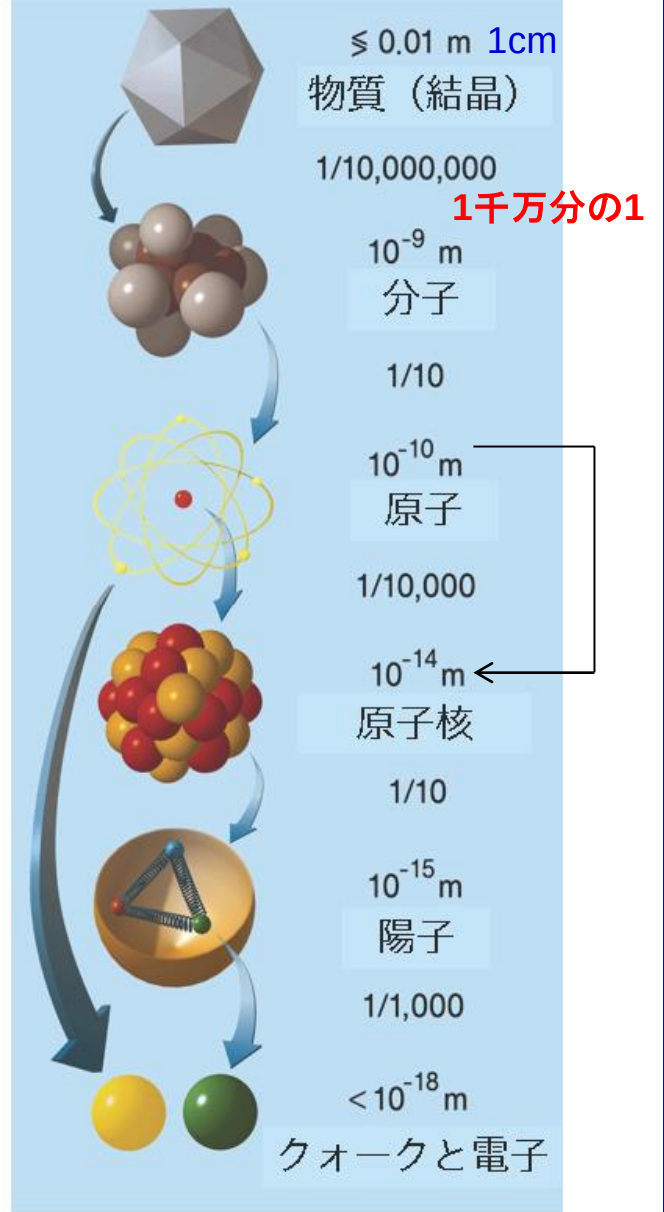
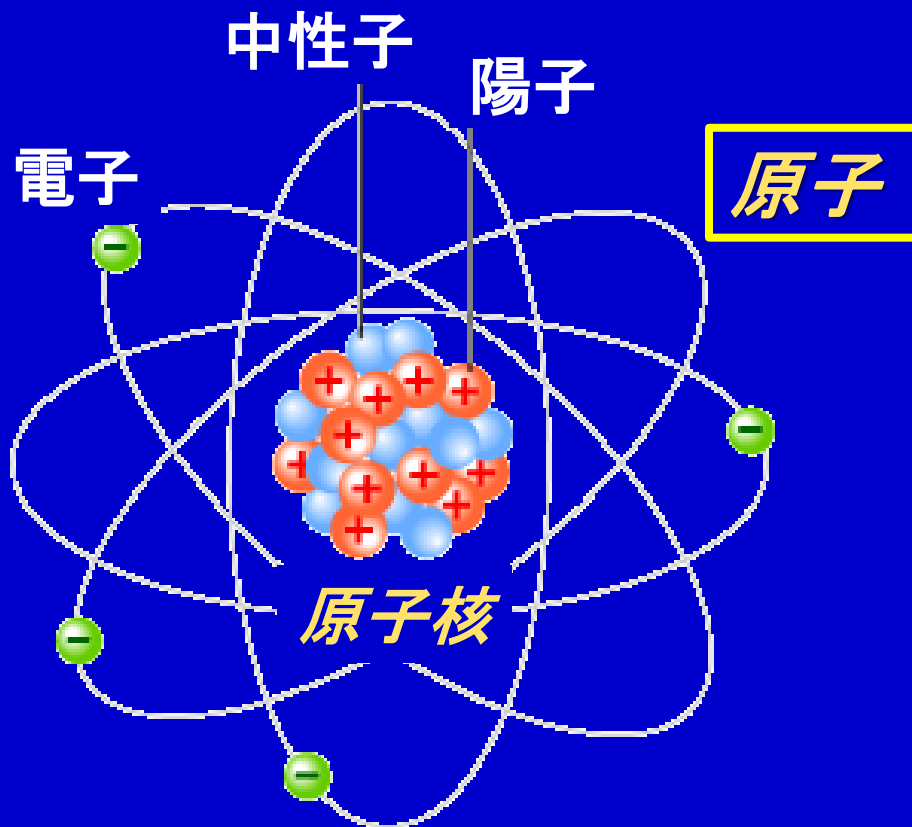
1. 神話の構想または人物(天体も含む)
2. 鉱物または類似物質
3. 場所または地理的領域
4. 元素の性質
5. 科学者

社名、組織名は不可

正式でなくとも一度付けられた名前は混乱を避けるため使う事は出来ない。
従って、かつて43番元素に対して一旦付けられた「ニッポニウム」は使えません。
末尾に「-ium」と付ける

原子核とは

世の中の物質は何からできているか



電子 マイナス電荷 (陽子の1/1840の重さ)

陽子 プラス電荷
中性子 電荷をもたない

原子番号 Z = 陽子数

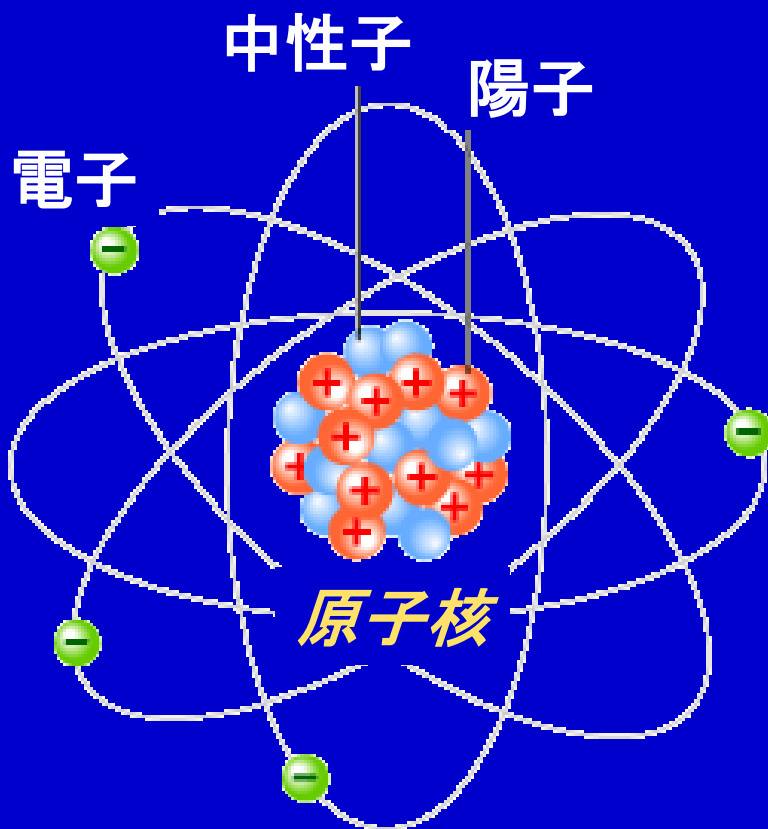
$Z=1$ 水素

$Z=2$ ヘリウム

$Z=6$ 炭素

**$Z=92$ ウラニウム
元素**

陽子数 + 中性子数 = 質量数
 $Z \quad N \quad A$

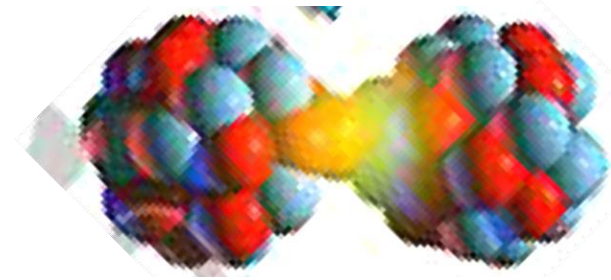
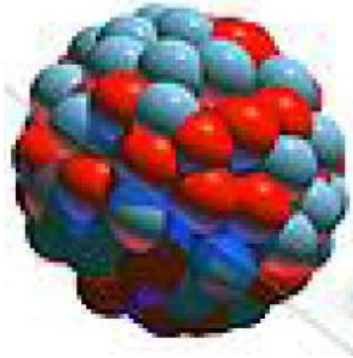


Key Words

原子核

有限量子多体系

自己束縛系



粒子が多体系をつくることによって

初めて現われる豊富で多様な物理現象の解明

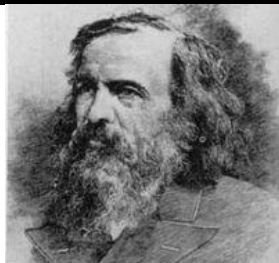
Periodic Table

1																		18				
1	Hydrogen 1 H	2																	16	17	Helium 2 He	
2	Lithium 3 Li	Beryllium 4 Be																	Oxygen 8 O	Fluorine 9 F	Neon 10 Ne	
3	Sodium 11 Na	Magnesium 12 Mg	3	4	5	6	7	8	9											Sulfur 16 S	Chlorine 17 Cl	Argon 18 Ar
4	Potassium 19 K	Calcium 20 Ca	Scandium 21 Sc	Titanium 22 Ti	Vanadium 23 V	Chromium 24 Cr	Manganese 25 Mn	Iron 26 Fe	Cobalt 27 Co	Nickel 28 Ni	Copper 29 Cu	Zinc 30 Zn	Selenium 34 Se	Bromine 35 Br	Krypton 36 Kr							
5	Rubidium 37 Rb	Strontium 38 Sr	Yttrium 39 Y	Zirconium 40 Zr	Niobium 41 Nb	Molybdenum 42 Mo	Technetium 43 Tc	Ruthenium 44 Ru	Rhodium 45 Rh	Palladium 46 Pd	Silver 47 Ag	Cadmium 48 Cd	Tellurium 52 Te	Iodine 53 I	Xenon 54 Xe							
6	Cesium 55 Cs	Barium 56 Ba	Lanthanum* 57 La*	Hafnium 72 Hf	Tantalum 73 Ta	Tungsten 74 W	Rhenium 75 Re	Osmium 76 Os	Iridium 77 Ir	Platinum 78 Pt	Gold 79 Au	Mercury 80 Hg	Polonium 84 Po	Astatine 85 At	Radon 86 Rn							
7	Francium 87 Fr	Radium 88 Ra	Actinium** 89 Ac**	Rutherfordium 104 Rf	Dubnium 105 Db	Seaborgium 106 Sg	Bohrium 107 Bh	Hassium 108 Hs	Mtnerium 109 Mt	Darmstadtium 110 Ds	Roentgenium 111 Rg	Copernicium 112 Cn	113	114	115	116	117	118				



タカ
おフジ





タカ
おフジ



Менделеев(1834-1907)
1869

May 2012 IUPAC

Jun 2016 IUPAC

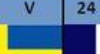
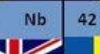
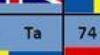
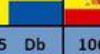
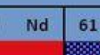
Nh Fl Mc Lv Ts Og

flerovium livermorium
Ю.Ц.Оганесян Yu.Ts. Oganessian

La*	Lanthanides	Lanthanum 57 La	Cerium 58 Ce	Praseodymium 59 Pr	Neodymium 60 Nd	Promethium 61 Pm	Samarium 62 Sm	Europium 63 Eu	Gadolinium 64 Gd	Terbium 65 Tb	Dysprosium 66 Dy	Holmium 67 Ho	Erbium 68 Er	Thulium 69 Tm	Ytterbium 70 Yb	Lutetium 71 Lu
Ac**	Actinides	Actinium 89 Ac	Thorium 90 Th	Protactinium 91 Pa	Uranium 92 U	Neptunium 93 Np	Plutonium 94 Pu	Americium 95 Am	Curium 96 Cm	Berkelium 97 Bk	Californium 98 Cf	Einsteinium 99 Es	Fermium 100 Fm	Mendelevium 101 Md	Nobelium 102 No	Lawrencium 103 Lr

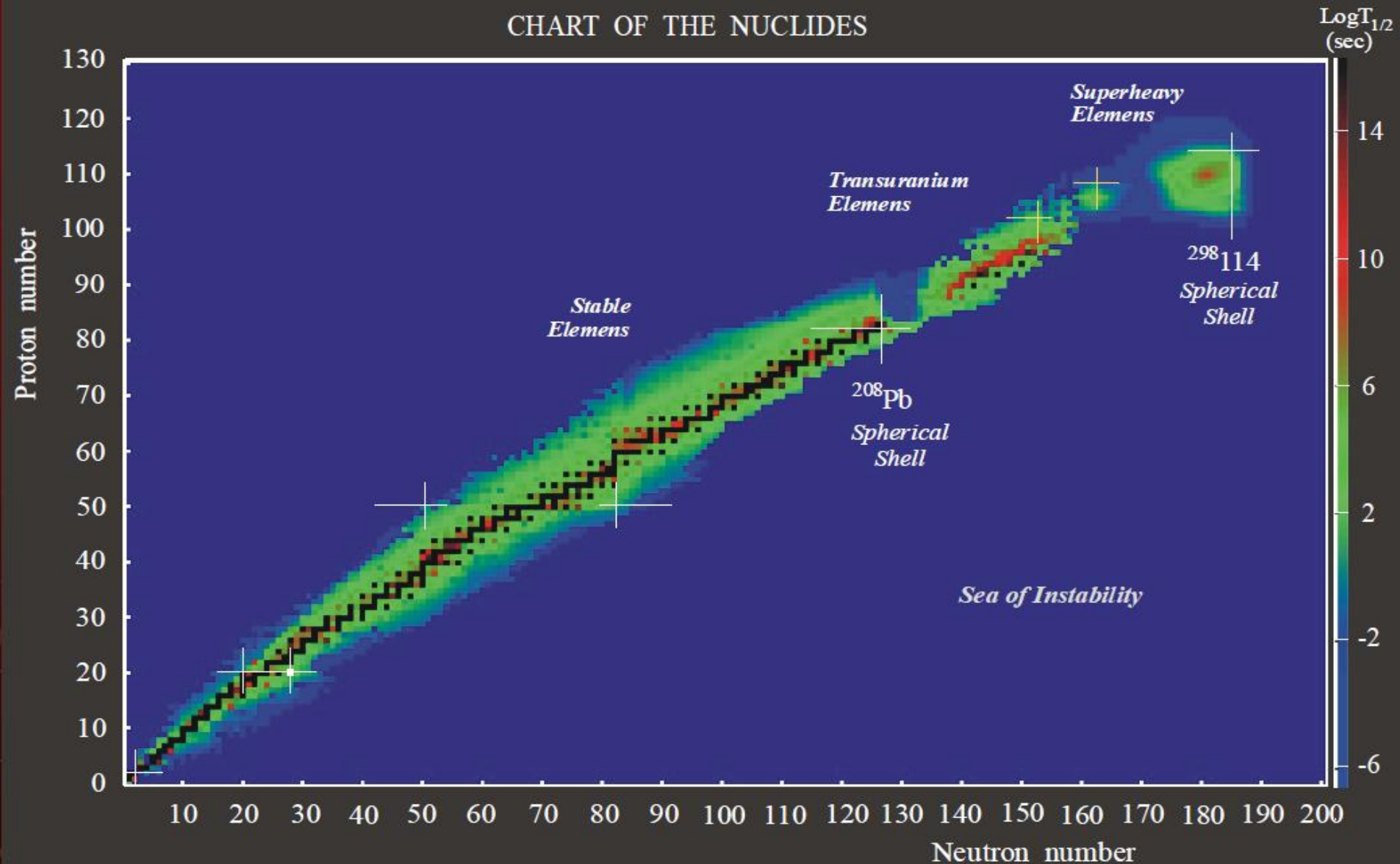
Super Heavy Elements → less stable

Elements & Country of Discovery

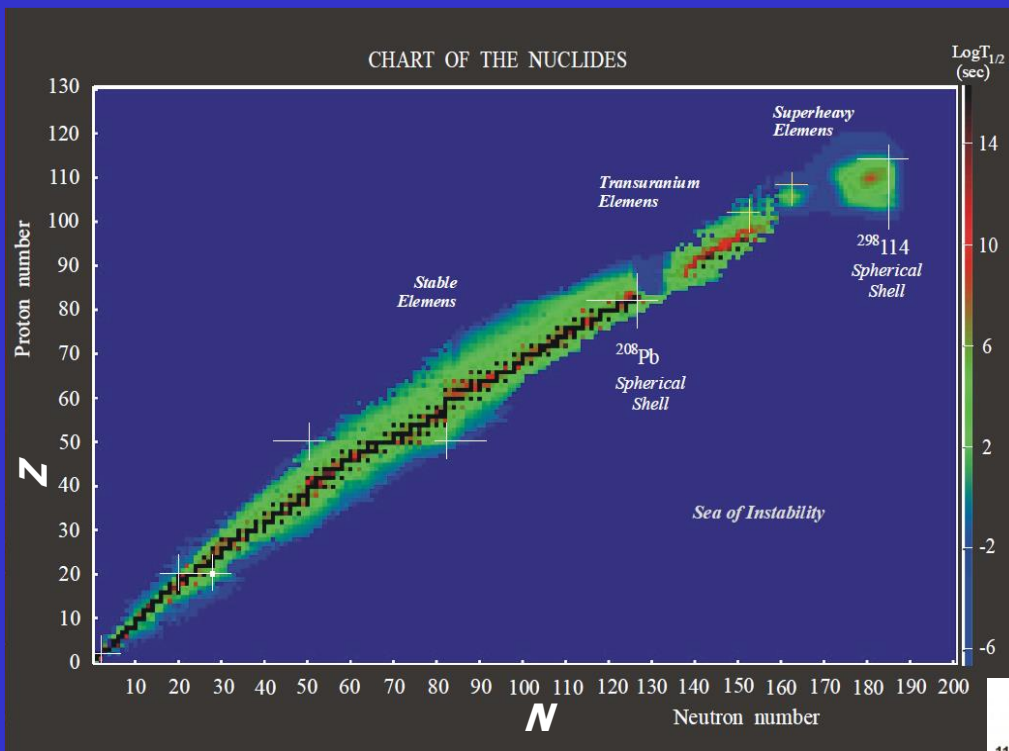
1 H 	 UK 23  Sweden 19  Germany 19  U.S.A. 17  France 17  Russia 6  Austria 2						2 He 										
3 Li 	4 Be 	 Denmark 2  Spain 2  Swit. 2  Finland 1  Italy 1  Romania 1						5 B 	6 C Known to ancients	7 N 	8 O 	9 F 	10 Ne 				
11 Na 	12 Mg 							13 Al 	14 Si 	15 P 	16 S Known to ancients	17 Cl 	18 Ar 				
19 K 	20 Ca 	21 Sc 	22 Ti 	23 V 	24 Cr 	25 Mn 	26 Fe Known to ancients	27 Co 	28 Ni 	29 Cu Known to ancients	30 Zn Known to ancients	31 Ga 	32 Ge 	33 As Known to ancients	34 Se 	35 Br 	36 Kr 
37 Rb 	38 Sr 	39 Y 	40 Zr 	41 Nb 	42 Mo 	43 Tc 	44 Ru 	45 Rh 	46 Pd 	47 Ag Known to ancients	48 Cd 	49 In 	50 Sn Known to ancients	51 Sb Known to ancients	52 Te 	53 I 	54 Xe 
55 Cs 	56 Ba 	57 La 	72 Hf 	73 Ta 	74 W 	75 Re 	76 Os 	77 Ir 	78 Pt 	79 Au Known to ancients	80 Hg Known to ancients	81 Tl 	82 Pb Known to ancients	83 Bi Known to ancients	84 Po 	85 At 	86 Rn 
87 Fr 	88 Ra 	89 Ac 	104 Rf 	105 Db 	106 Sg 	107 Bh 	108 Hs 	109 Mt 	110 Ds 	111 Rg 	112 Cn 	113 Uut 	114 Fl 	115 Uup 	116 Lv 	117 Uus 	118 Uuo 
58 Ce 	59 Pr 	60 Nd 	61 Pm 	62 Sm 	63 Eu 	64 Gd 	65 Tb 	66 Dy 	67 Ho 	68 Er 	69 Tm 	70 Yb 	71 Lu 				
90 Th 	91 Pa 	92 U 	93 Np 	94 Pu 	95 Am 	96 Cm 	97 Bk 	98 Cf 	99 Es 	100 Fm 	101 Md 	102 No 	103 Lr 				

Credit given to both where joint or independently discovered. IUPAC recognised only. Collated by Jamie Gallagher, @jamiebgall

1. Introduction Nuclear Chart and Stability of Nuclei



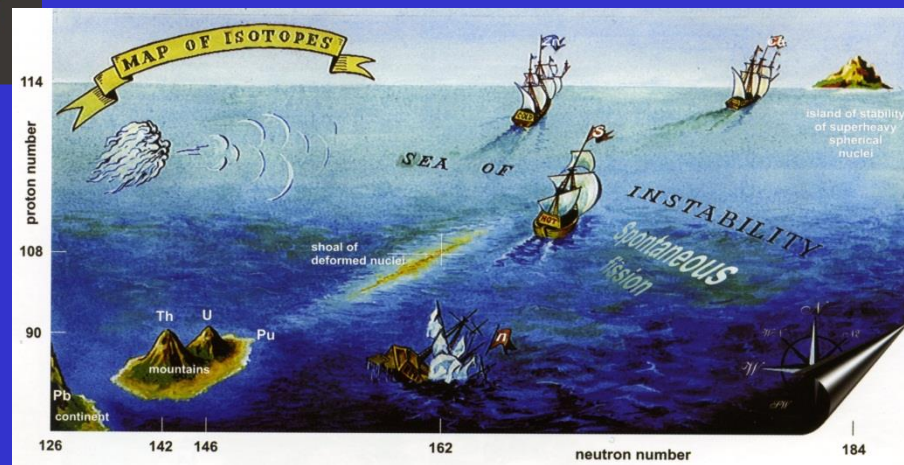
新元素発見に向けての航海 with Nuclear Chart



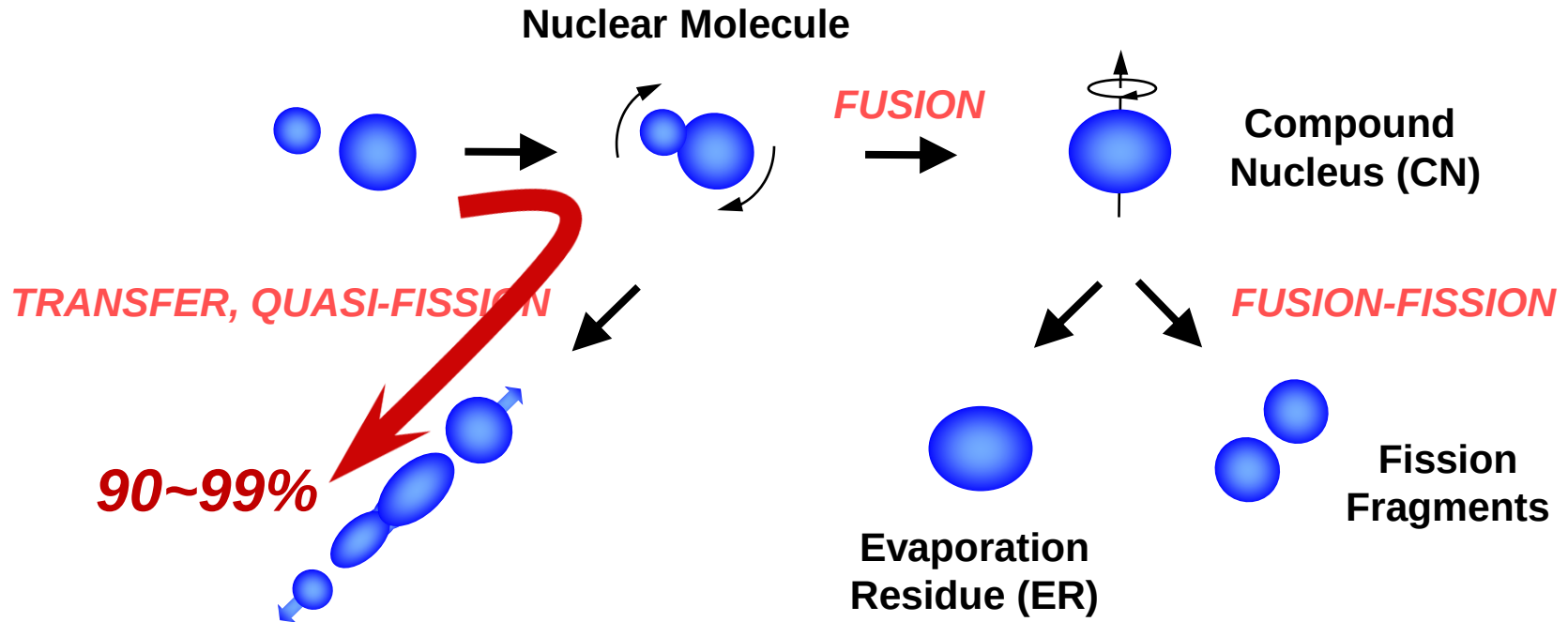
核図表
原子核の安定性

我々の興味

- ・「安定な島」の検証
(1960年代に理論計算により予測)
- ・新元素合成
人類が滅びるまでその元素名
が使われる



Fusion process in Superheavy mass region

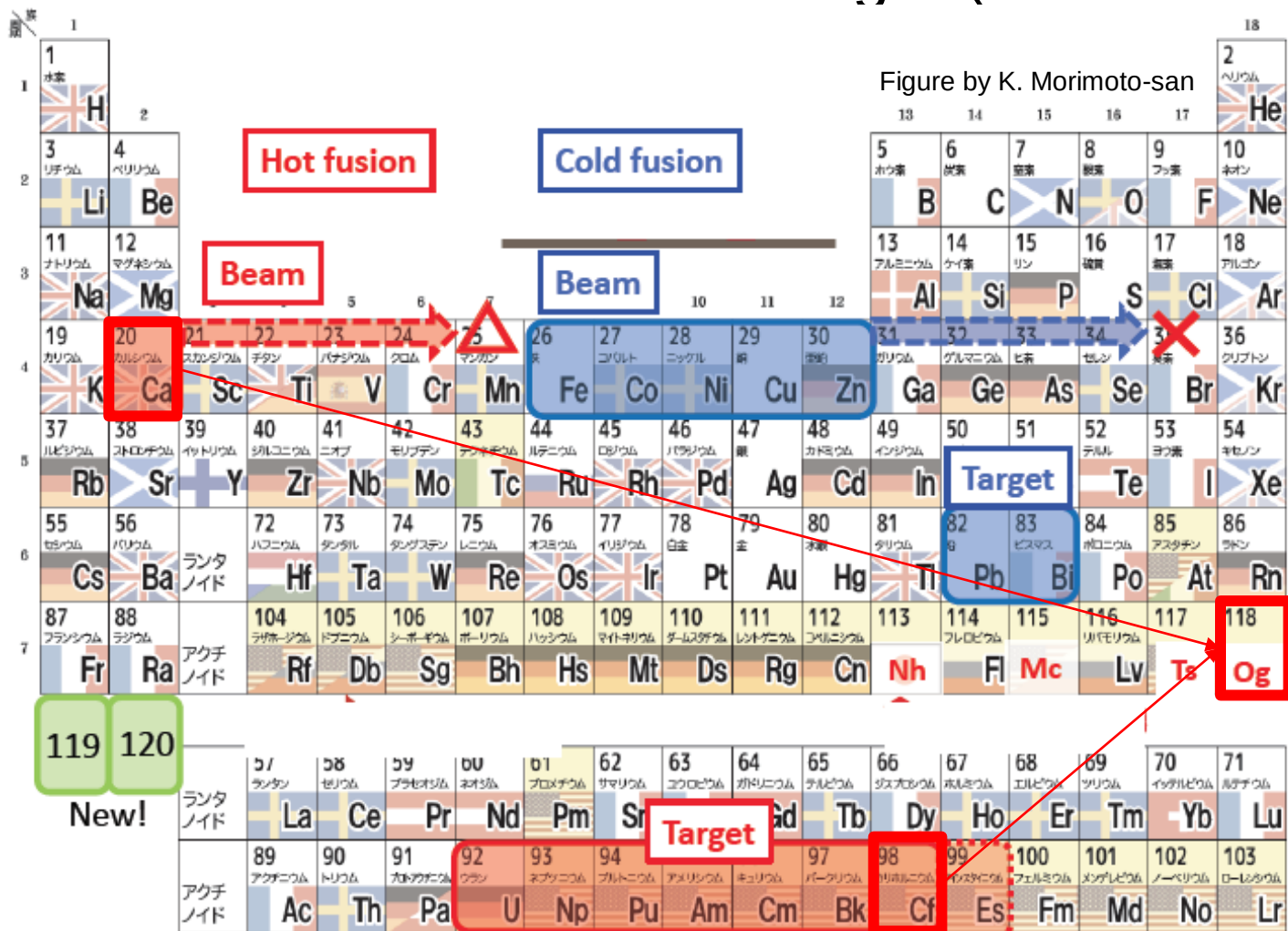


Hot fusion adopted

Production rate:

$$\sigma N_{\text{target}} I_{\text{beam}} \varepsilon t$$

- Combination of beam and target ($^{48}\text{Ca} + ^{249}\text{Cf}$ for E118)



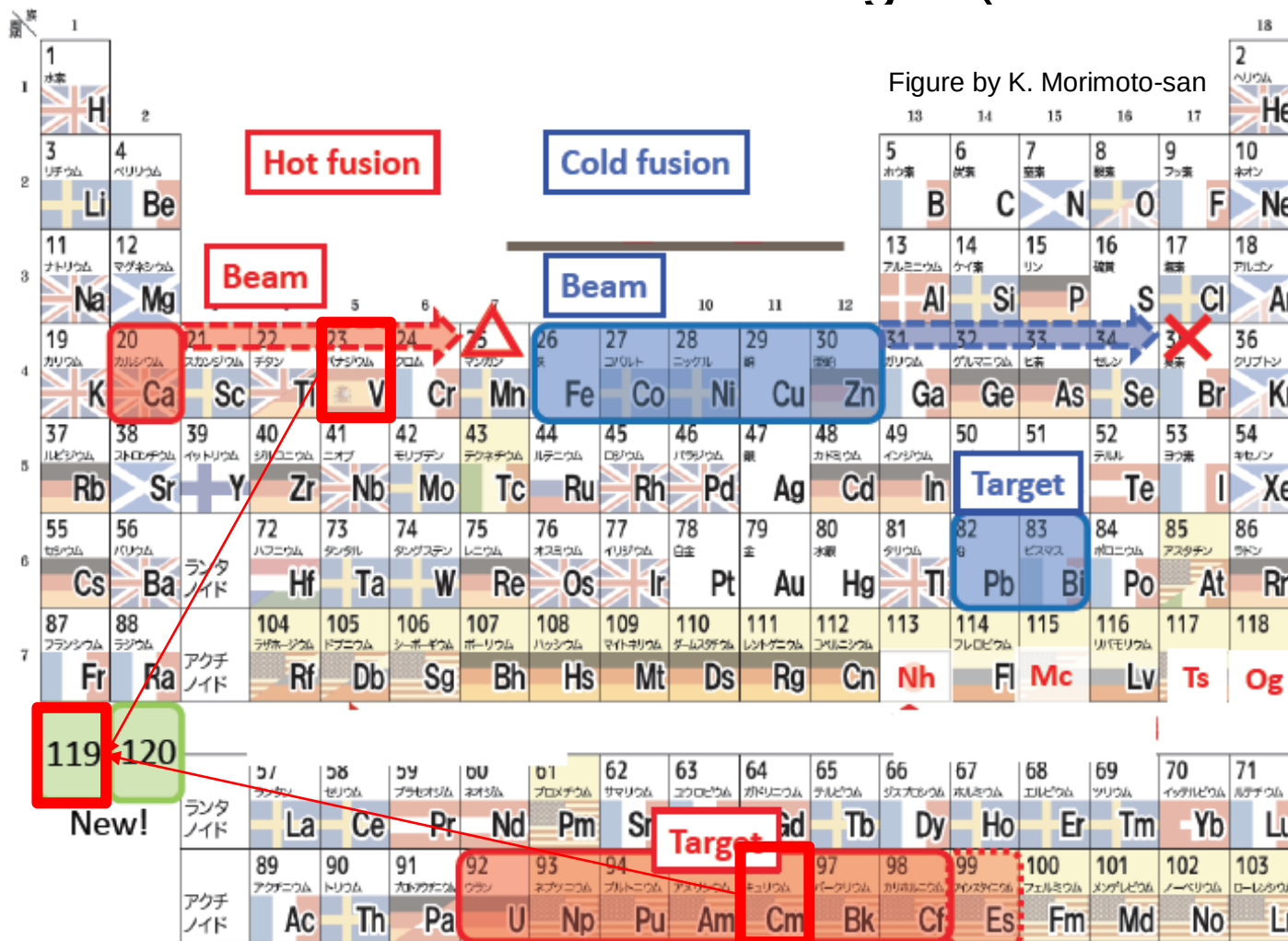
~10 mg ~μg (rotating target X)

Hot fusion adopted

Production rate:

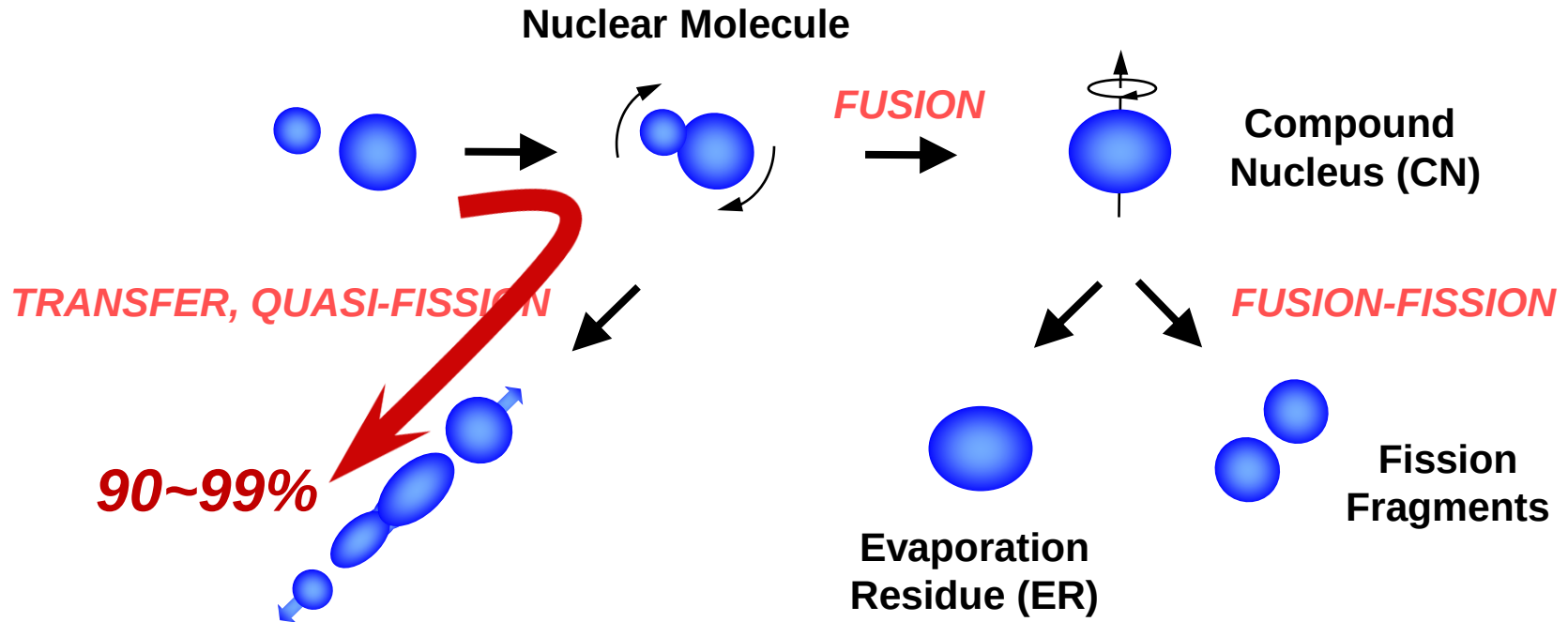
$$\sigma N_{\text{target}} I_{\text{beam}} \varepsilon t$$

- Combination of beam and target ($^{51}\text{V} + ^{248}\text{Cm}$ for E119)



~10 mg ~μg (rotating target X)

Fusion process in Superheavy mass region

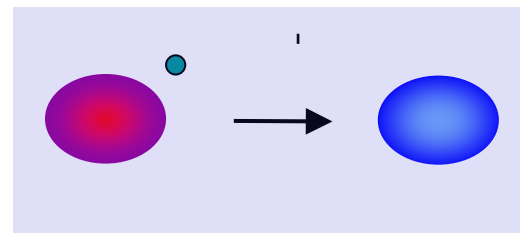
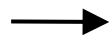
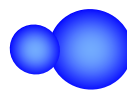
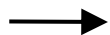
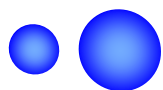


„Cold“ and „Hot“ Fusion Reactions

Cold Fusion → doubly magic target nuclei: Pb, Bi;

$E^*(CN) = 10 - 20$ MeV; evaporation of 1 – 2 neutrons;
up to now successful for $Z \leq 113$

Oganessian(1975)
(そう単純ではない)

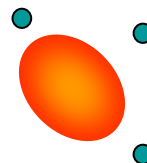
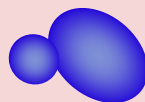
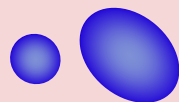


reaction Q-value large

生き残り確率

Hot Fusion → actinide targets (U, Cm, ...) and ^{48}Ca projectiles;

$E^*(CN) = 30 - 40$ MeV; evaporation of 3 – 4 neutrons;
up to now successful for $Z \leq 118$



融合確率

reaction Q-value small

Synthesis of New Elements

Reports of new elements

Cold fusion reaction Hot fusion reaction

1994



1996



1999



2000



2002



2003



2004

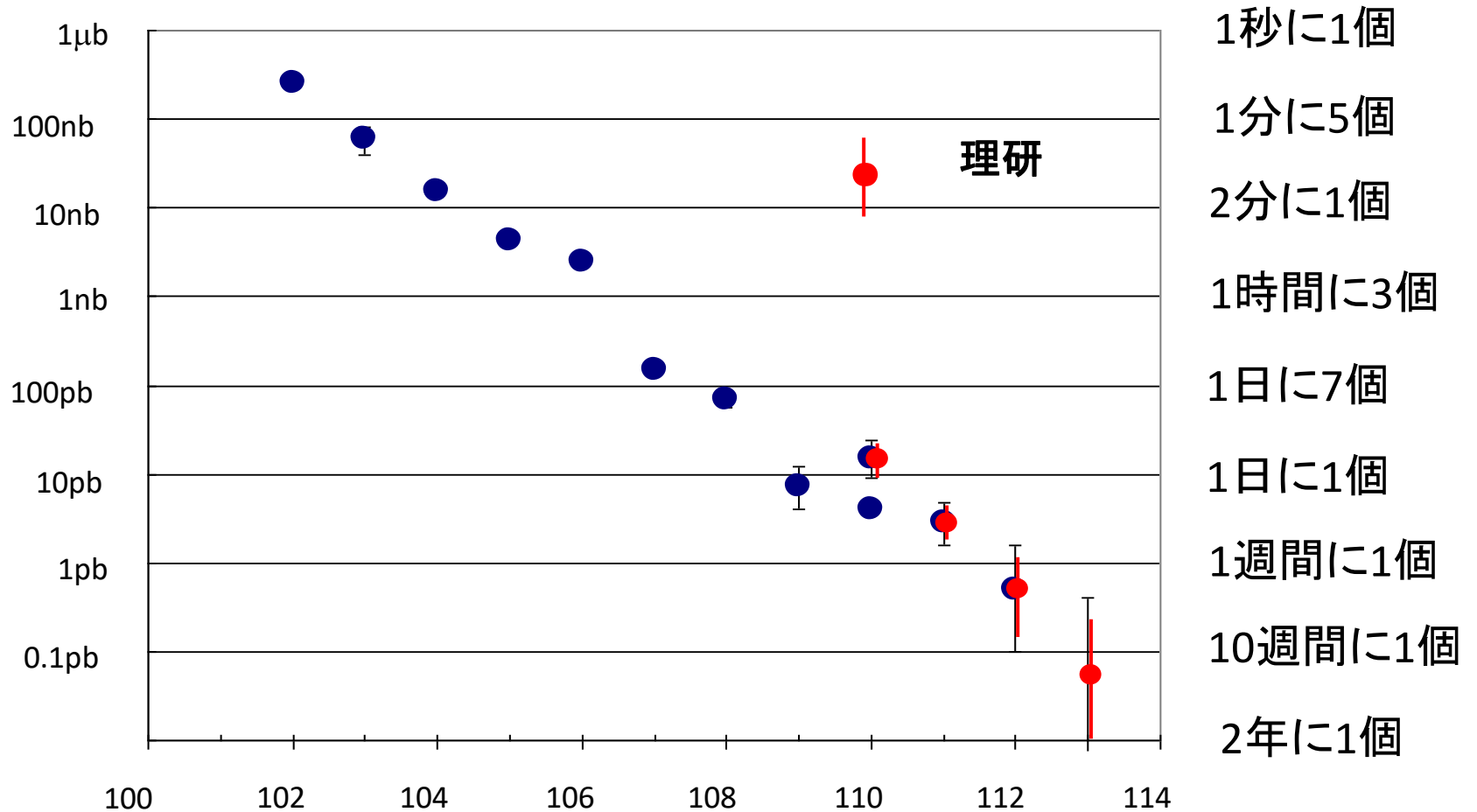


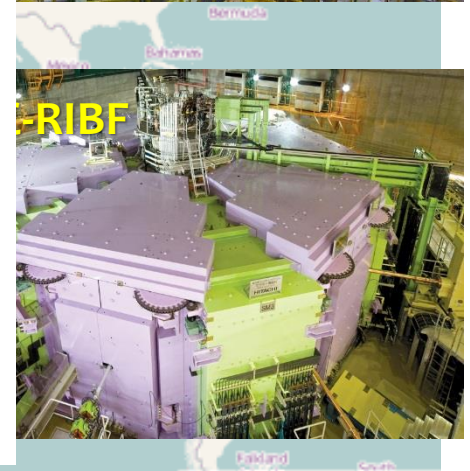
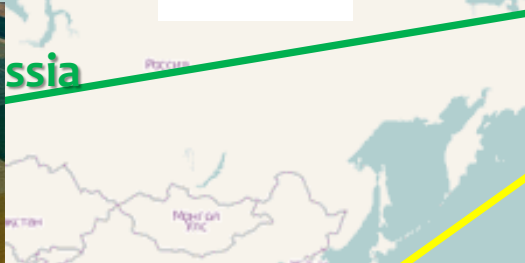
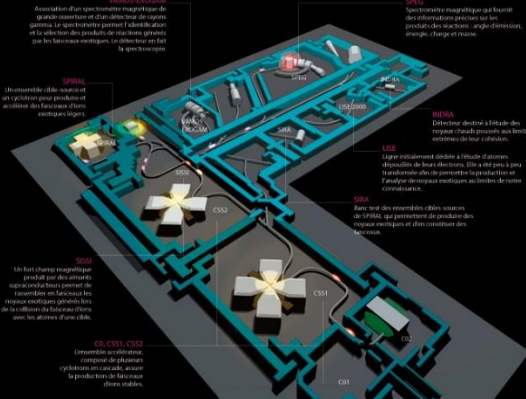
2010



合成のしやすさ(し難さ)

^{208}Pb , ^{209}Bi 標的 + 重イオン 反応



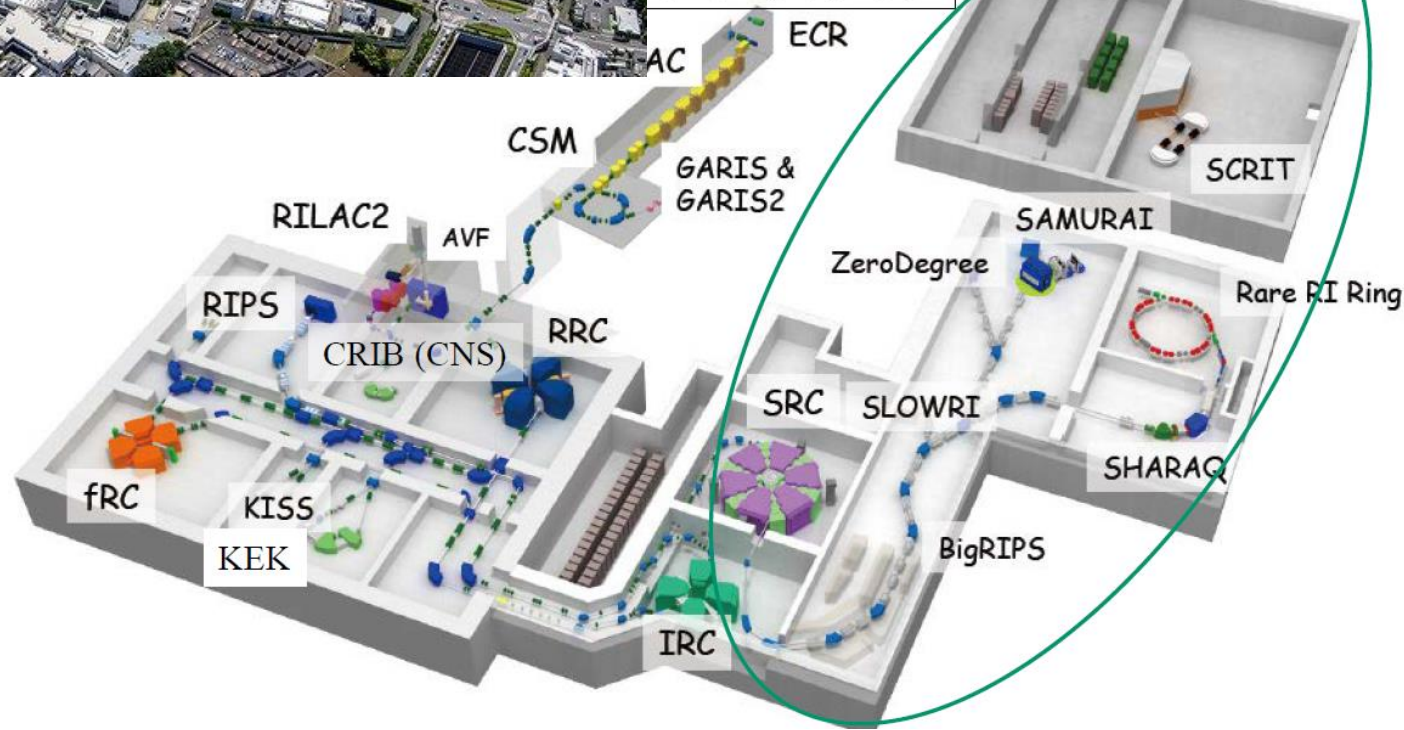


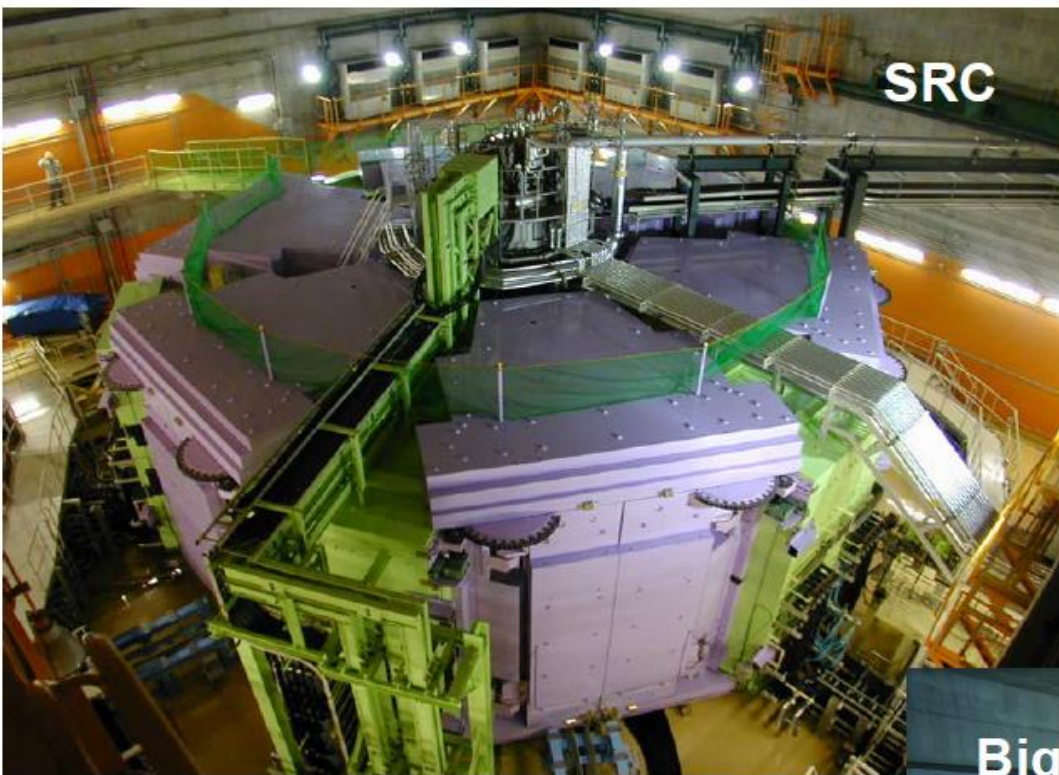


イオン加速器施設

を

大量生産する。





SRC

世界初、史上最強
K2600MeV (8,300tons)
超伝導リングサイクロロン

(SRC)

水素からウランまでの元素を
核子当たり350MeV/uまで加速
ウランを目標エネルギーまで
加速に成功 2006年12月



BigRIPS

世界最大口径

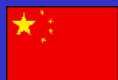
9 Tm (77 m)

超伝導RIビーム収集分離装置
(BigRIPS)

核分裂片の約50%を収集
世界最高のRIビーム分解能
を達成 2007年5月

Experimental setup for synthesis of SHE

Lab	Country	City	Accelerator	Separator
FLNR	Russia 	Dubna	U400 U400M	DGFRS VASSILISSA
GSI	Germany 	Darmstadt	UNILAC	SHIP TASCA
RIKEN	Japan 	Wako	RILAC	GALIS
LBNL	USA 	Berkeley	88-inch Cyclotron	BGS
GANIL	France 	Caen	<i>SPIRAL2's LINAC accelerator</i>	<i>S3 (Super Separator Spectrometer)</i>



FLNR (Russia)



**G.N. Flerov
(1913 -1990)**



**Yu.Ts. Oganessian
(1933-)**

GSI (Germany)



Scanned at the American
Institute of Physics

**P. Armbruster G. Muenzenberg
(1931-) (1940-)**



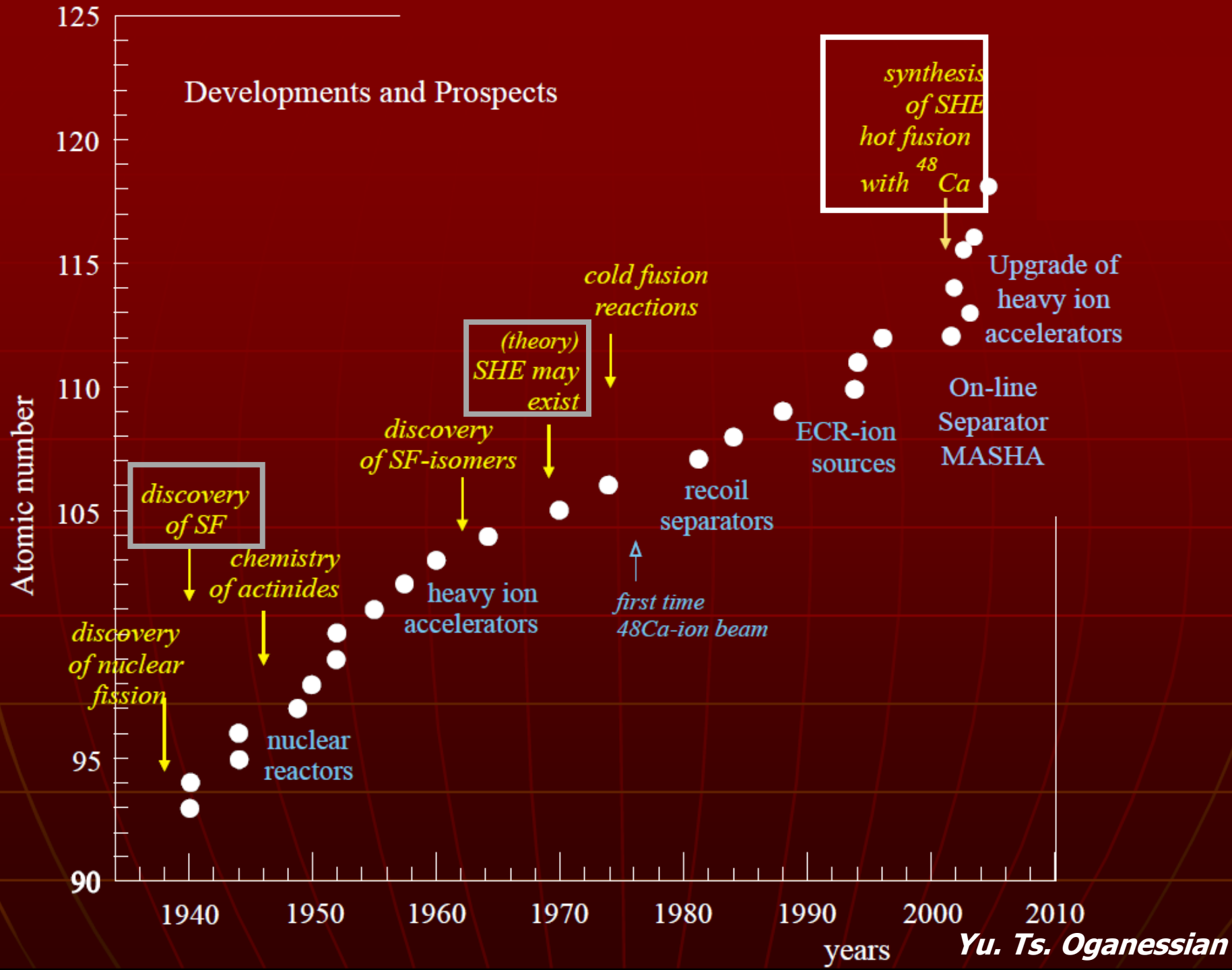
**S. Hofmann
(1943-)**

RIKEN (Japan)



**K. Morita
(1957-)**

Developments and Prospects





FLNR
(Flerov Laboratory of Nuclear Reactions)

JINR
(Joint Institute for Nuclear Research)

Dubna, Russia





Research Laboratories and University Centre

VBLHEP



Veksler and Baldin
Laboratory of High
Energy Physics

Director: [V.D. Kekelidze](#)

DLNP



Dzhelepov Laboratory of
Nuclear Problems

Director: [A.G. Olshevski](#)

BLTP



Bogoliubov Laboratory
of Theoretical Physics

Director: [V.V. Voronov](#)

FLNP



Frank Laboratory of
Neutron Physics

Director: [A.V. Belushkin](#)

FLNR



Flerov Laboratory of
Nuclear Reactions

Director: [S.N. Dmitriev](#)

LIT



Laboratory of
Information
Technologies

Director: [V.V. Ivanov](#)

LRB



Laboratory of Radiation
Biology

Director: [E.A. Krasavin](#)

UC



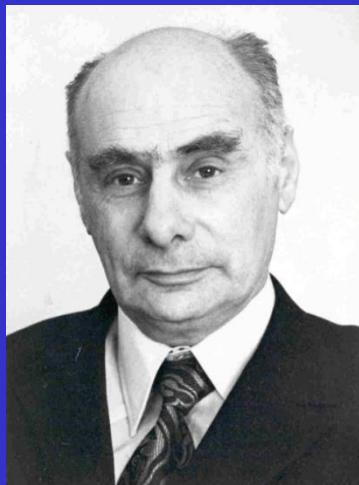
University Centre



アルメニア
アゼルバイジャン
ベラルーシー
ブルガリア
キューバ
チェコ
グルジア
カザフスタン
朝鮮民主主義人民共和国
モルドバ
モンゴル
ポーランド
ルーマニア
ロシア
スロバキア
ウクライナ
ウズベキスタン
ベトナム

“On the way to Super-elements”

1986 Mir publishers Moscow



G.N. Flerov (1913 -1990)



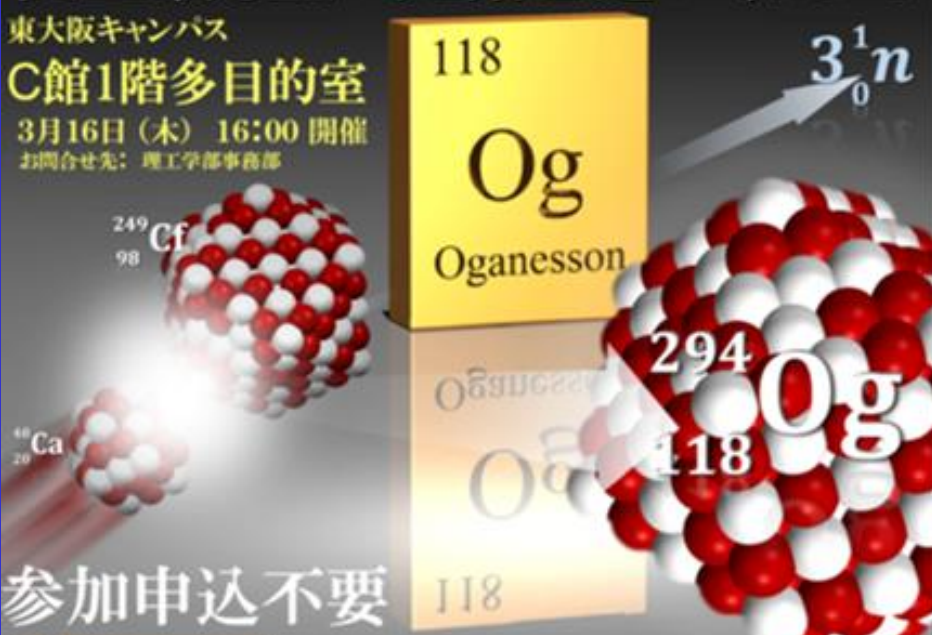
Yu. Ts. Oganessian (1933 -)




近畿大学
 KINDAI UNIVERSITY

近畿大学
理工学部

史上最も重い元素を追い求めて
 東大阪キャンパス
C館1階多目的室
 3月16日(木) 16:00 開催
 お問い合わせ先: 理工学部事務部



参加申込不要

新元素の探索
 Voyage to Superheavy Island

講師: オーガネシアン教授
 ロシア フレゾフ原子核反応研究所 セイエンティフィックリーダー
 ロシア科学アカデミー 会員
 Professor Yu. Ts. Oganessian
 Scientific Leader of the Flerov Laboratory of Nuclear Reactions
 Academician of the Russian Academy of Science







2018

ロシアについて

1. 情報が錯綜

2. 教育システム

3. 研究所の様子

自由な研究生活

4. サイエンスに対する考え方

Oganessian の研究室での話

5. 生活するためには



1. 情報が錯綜
2. 教育システム
3. 研究所の様子 自由な研究生活
4. サイエンスに対する考え方 Oganessian の研究室での話
5. 生活するためには

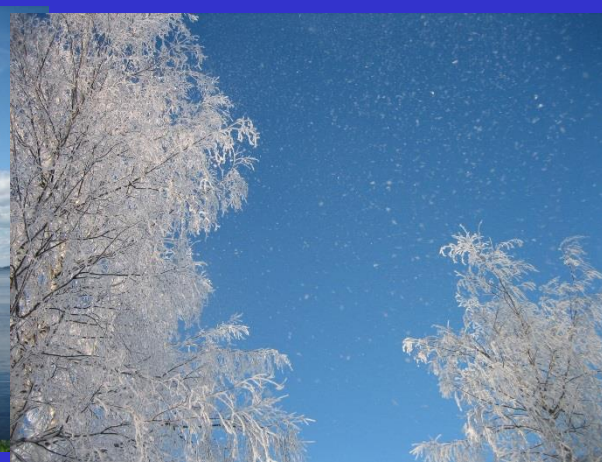
2012/06/10

2000年ころ Dubna



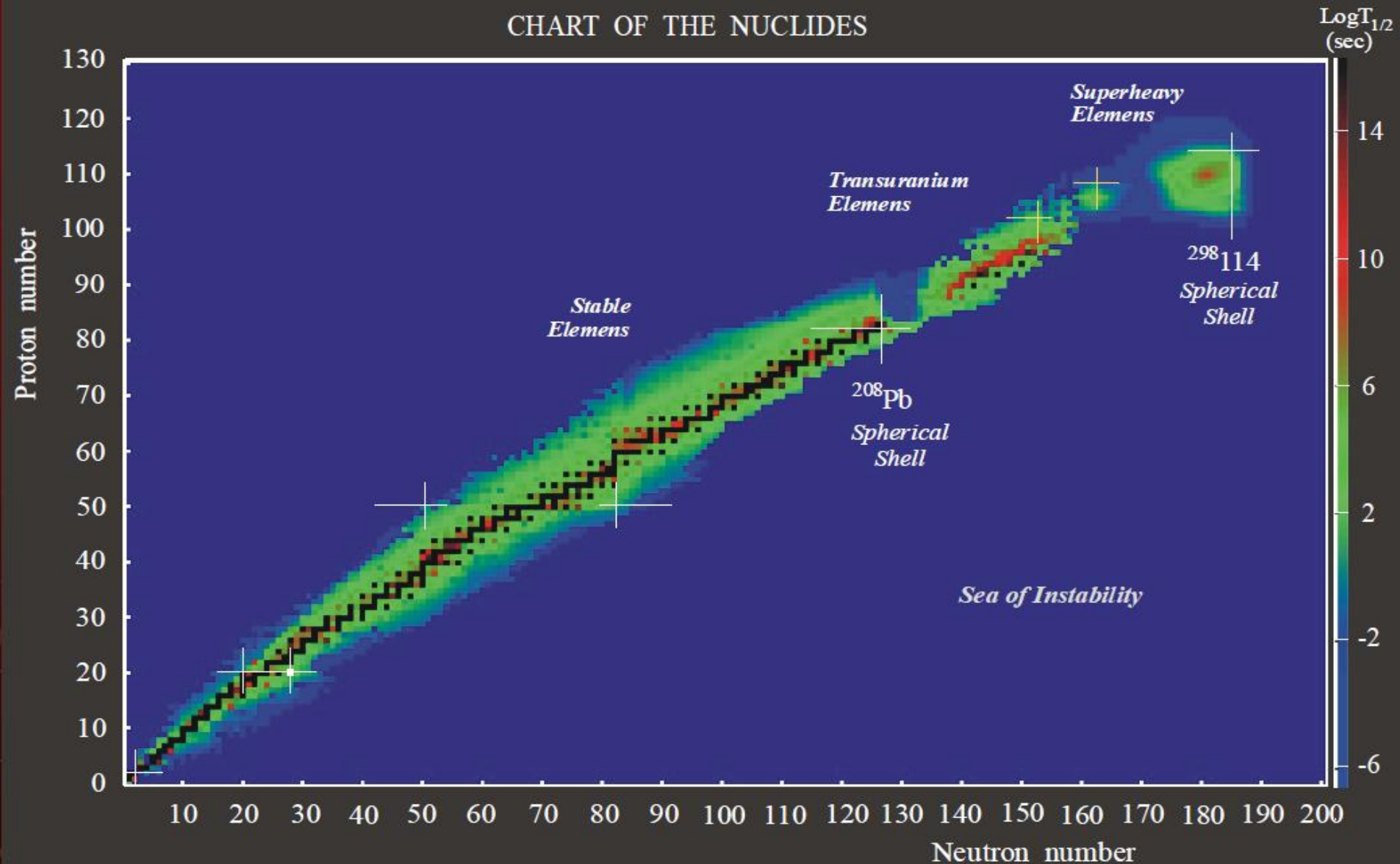
1. 情報が錯綜
2. 教育システム
3. 研究所の様子 自由な研究生活
4. サイエンスに対する考え方 Oganessian の研究室での話
5. 生活するためには

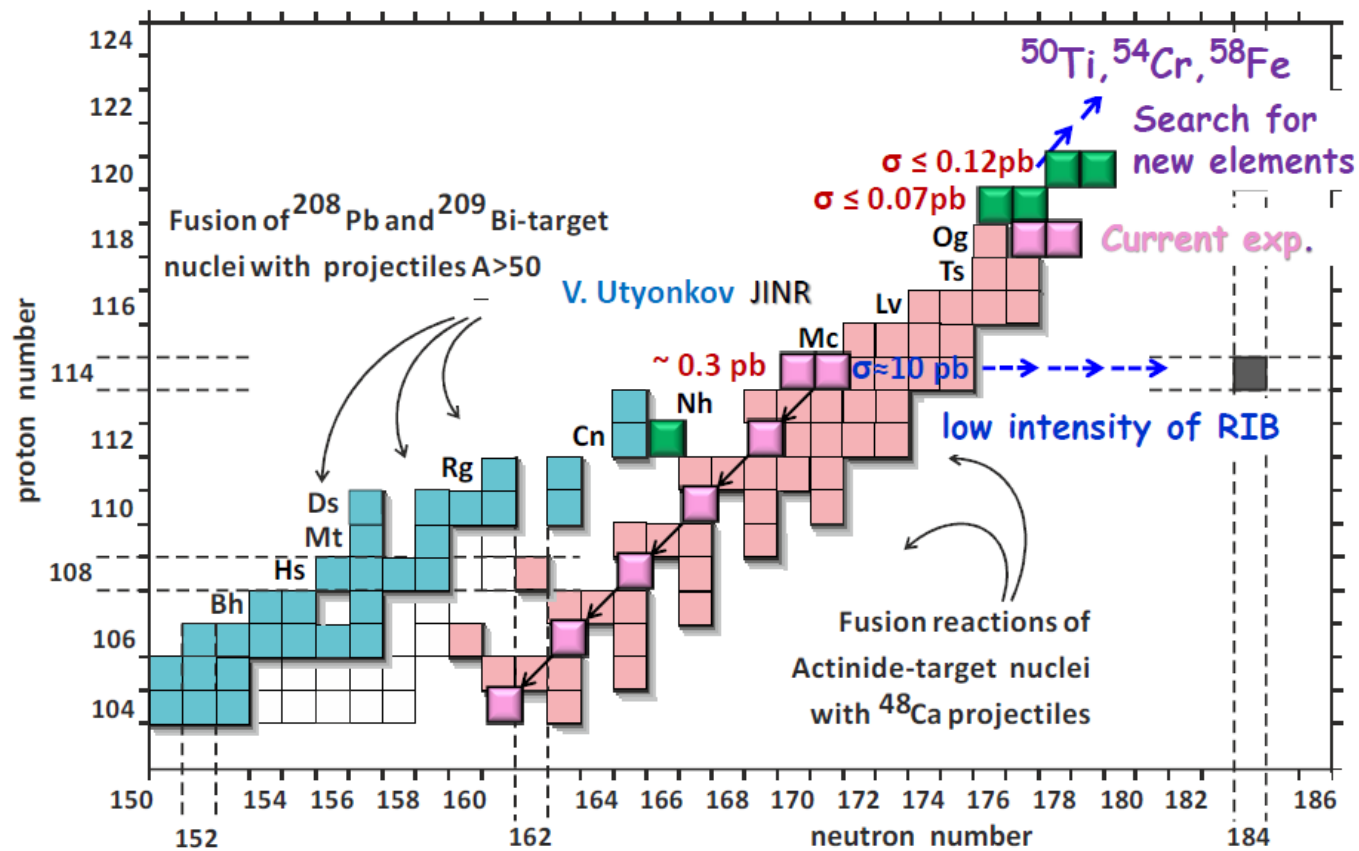




1. 情報が錯綜
2. 教育システム
3. 研究所の様子 自由な研究生活
4. サイエンスに対する考え方 Oganessian の研究室での話
5. 生活するためには

1. Introduction Nuclear Chart and Stability of Nuclei





Yuri Oganessian SHE-2017, Sept. 10-14, 2017, Kazimierz Dolny, Poland

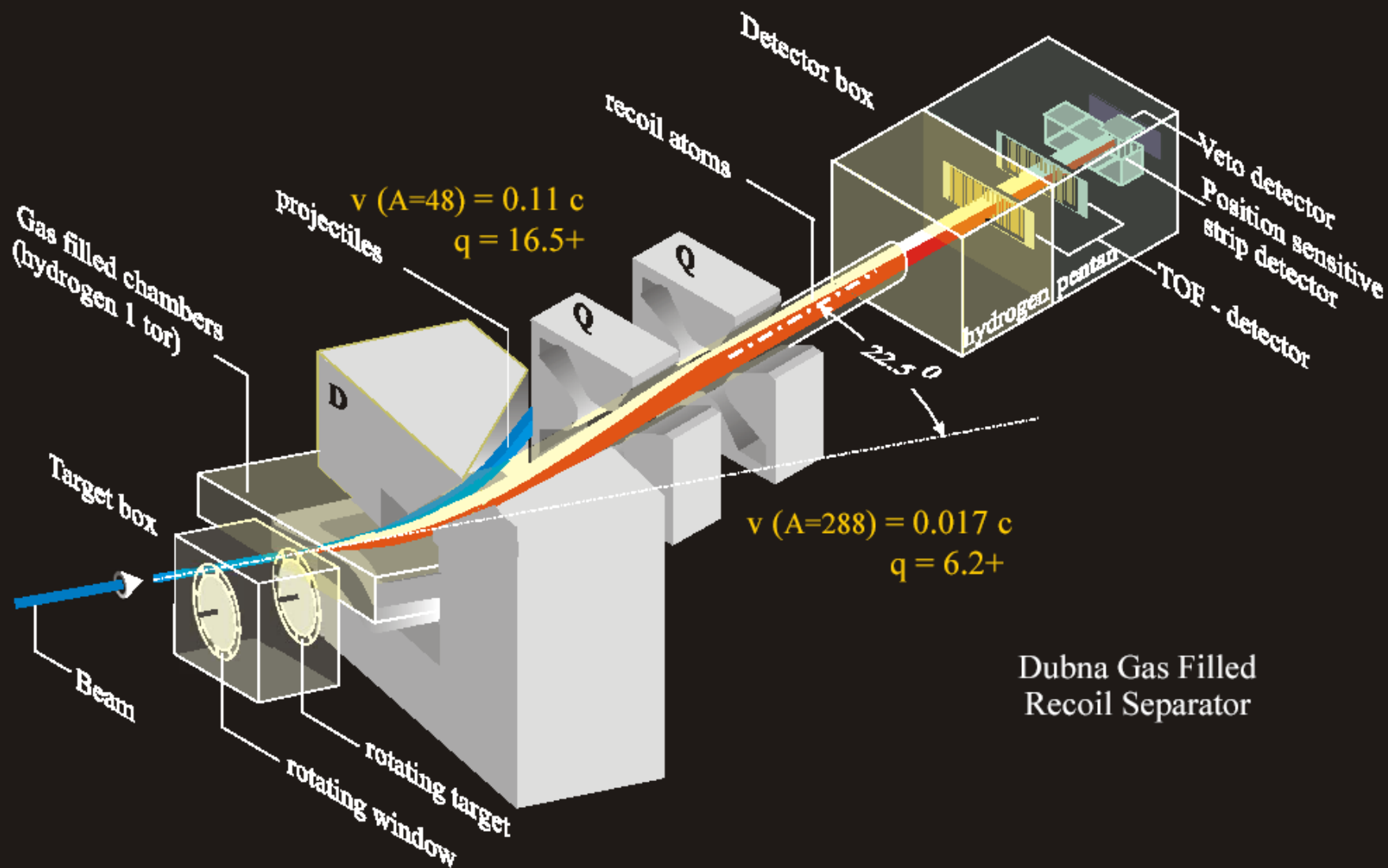
Oganessian



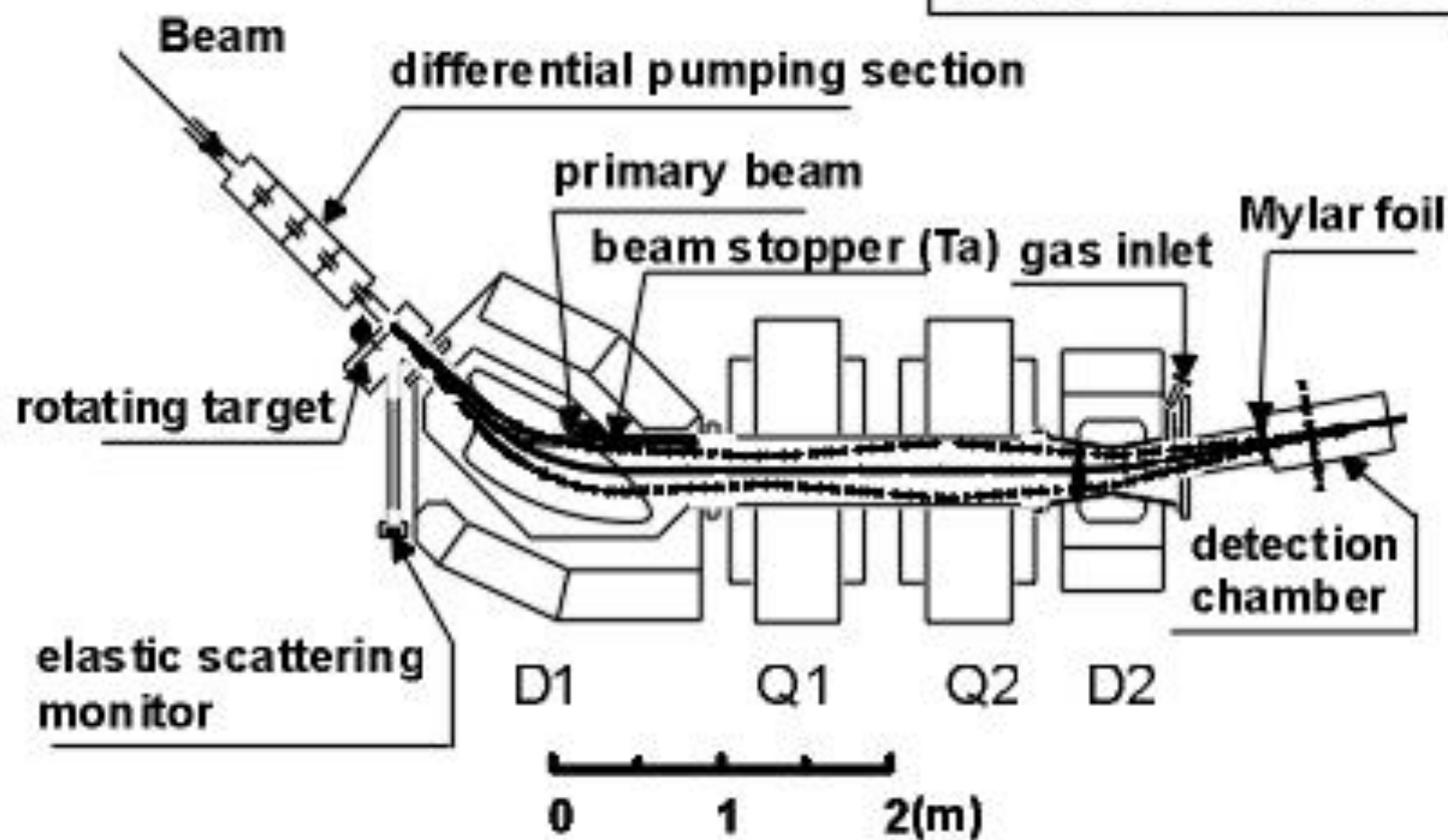
2014. 6. 1 東京



2009. 1 Dubna

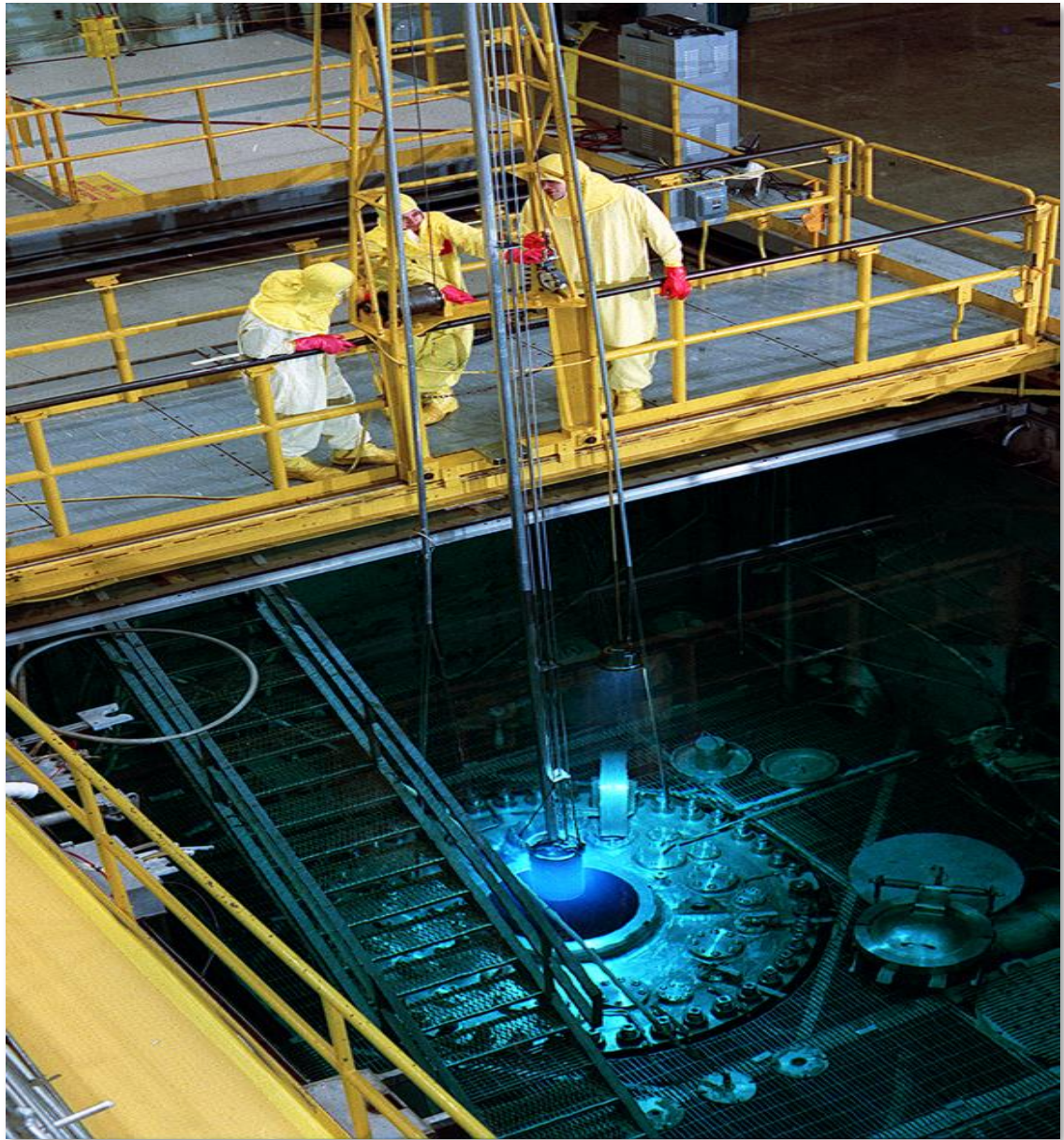


RIKEN GARIS



Production of Berkelium in Oak-Ridge

The Bk-249 was produced at ORNL (USA) by irradiation: of Cm and Am targets for approximately 250 days by thermal-neutron flux of 2.5×10^{15} neutrons/cm²·s in the HFIR (High Flux Isotope Reactor).





The purified product contained 22.2 mg of Bk-249, approximately 1.7 ng of Cf-252, and no other detectable impurities.

Chemical isolation of the Bk-fraction

May 2009

Target

$\omega = 1700$ rpm

$310 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ BkO₂
on $1.5 \mu\text{m}$ -Ti foil

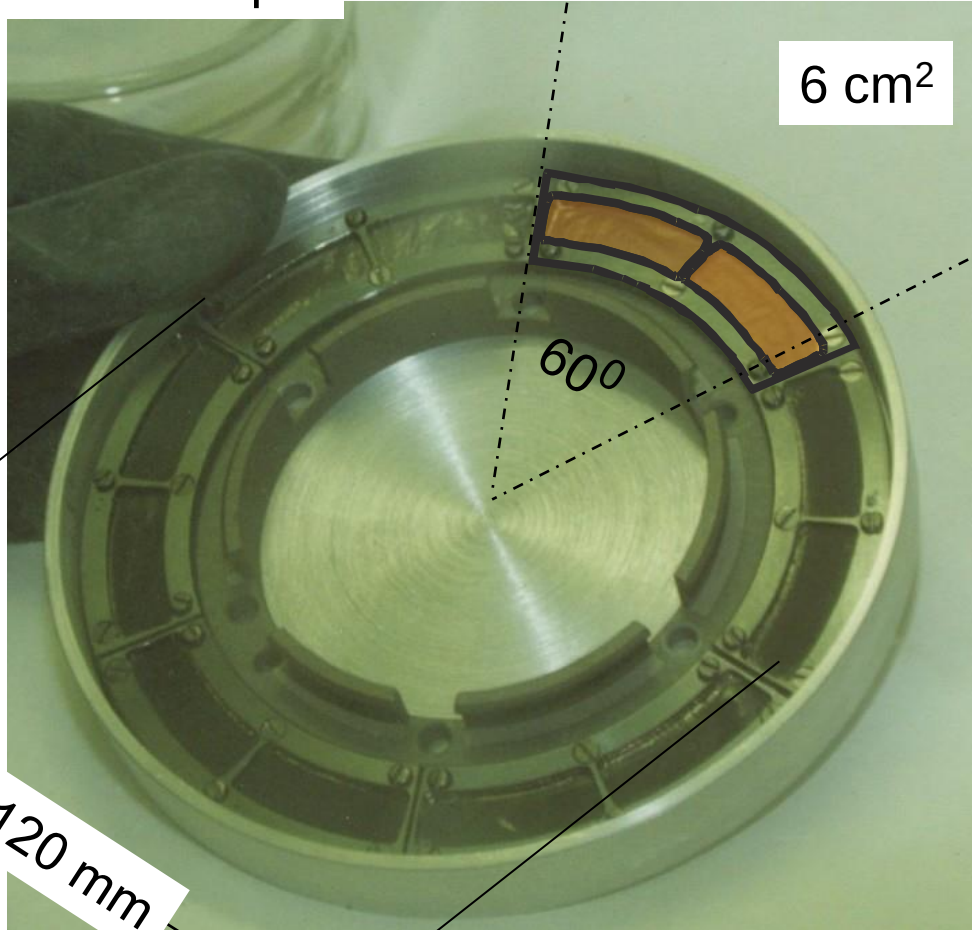
6 cm²

600

120 mm

target-making

June 2009



ドイツ滞在中の朝永振一郎の日記

朝永振一郎がドイツのハイゼンベルクの所に留学していた当時仕事のいきづまりを感じ、外国生活の孤独感などから絶望的な気持ちになっていた。

その時、恩師である仁科先生から励ましの手紙をもらう。

1938年11月22日

業績があがると否とは運です。先が見えない岐路に立っているのが吾々です。それが先へ行って大きな差ができたところで、あまり気にする必要はないと思います。またそのうちに運が向いてくれば当ることもあるでしょう。

小生はいつでもそんな気で当てに出来ないことを当てにして日を過ごしています。

ともかく気を長くして健康に注意して、せいぜい運がやって来るように努力するよりほかはありません。

