第30回放射線利用総合シンポジウム
～関西の放射線等利用施設、機関の現状と将来展望～

2022年1月17日
主催：　大阪府立大学研究推進機構、大阪ニュークリアサイエンス協会（ONSA）

阪大核物理研究センターの現状と将来

大阪大学　核物理研究センター（RCNP）
福田　光宏

大阪大学
OSAKA UNIVERSITY

RCNP
大阪大学 核物理研究センター

Contents

1. 核物理研究センター（RCNP）の歴史と概要
2. RCNP加速器施設の紹介
3. 原子核物理実験の概要
4. 学際的な量子ビーム応用研究の展開
5. 量子ビームを用いた教育と人材育成
6. 今後の展望
7. まとめ

1. 核物理研究センター（RCNP）の歴史と概要

大阪大学
OSAKA UNIVERSITY

RCNP
大阪大学 核物理研究センター

核物理研究センターにおける理念と目標

- 原子核物理に関わるサブアトミック世界の探求を目指した基礎物理学の研究センター
- 10^{-15}メートル（1fm＝千兆分の１メートル）という極微の世界を支配する基本法則の解明
- 全国共同利用研究施設として開かれた運営と利用
- 国内のみならず、全世界の研究者との共同研究を推進

→　2018年度（H30年度）に国際共同利用・共同研究拠点に認定
『国際サブアトミック科学研究拠点』

❖ **運営委員会**
- 外部委員が過半数（学外選挙）
- 内部委員（所内選挙）
- 分野・機関推薦委員
- センター長推薦委員

❖ **研究計画検討専門委員会**
- 外部委員が過半数（学外選挙）
- 内部委員（学外選挙）
- 分野推薦委員
- 委員会推薦委員

大阪大学
OSAKA UNIVERSITY

RCNP
大阪大学 核物理研究センター

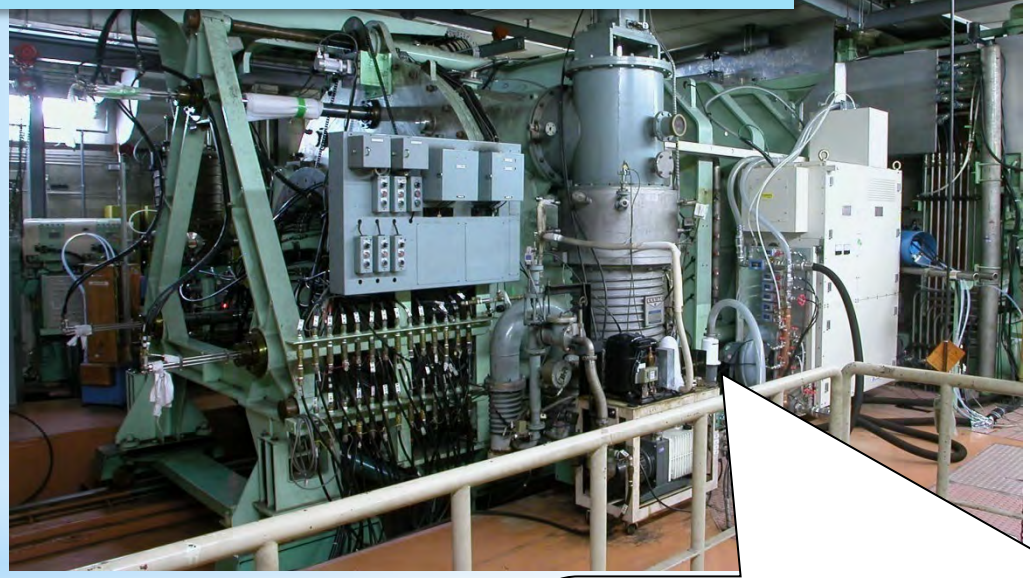
核物理研究センターの歩み

- 1962年　日本学術会議が核物理研究所の設置を勧告
- 1971年　大阪大学核物理研究センターが全国共同利用センターとして発足(初代センター長 山部昌太郎)
- 1973年　AVFサイクロトロン完成
- 1976年　共同利用実験開始
- 1985年　サイクロトロンカスケード計画を立案
- 1987年　リングサイクロトロン施設建設開始
- 1991年　リングサイクロトロン完成
- 2000年　SPring-8 レーザー電子光実験施設(LEPS)完成
- 2005年　AVFサイクロトロン及びビームラインを更新・増設
- 2019～2021年　AVFサイクロトロンをアップグレート

AVFサイクロトロン（K140）

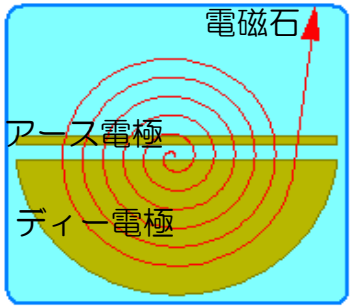
・Energy of ions with M/Q≦5

proton	≦ 80 MeV
D^{+}, $^{4}He^{2+}$	≦ 35 MeV/n
$^{3}He^{2+}$	≦ 180 MeV
Heavy Ion	≦ 140×$(Q/A)^{2}$



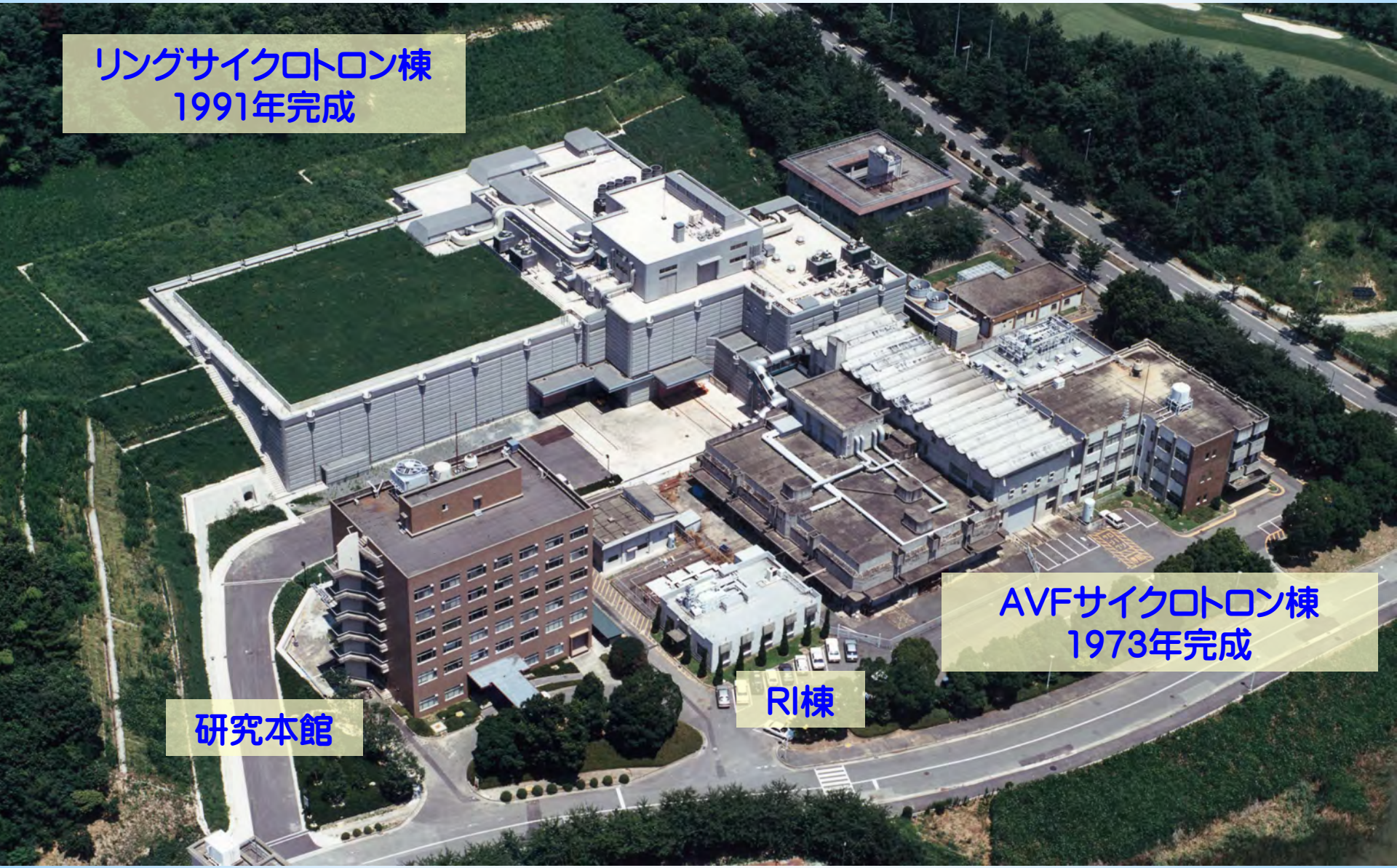
- イオンはAVFサイクロトロンで加速されます。
- AVFサイクロトロンでは陽子(p)や重陽子(d)、アルファ粒子(α)などのさまざまなイオンを加速することができます。
- 陽子の場合では最高秒速12万km(光速の40%)まで加速することができます。
- ここで加速したイオンは、実験室へ運ばれて実験に使われたり、次のリングサイクロトロンに輸送されてさらに加速されることになります。

共振器
　加速周波数：6～18MHz
　加速電圧：最大60kV
電磁石
　重さ：400トン
　磁場：最大1.6テスラ



- AVFサイクロトロンは上から見ると左のようになっています。
- イオンは電極と電極の間で加速されます。
- 電磁石は、イオンをぐるぐると円を描くように運動させるための磁場を発生させます。

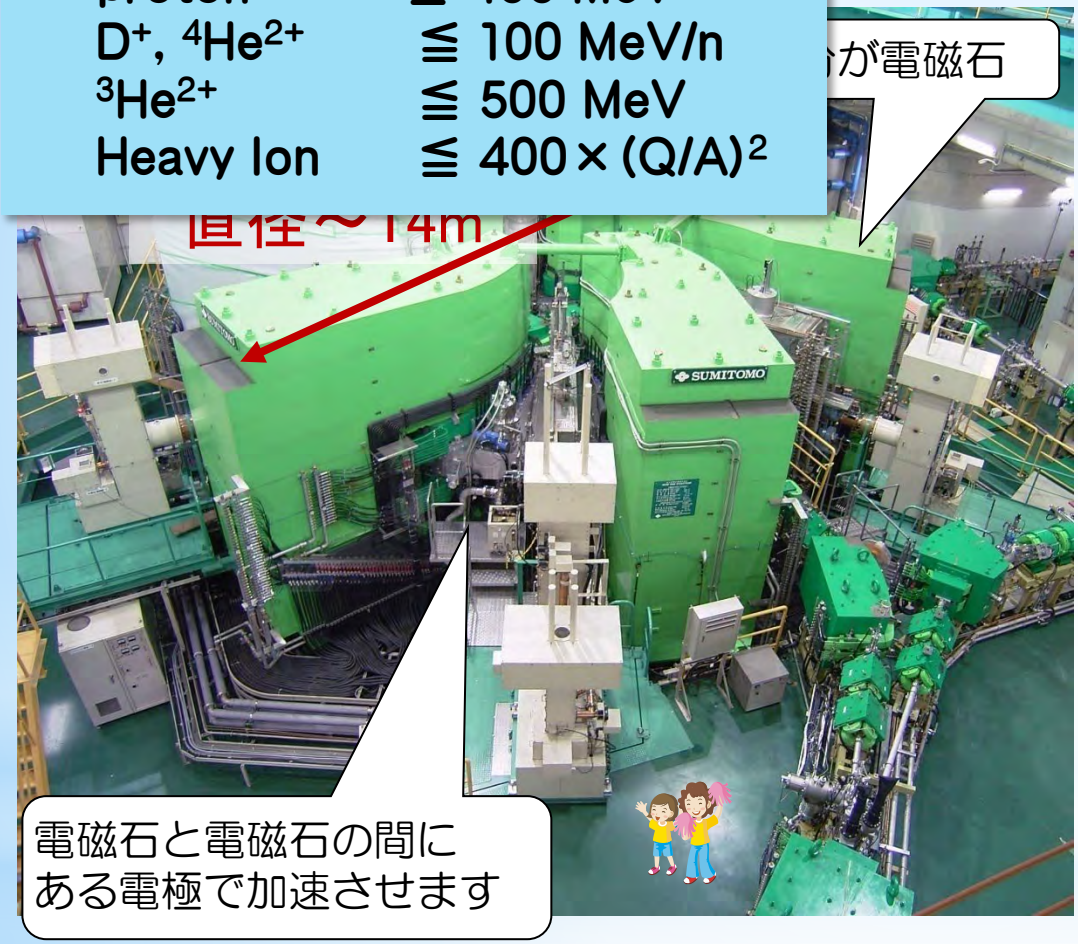
* リングサイクロトロン棟完成後のRCNP



リングサイクロトロン（K400）

・Energy of ions with M/Q≦5

proton	≦ 400 MeV
D^{+}, $^{4}He^{2+}$	≦ 100 MeV/n
$^{3}He^{2+}$	≦ 500 MeV
Heavy Ion	≦ 400×$(Q/A)^{2}$



共振器
加速周波数：30～52MHz
加速電圧：最大500kV

電磁石6台
重さ：2200トン
磁場：1.75テスラ

- AVFサイクロトロンから出たイオンをさらに加速するため、リングサイクロトロンへ輸送します。
- リングサイクロトロンでは陽子を最高秒速21万km(光の速さの70%)まで加速できます。
- このリングサイクロトンは２つの世界最高の性能を誇っています。
- その1つは「エネルギー幅」。ひとつひとつの粒子の持っているエネルギーのバラつきを0.01%以下にすることに成功しました。
- もう1つは「磁場の安定性」。きちんと加速するためには電磁石が常に同じ磁場を保っていなければなりません。ここでも磁場の変化の度合が0.001%以下という、とても小さな値にすることに成功しています。

大阪大学 OSAKA UNIVERSITY

核物理研究センターの活動拠点

RCNP 大阪大学 核物理研究センター

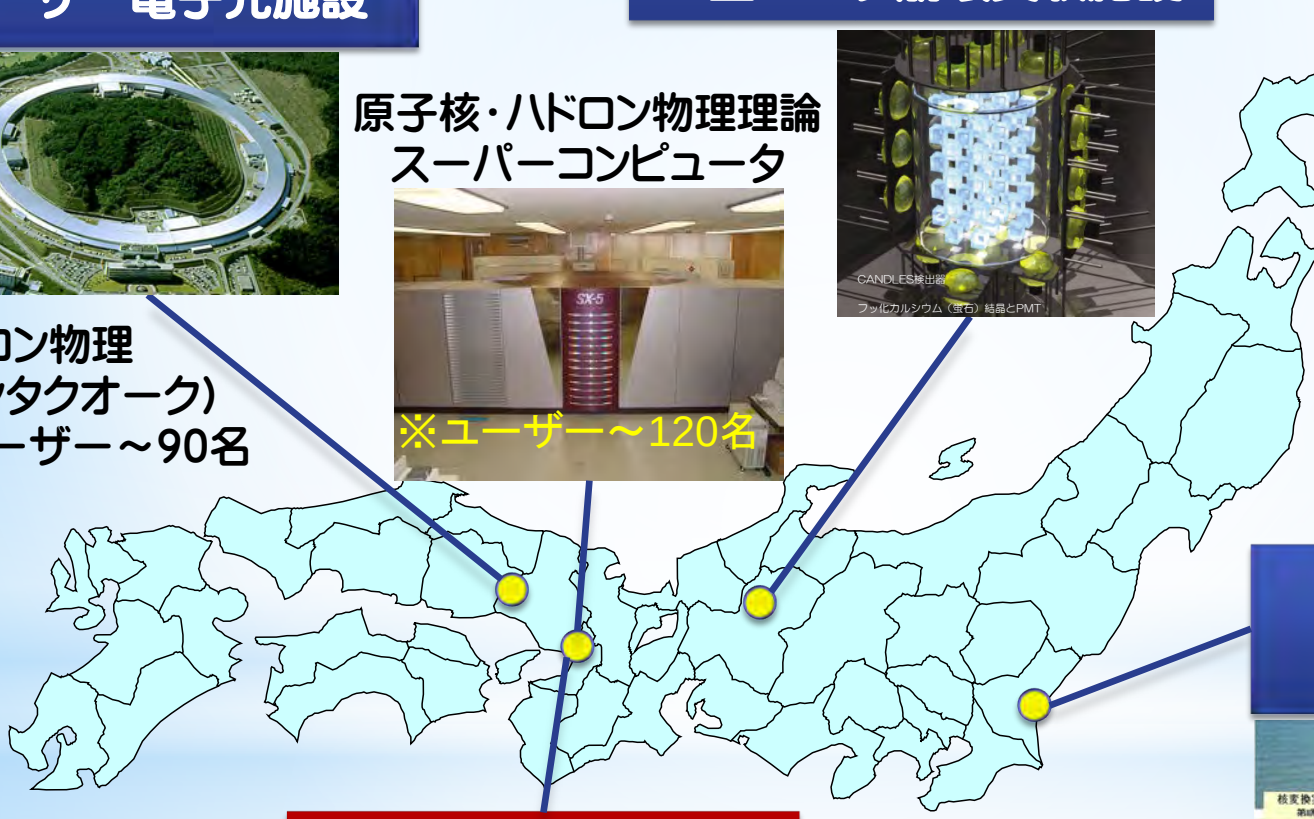
Spring-8 レーザー電子光施設

ハドロン物理
(ペンタクオーク)
※ユーザー～90名

神岡鉱山 二重ベータ崩壊実験施設

二重β崩壊
ニュートリノ

原子核・ハドロン物理理論
スーパーコンピュータ



J-PARC ハドロン実験施設

ハドロン物理
Λ/チャーム

大阪大学 核物理研究センター サイクロトロン施設

原子核物理
加速器・放射線物理
ミューオン科学
核医学・核化学
半導体ソフトエラー評価　ほか　※ユーザー～200名

AVFサイクロトロン棟改修時（2019年）

2. RCNP加速器施設の紹介

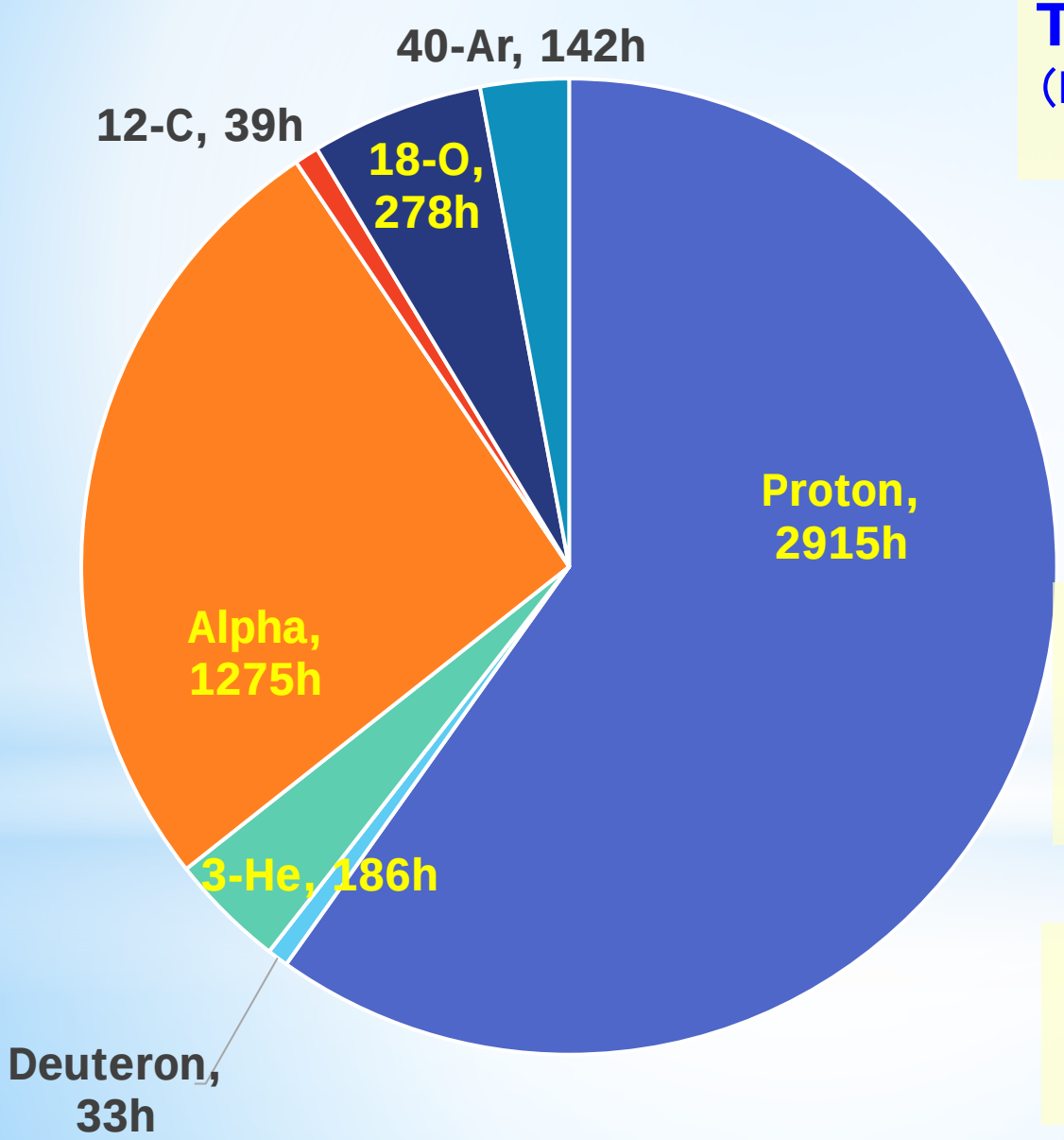
RCNPでの研究活動の特徴

- 物質の階層構造の起源を解明。
  物質 ＞ 分子 ＞ 原子 ＞ 原子核 ＞ 核子 ＞ クォ
  ※理論と実験の連携による未踏領域の探究
- 加速器を用いた“超精密な”原子核物理研究
  - 10万分の1の精度で質量（エネルギー）を測定。
- 加速器技術や放射線計測技術の学際的応用。
- 原子核・放射線の専門知識を活かした社会貢献

・短寿命RI供給プラットフォームの形成とRI供給
・産学共創プログラムの推進
　アルファ線核医学治療用At-211の製造・供給　→　医師主導治験開始
　中性子による半導体ソフトエラー＆ハードエラー評価試験
・ホウ素中性子捕捉療法（BNCT）用加速器中性子源開発とBNCT基礎研究
・福島県飯舘村地域における環境放射線の調査・研究・教育
・量子ビーム応用による人材育成プログラム　→　卓越大学院，めばえ適塾

核物理研究センターの加速器施設

* Cyclotron Operation Data in JFY2018



Total : 5336 hours
(Experiments, beam tuning, beam developments)

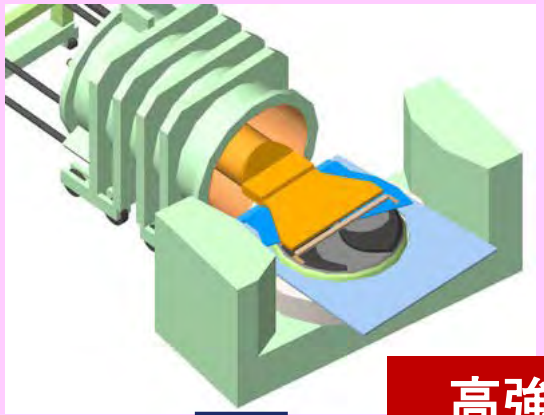
- **p, d, ^{3}He, ^{4}He 4672 h**
- **Heavy ions (≧^{6}Li) 665 h**

- **Unscheduled shutdown 103 hours in 2018 (78 hours in JFY2016 200 hours in JFY2017)**

- **MuSIC : 489 h**
- **White neutron : 537 h**
- **RI production : 645 h**

*AVFサイクロトロンのアップグレード

AVFサイクロトロン

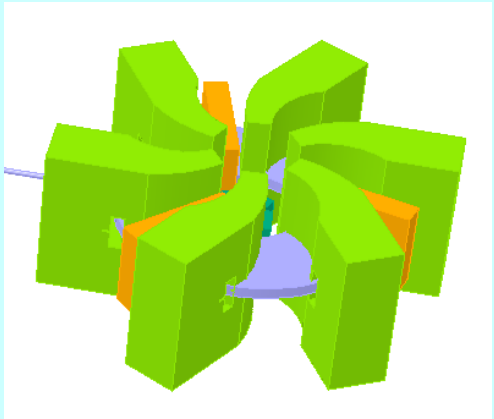


単独利用

高強度化
高品質化

入射器

リングサイクロトロン



●短寿命RI供給機能の強化　数10～100μA級

・陽子・重陽子ビームの高強度化
　→　短寿命RI供給プラットフォーム

・ヘリウムビームの高強度化
　→アルファ線核医学治療
　（2021年 医師主導治験）

●二次粒子ビーム供給機能の強化　陽子 400MeV 10μA級

・陽子ビームの高強度化
　→ミューオン（MuSIC）
　→白色中性子
　→準単色中性子

●超高分解能実験機能の強化　$\Delta E/E \sim 10^{-4}$

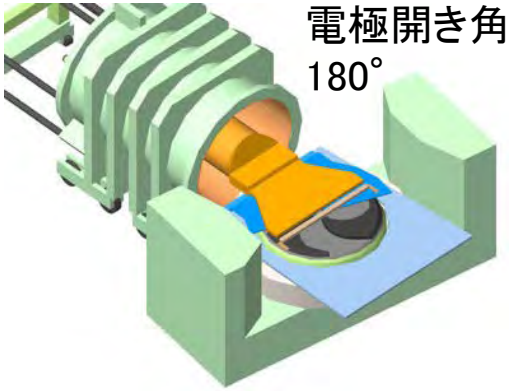
・軽イオンビームの高品質化
　→高品質・ハローフリービーム
　→高偏極度ビーム

●重イオンビーム供給機能の強化

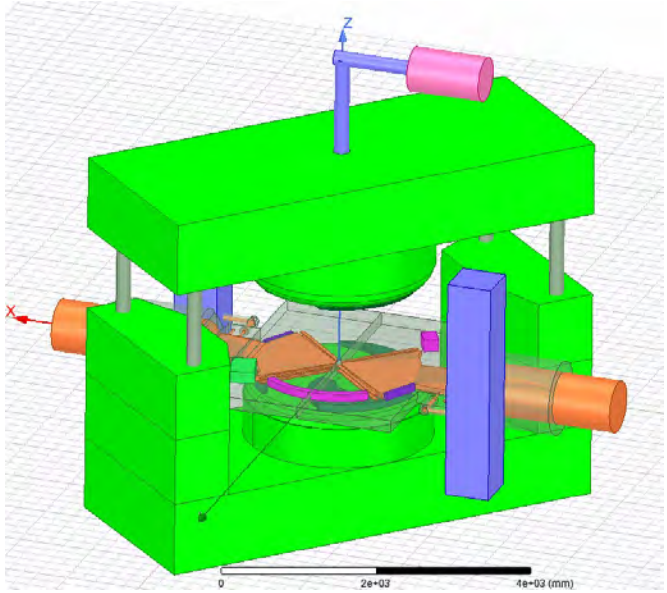
・中低エネルギー重イオン
　→不安定核ビーム
　→CAGRA＋Grand-RAIDEN

AVFサイクロトロン本体アップグレードの基本仕様

（従来）Single Dee電極



（更新後）Double Dee電極



●更新後の基本仕様

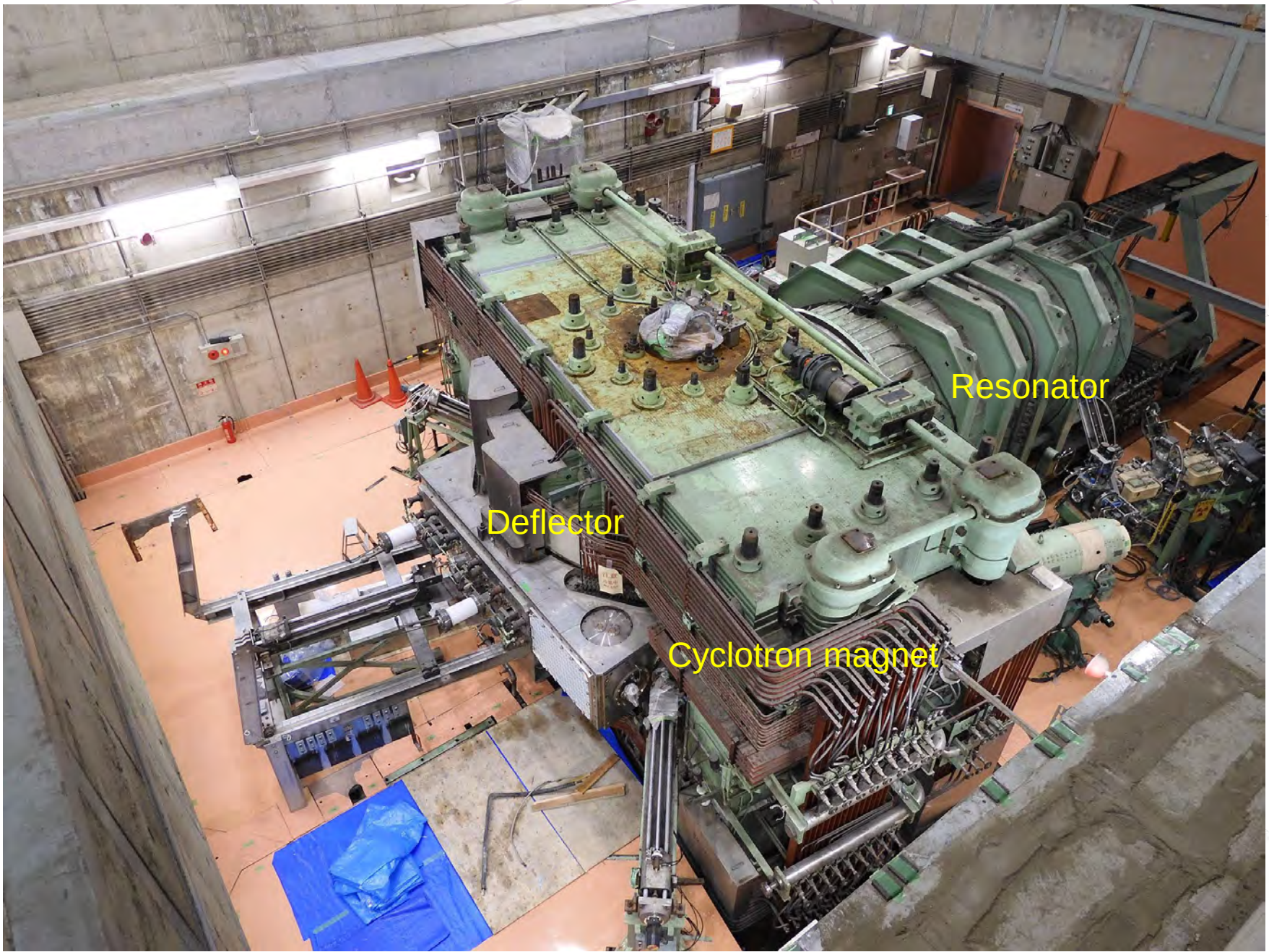
- K値 ： 140 MeV（従来と同じ）
- 引出半径 ： 100 cm（従来と同じ）
- 最大平均磁場 ： 1.65 T（従来と同じ）
- 加速ギャップ開き角 ： 87°（従来180°）
- RF周波数 ： 18～36 MHz（従来の2倍）
- 加速ハーモニクス： 1，2，3，6（従来 1，3）

H	粒子	Energy (MeV/n)	Energy gain (従来比)
1	proton	58 ～ 100	1.4倍
2	proton	14 ～ 70	2.0倍
	Heavy Ion	14 ～ 27	2.0倍
3	Heavy Ion	6 ～ 26	1.4倍
6	Heavy Ion	2 ～ 7	2.0倍

- イオン源加速電圧 ： ～50kV
- バンチャー ： 高調波重畳型 ＋ 充放電型
  ※Sub-harmonic bunching
- 中心領域 ： Inflector, phase slit, RF shield etc.
- 引出領域 ： Deflector ＋ Gradient corrector

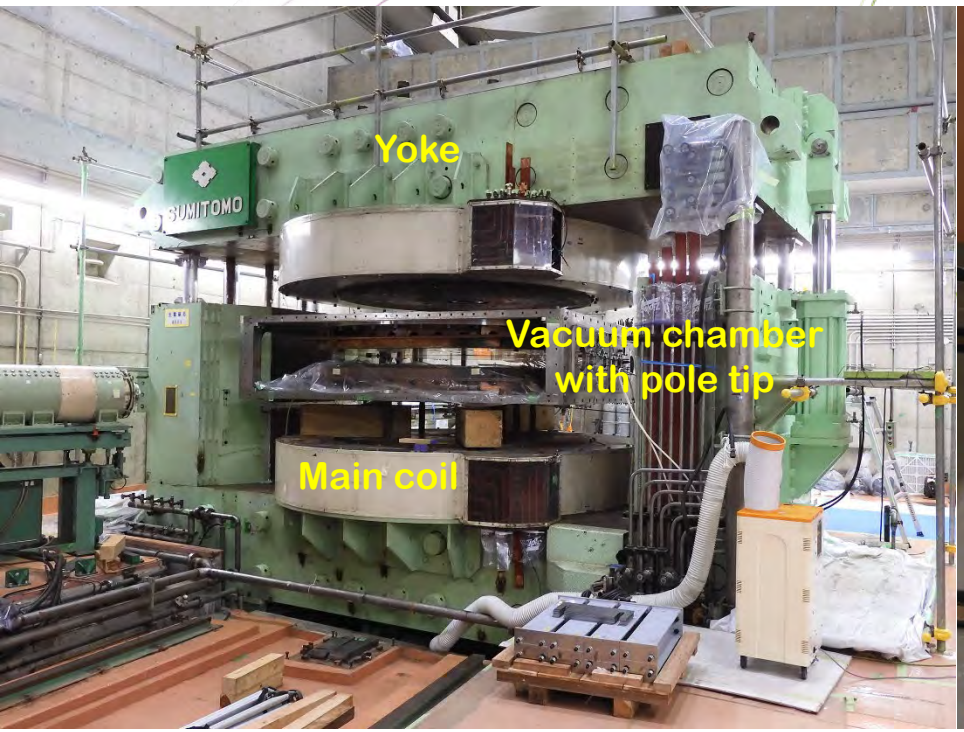
大阪大学
OSAKA UNIVERSITY

従来のAVFサイクロトロン（アップグレード前）

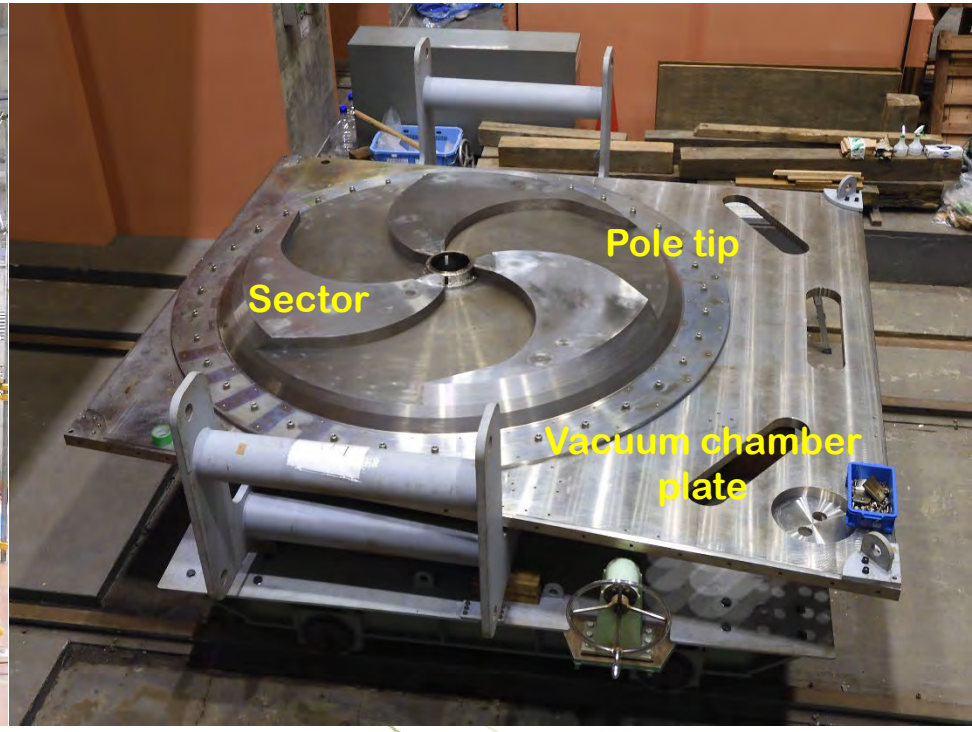


AVFサイクロトロンの解体

※ 主電磁石のみ再利用

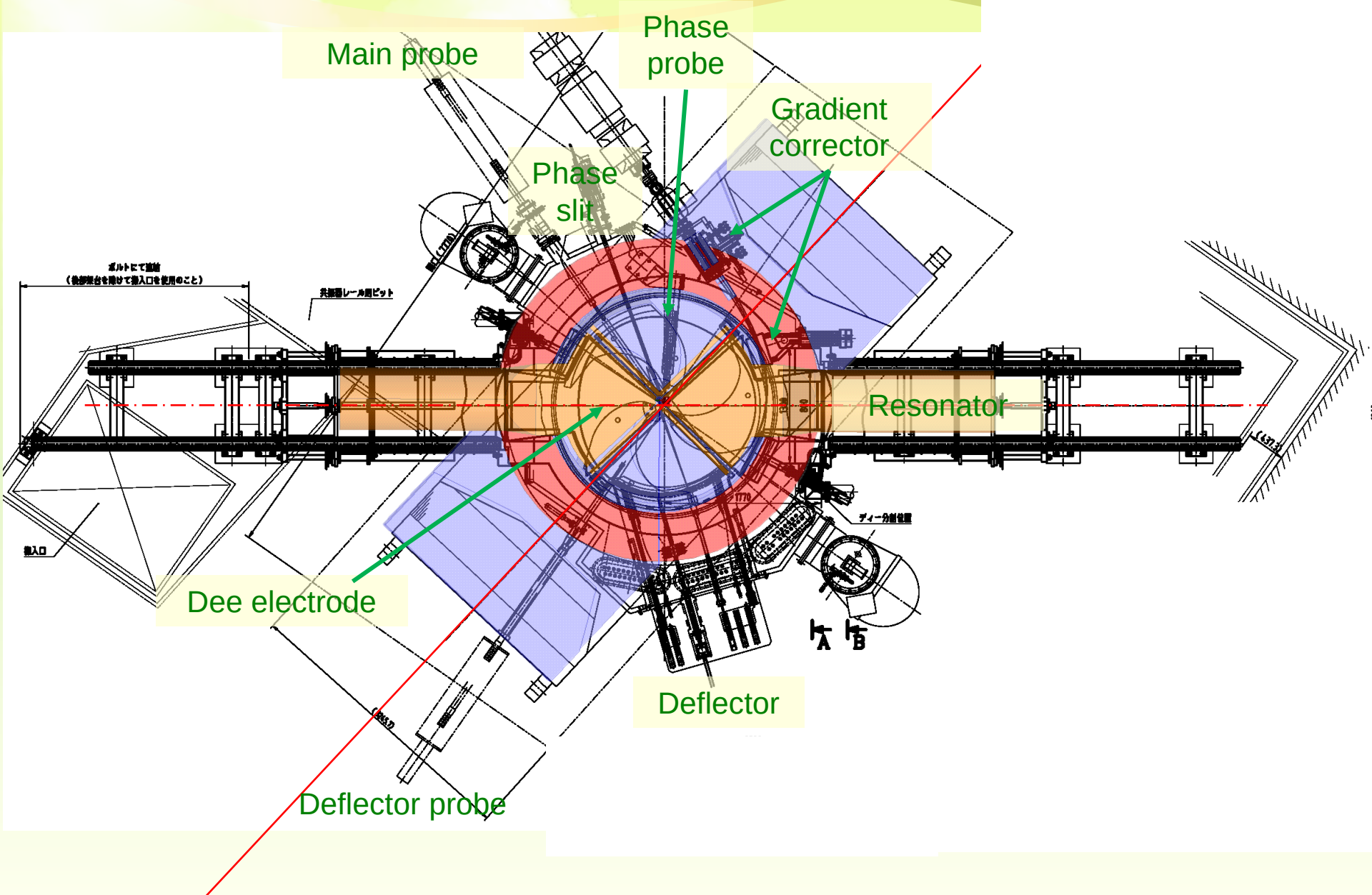


Replacement of the vacuum chamber by lifting the upper magnet yoke and pole piece



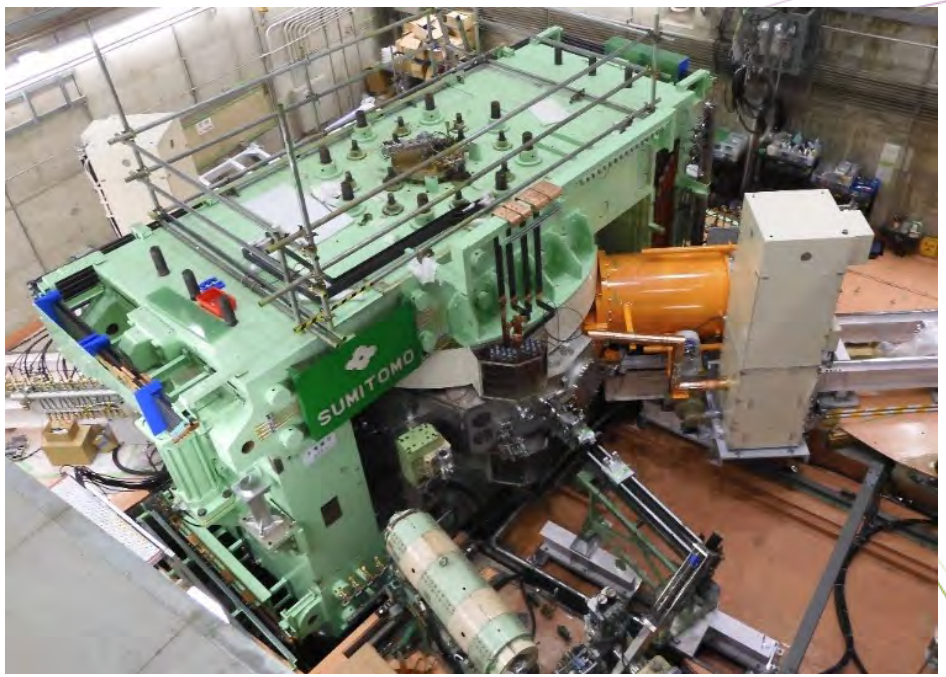
Sector and pole tip

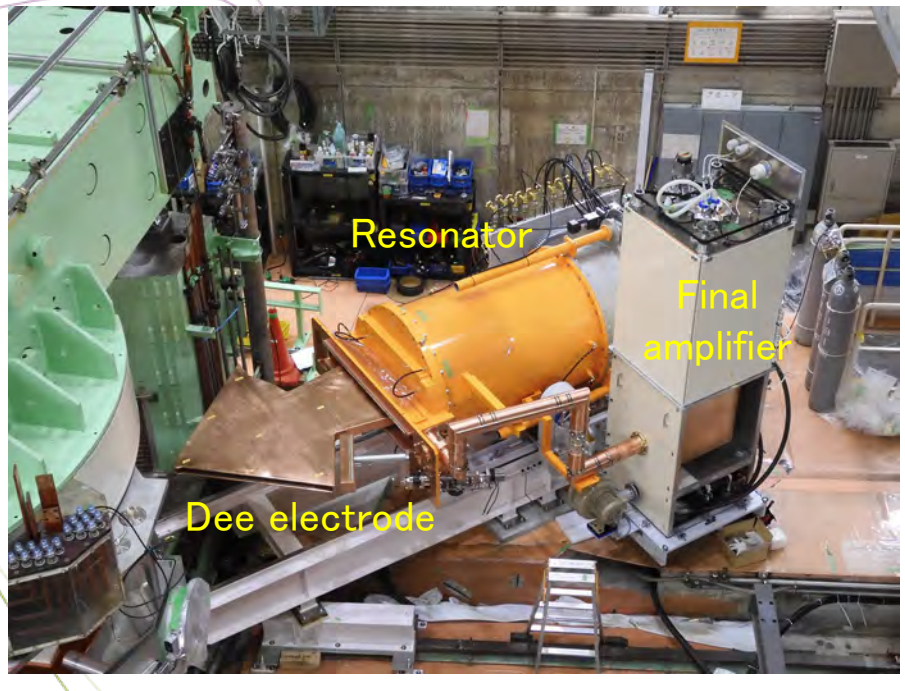
Layout of the upgraded AVF cyclotron

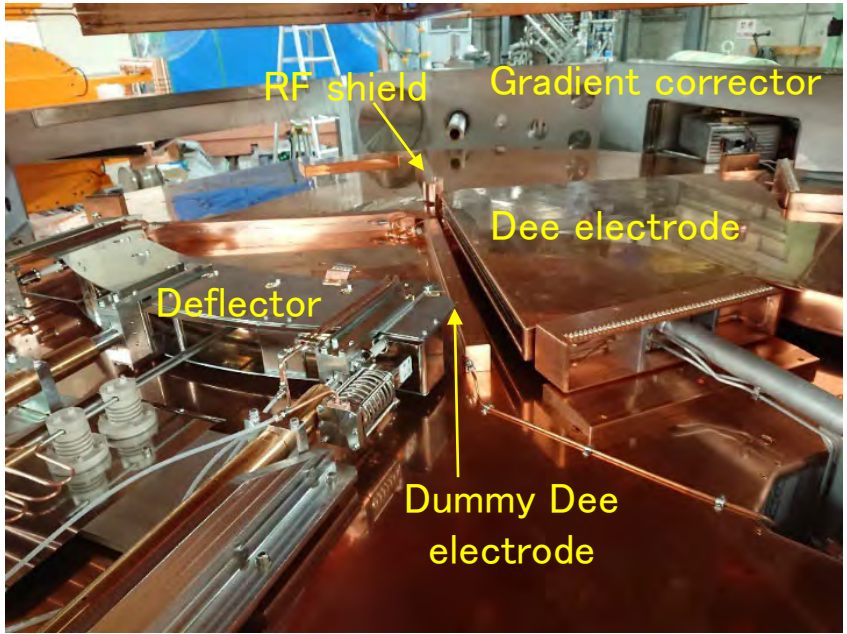


大阪大学
OSAKA UNIVERSITY

新しい共振器の据付

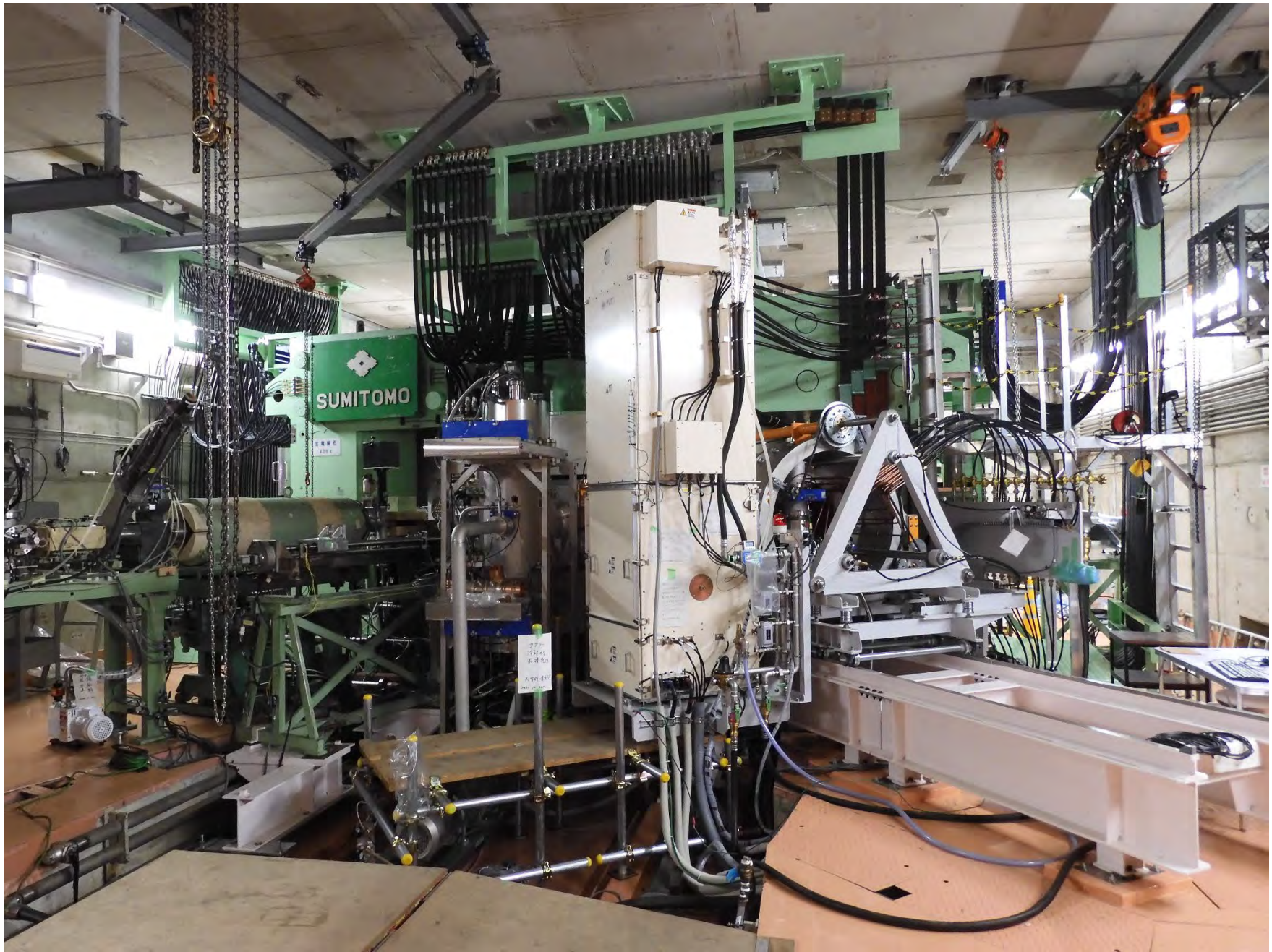






- Dee electrode : Double-dee type with 87 degree spanning angle
- Resonator : Coaxial type with a movable short
- Frequency : 16 ~ 36 MHz
- Max. acceleration voltage : 60 kV
- Acceleration harmonics : 1, 2, 3, 6

現在のAVFサイクロトロンの姿

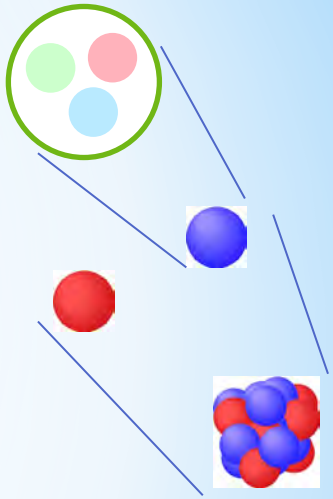


3. 原子核物理実験の概要

原子核物理が解き明かすものとは・・・

- クオークからいかにして
  ハドロン（陽子や中性子の仲間）ができるのか。

- 核子（陽子や中性子）から
  いかにして原子核ができるのか？



構成要素：	陽子と中性子（核子）
力：	核力（湯川秀樹先生が阪大在職中に考案） ※電磁気力の100倍
大きさ：	数fm（原子の1／10万）
質量：	原子とほぼ同じ（原子核＋電子＝原子）
密度：	2×10^{14} g/cm^3 ＝ 2億トン/cm^3

原子核はただの“点”ではない。

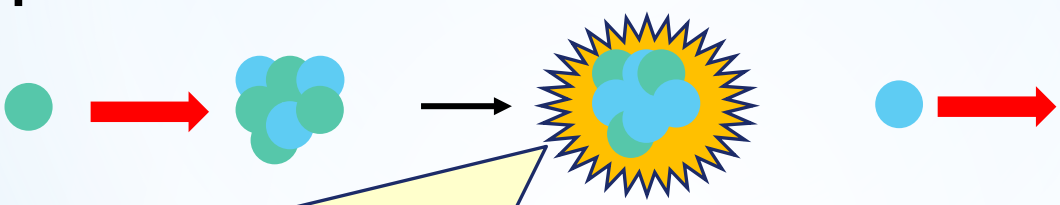
色々な形や運動をしている

液体のような状態、超流動のような状態、気体のような状態

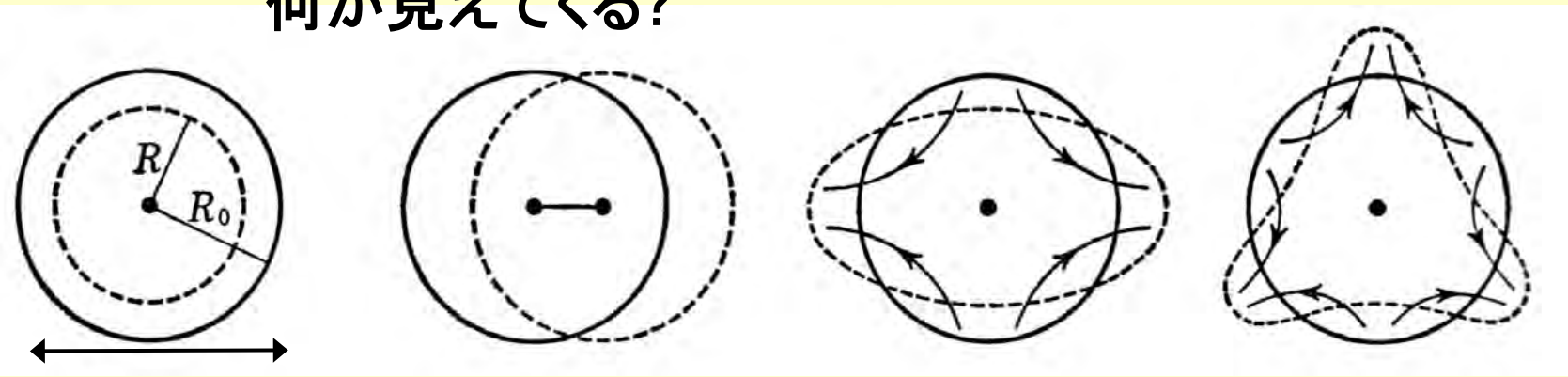
原子核反応とは？

- 原子核同士が衝突して起きる反応
- その際、エネルギーを持った粒子が放出される
- 原子核反応の例

$$p + {}^{58}Ni \longrightarrow {}^{58}Cu + n$$



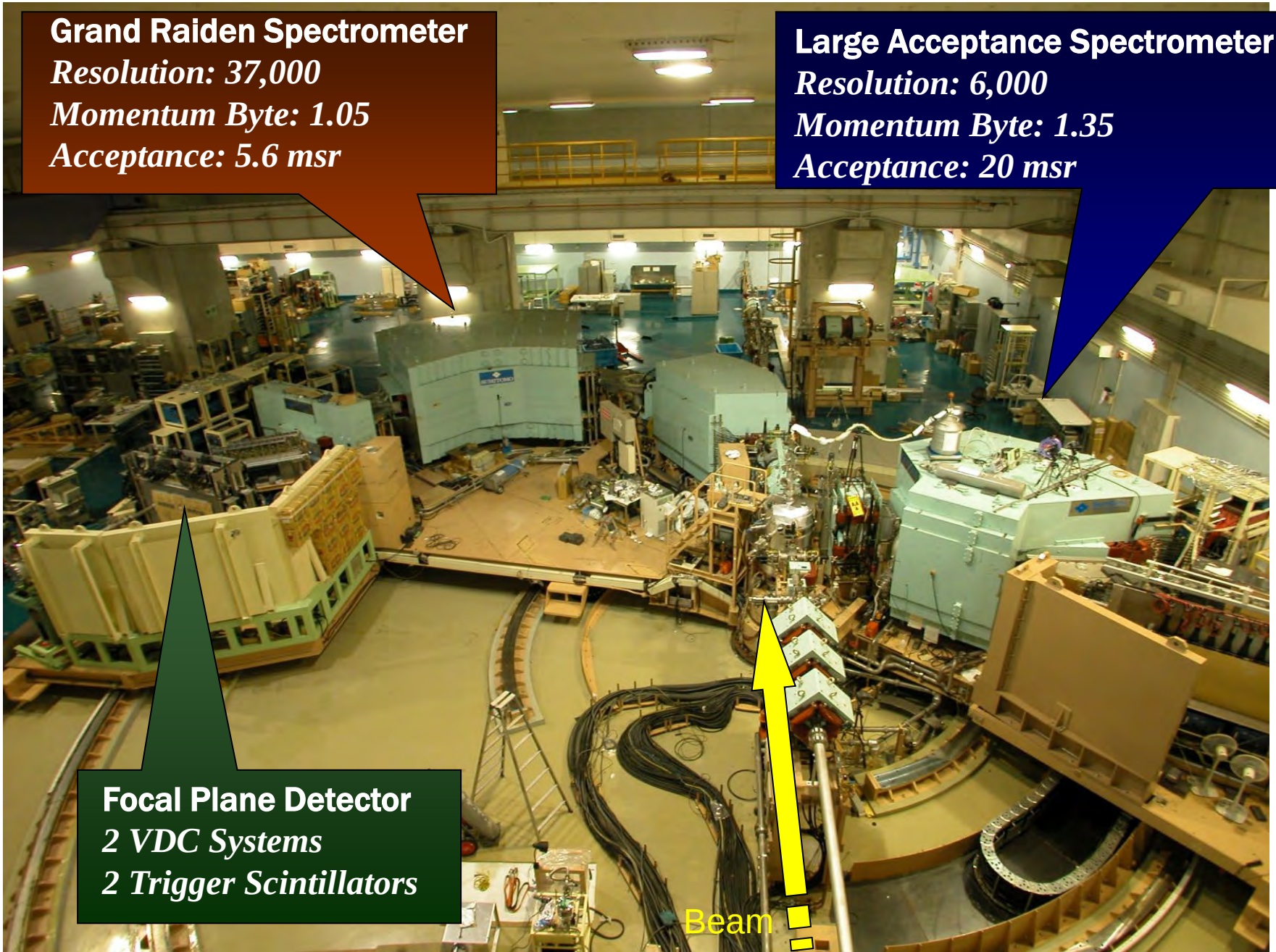
何が見えてくる?



10^{-14} ~10^{-15} m

反応後の原子核の振る舞い（振動）

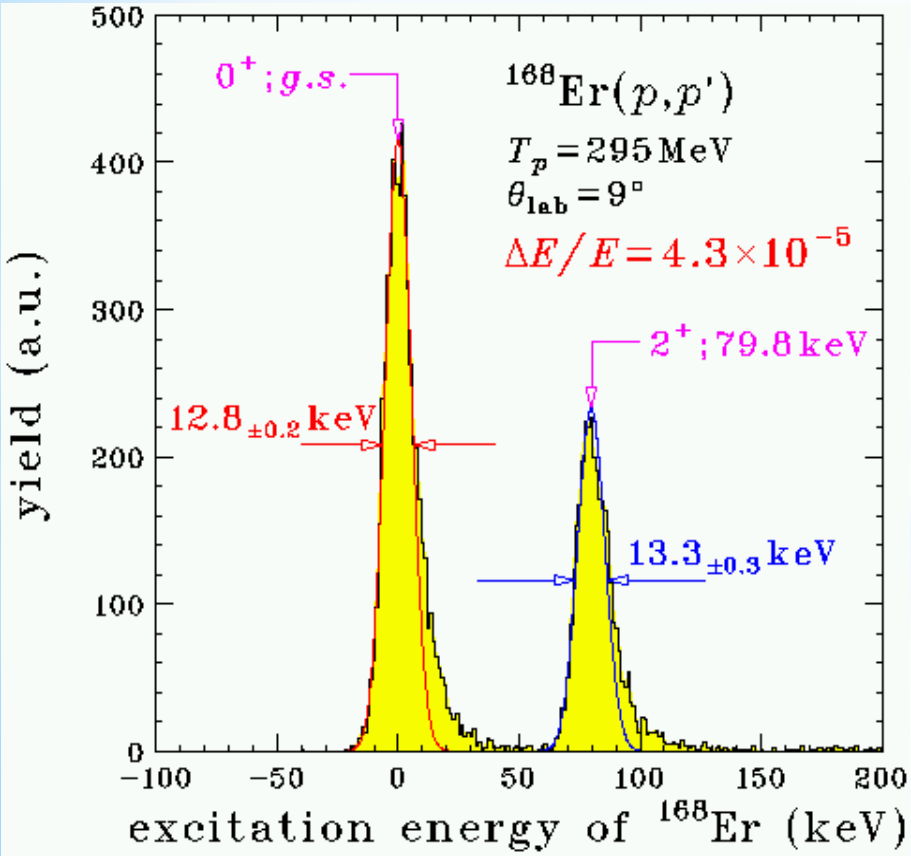
超高分解能スペクトロメータ “Grand-RAIDEN”



* Ultrahigh Energy Resolution Experiment Using High-Quality Beam

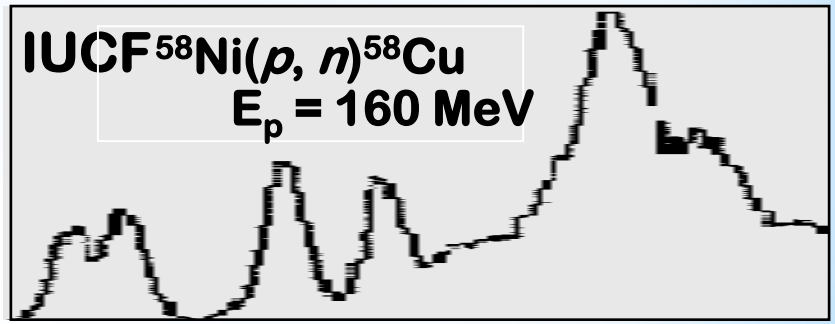
ΔE = 12.8 keV
achieved by 300MeV proton

World record !!



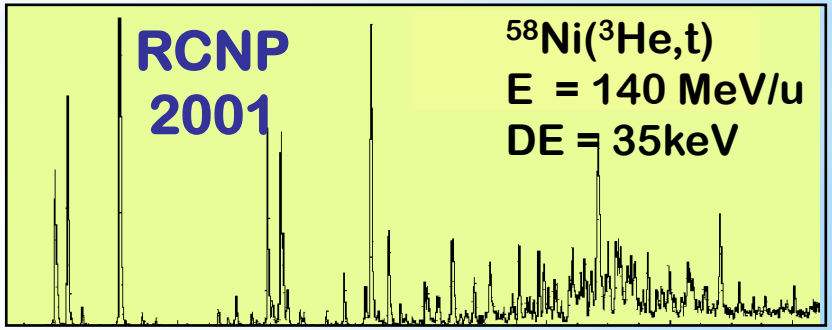
Comparison of resolutions

Ordinary resolution measured in the (p,n) experiment



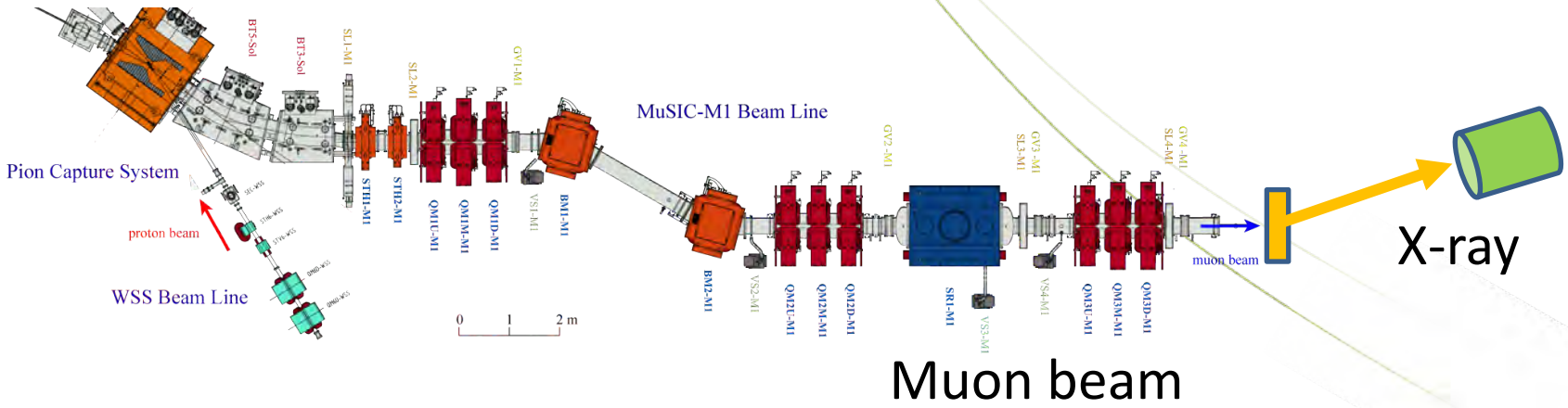
J. Rapaport NPA ('83)

Ultrahigh resolution achieved in the (^{3}He,t) experiment

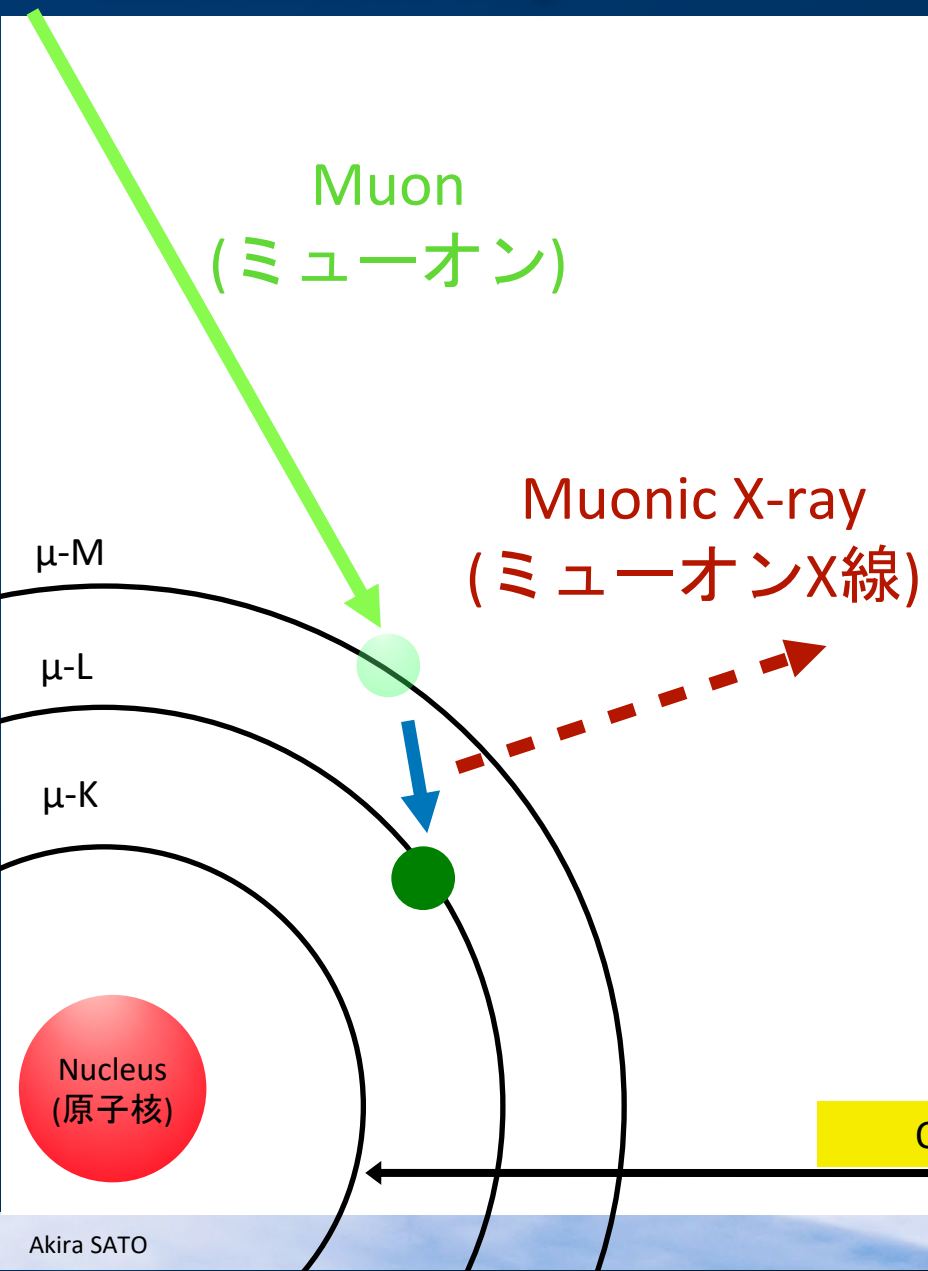


What is muon-PIXE ?

→ PIXE using a muon beam



Muonic X-ray



$$E_n = -\frac{Z^2 m e^4}{8 n^2 \varepsilon_o^2 h^2}$$

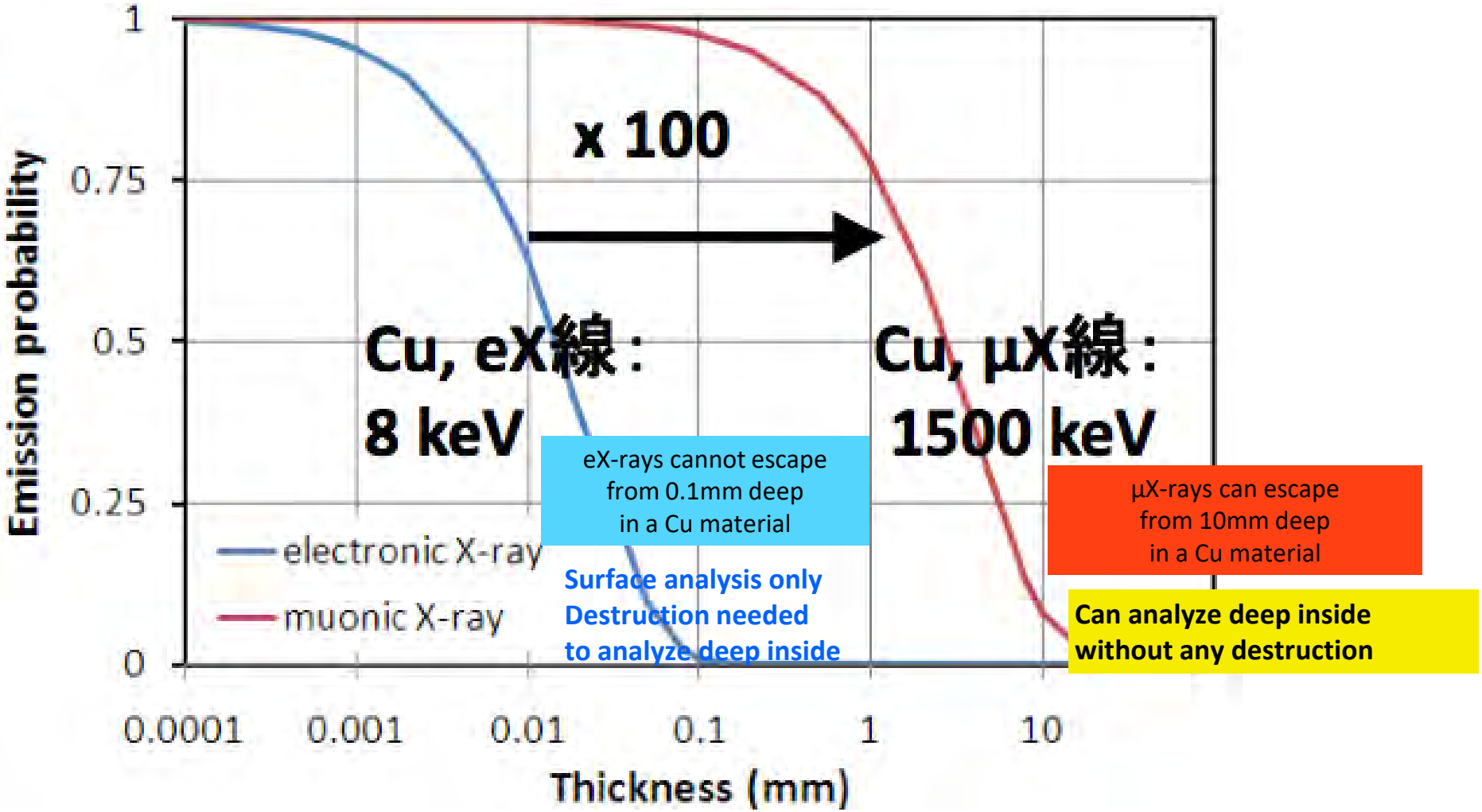
$$r_n = -\frac{4\pi\varepsilon_o n^2 \hbar^2}{Z m e^2}$$

$$\frac{m_\mu}{m_e} \approx 207 \approx \frac{E_\mu}{E_e} \approx \frac{r_e}{r_\mu}$$

Bohr model

Orbit radius r_n is 1/207

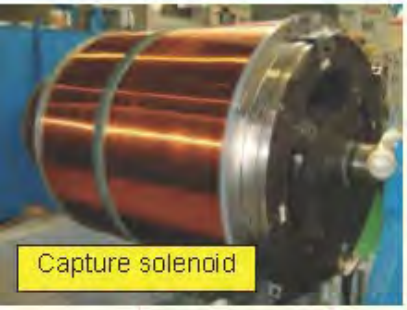
Transmittance of muonic and electronic X-ray

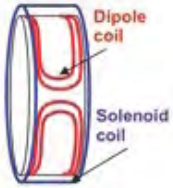


Transmittance of K_{α}X-ray in Cu

from Ninomiya

MuSIC: Present Layout





GM cryocooler

1Wx2

1Wx2

1.5Wx2 + 1W

SUS radiation shield

Transport Solenoid

2.0T with 0.04T dipole field

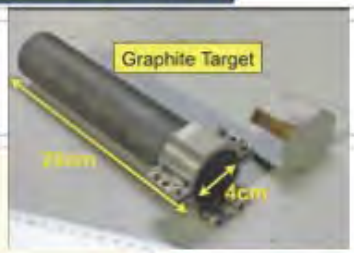
Proton beam line

Beam Dump

Graphite target

Pion Capture Solenoid

3.5T

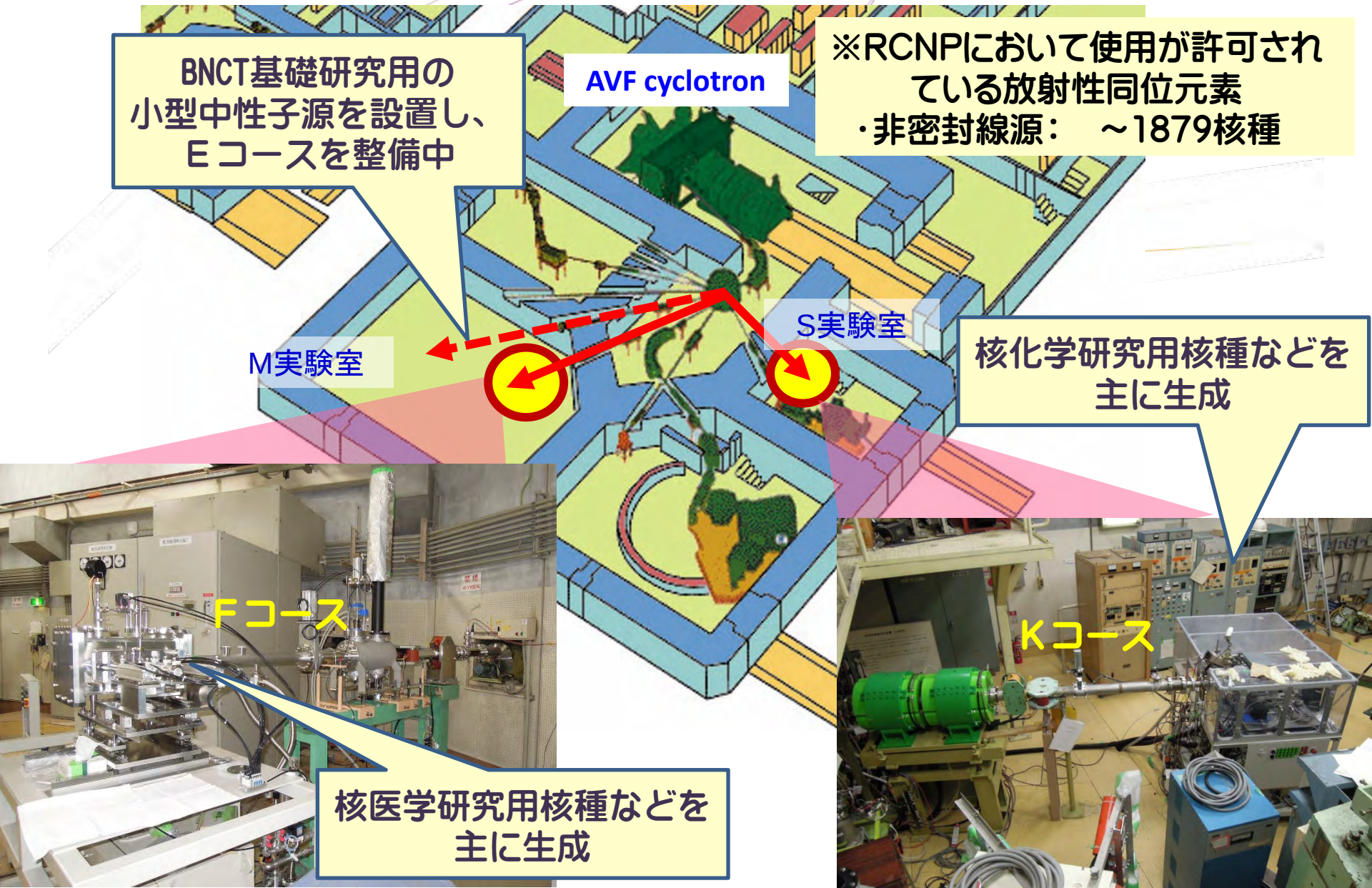


Iron yoke

1m

4. 学際的な量子ビーム応用研究の展開

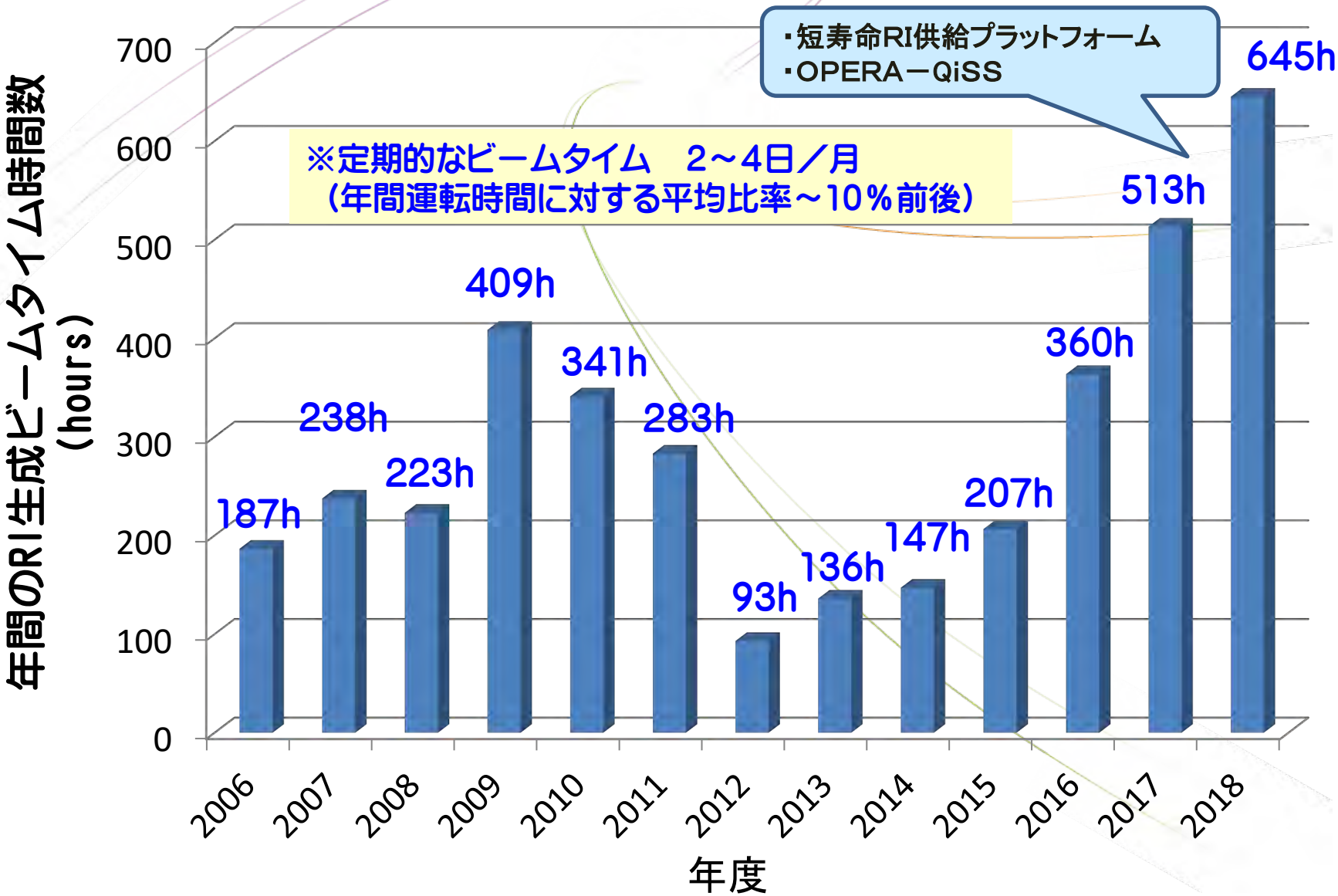
RI製造と供給


BNCT基礎研究用の
小型中性子源を設置し、
Ｅコースを整備中
AVF cyclotron
※RCNPにおいて使用が許可されている放射性同位元素
・非密封線源：　～1879核種
S実験室
M実験室
核化学研究用核種などを
主に生成
Ｆコース
Ｋコース
核医学研究用核種などを
主に生成

大阪大学 OSAKA UNIVERSITY

RCNP

RCNPにおける年間RI生成ビームタイム時間数の推移



平成28～令和3年度　新学術領域研究（研究領域提案型）『学術研究支援基盤形成』
研究基盤リソース支援プログラム

短寿命RI供給プラットフォーム

科研費を獲得している研究課題に対して、年間を通じた短寿命RIの安定供給とRIの安全な取り扱いのための技術的な支援を行う.

- 日本アイソトープ協会などから購入できない**短寿命RIの供給**.
- 世界最高レベルの加速器施設の連合体による**速やかで安定な供給**.
- 国際共同利用・共同研究拠点である阪大RCNPに**窓口を一元化**してユーザーの利便性を格段に改善し、RI利用者を拡大.
- 幅広い分野の基礎研究の推進を支援.

At-211
も供給

短寿命RI供給プラットフォーム
実験課題の募集と審査

●実験課題の公募
・短寿命RIの供給を希望する実験課題は随時受付
・但し，供給する実験課題の審査は年に2回

●課題選択委員会における審査
・年に2回開催（例年8月と1月）
・但し、緊急案件は随時メール審議で対応
・課題選択委員： 外部委員（半数以上）、内部委員（各供給機関の代表）

●課題採択の方法
・原則、書類審査と事前質問への回答などを基に課題選択委員会で合議により審査を実施（必要に応じてヒアリングを実施）

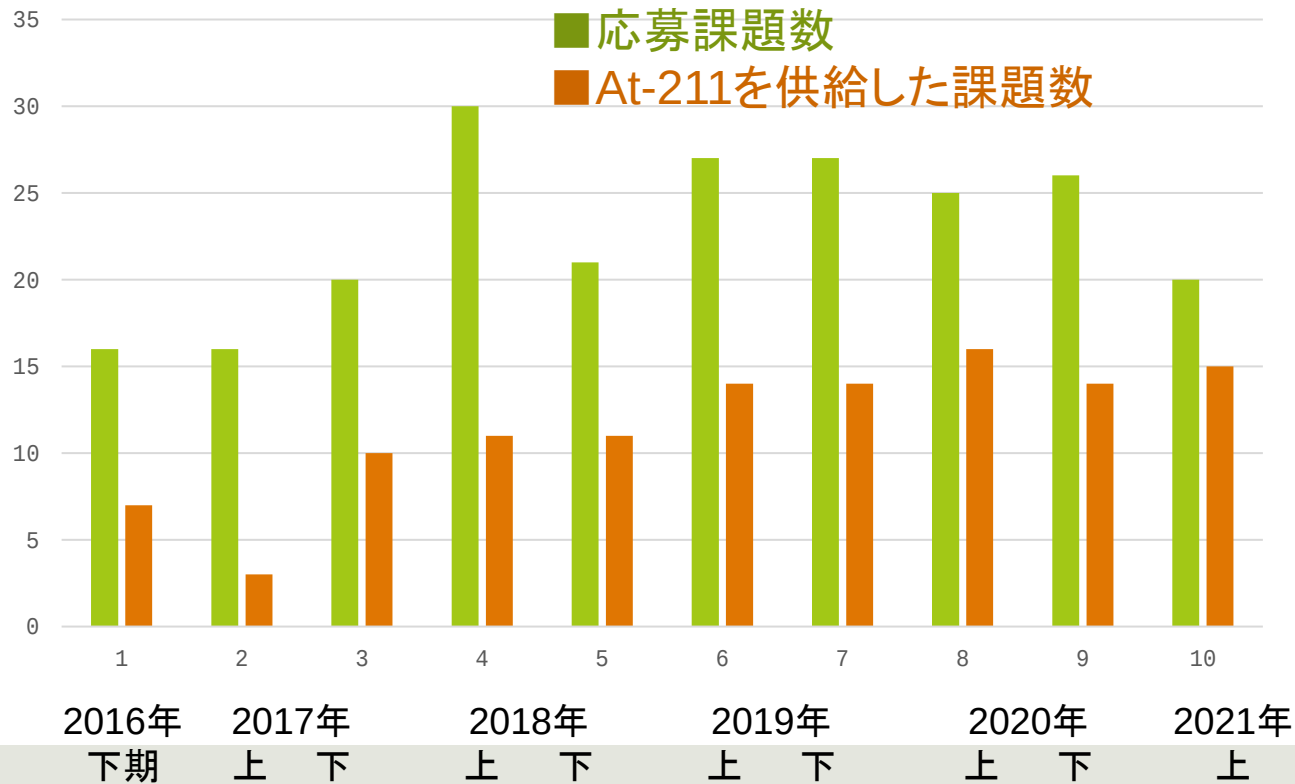
●審査の基準と評価方法
・学術的な重要性と課題の実行可能性を基準にして支援課題を選定
・具体的な評価項目
科学的評価： 学術的な重要性・妥当性、研究計画・方法の妥当性、RIの必要性など
技術的評価： RI供給の技術的な適合性、RI利用の安全性など

短寿命RI供給プラットフォーム
At-211の供給

●短寿命RI供給プラットフォームにおけるAt-211の供給

・製造施設：　阪大RCNP，理研RIBF，量研量医研、量研高崎研

・供給した実験課題数



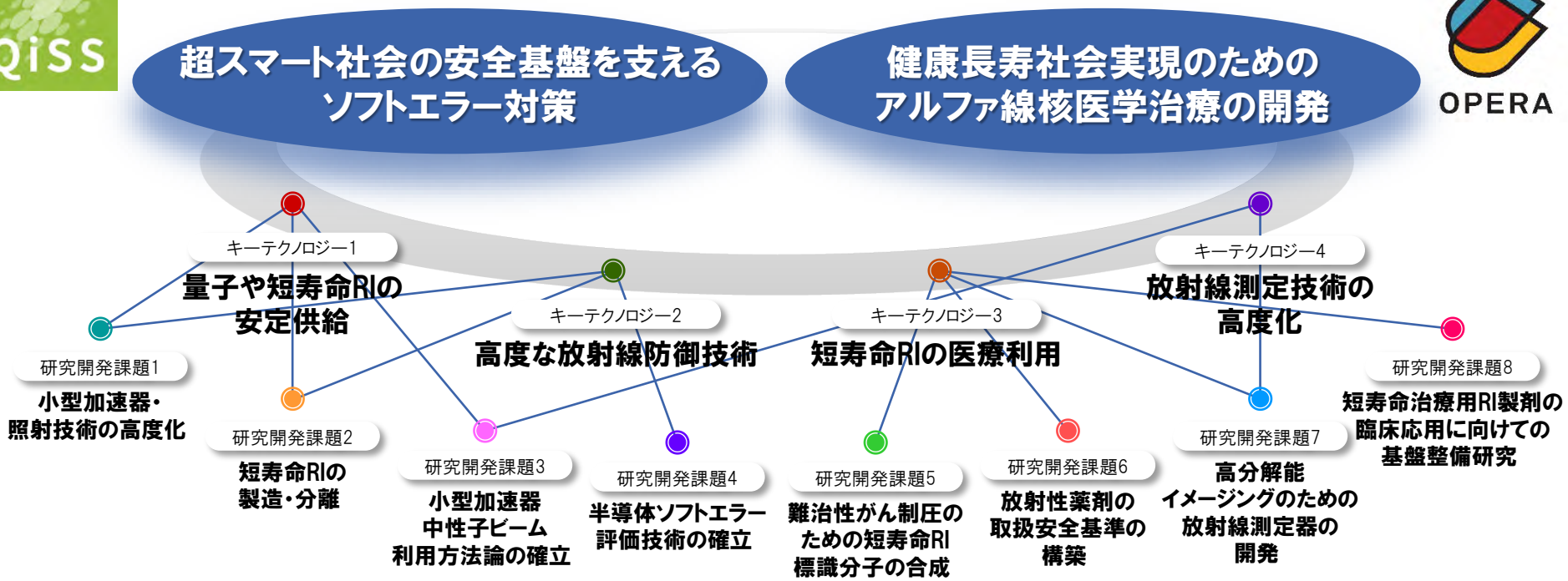
短寿命RI供給プラットフォーム
ご利用のお問合せ先

●短寿命RI供給プラットフォームのWebページ

http://www.rcnp.osaka-u.ac.jp/~ripf/

何でもお気軽に事務局へ
お問い合わせ下さい。
info-ripf@rcnp.osaka-u.ac.jp

産学共創プラットフォーム共同研究推進事業



- H29年度　JST産学共創プラットフォーム共同研究推進プログラム（OPERA）プログラムに採択
- 大阪大学が幹事機関となり、組織対組織の産学共創のためのプラットフォーム（QiSS）を設立し、13大学・機関、23企業が参画
- 「QiSS知的財産取扱いポリシー」を整備、基礎研究で創出された知財をプラットフォームに集積する仕組みを構築
- 新たな価値の社会実装を担う人材の育成が急務→卓越大学院プログラム

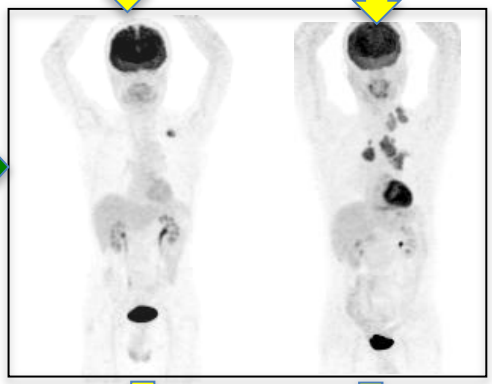
健康長寿社会実現のための難治性がんの制圧

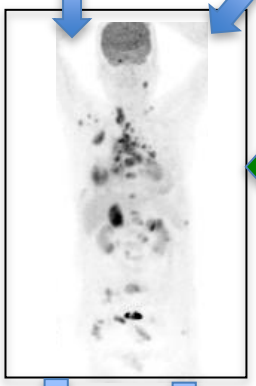
大阪府におけるがん登録年報　第67報
（大阪府健康福祉部、大阪府医師会、大阪府成人病センター）

1/3は初診時にすでに進行がん

臨床進行度	原発臓器限局	所属リンパ節転移	隣接臓器浸潤	遠隔転移
初診時割合	47%	22%	12%	19%

外科的切除
放射線照射
化学療法
免疫療法





化学療法
免疫療法

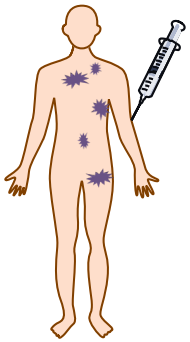
5年相対生存率	74.5%	47.2%	17.9%	6.1%

現在の治療では生存率が低い

アルファ線核医学治療の開発

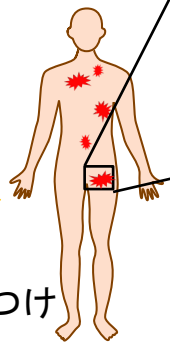
- 一生の間に男性も女性も2人に1人の割合でがんと診断
- 男性では4人に1人が、女性では6人に1人ががんで死亡

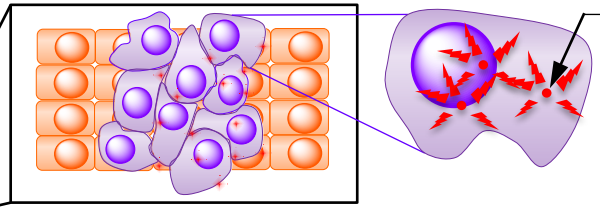
アルファ線核医学治療とは



α 線放射性核種^{211}At（211-アスタチン）を含む標的剤を投与

標的剤が、体内のがん細胞を見つけ自発的に集積





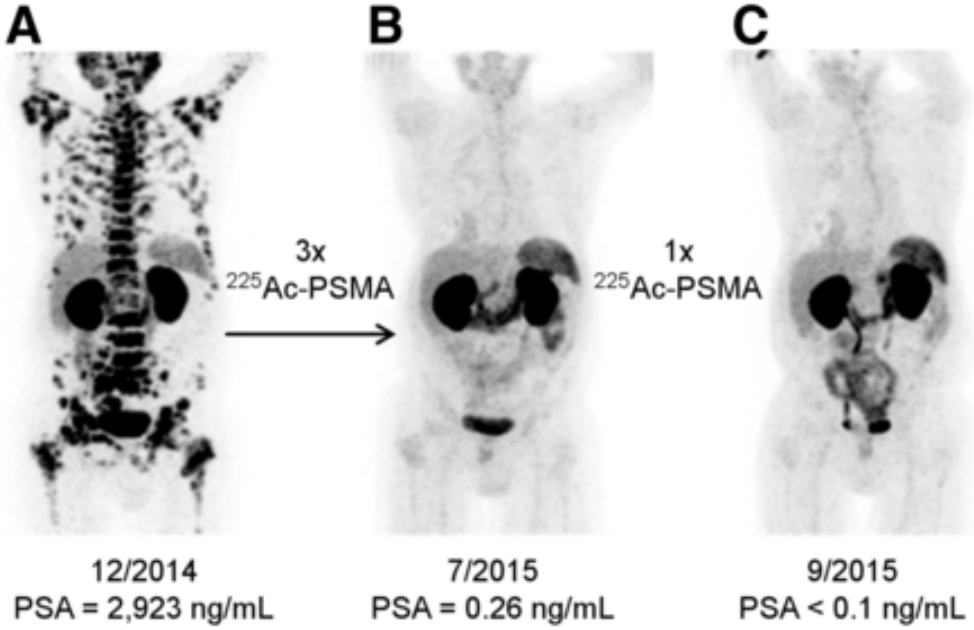
α線を放出

がん細胞を破壊

^{211}Atから放出されたα線が、がん細胞を破壊

・難治性がん制圧のための第一選択治療法 として高い期待
・がん死ゼロ社会の実現により、健康寿命を大幅に延伸

^{225}Ac（半減期10日）含有薬剤による治験例



- **がん治療におけるアルファ線核医学治療はすでに大きな実績**
- **RI製造・抽出、標識化技術、イメージング、精製・製剤化技術などの広い分野で知識集団が必要**
- **新規の医薬品開発が今後も継続的かつ発展的に実施されると期待**

世界市場への展開とそれを担う人材の育成が必要

アスタチンとは・・・

- アスタチンの特徴
  - ・原子番号　Z = 85
  - ・ハロゲン元素
  - ・安定な同位体は無い
  - ・“astatine” ギリシャ語で「不安定」を意味する
    αστατος(astatos)が語源

$$^{232}Th(p,x)^{225}Ac,\ ^{225}Ra$$

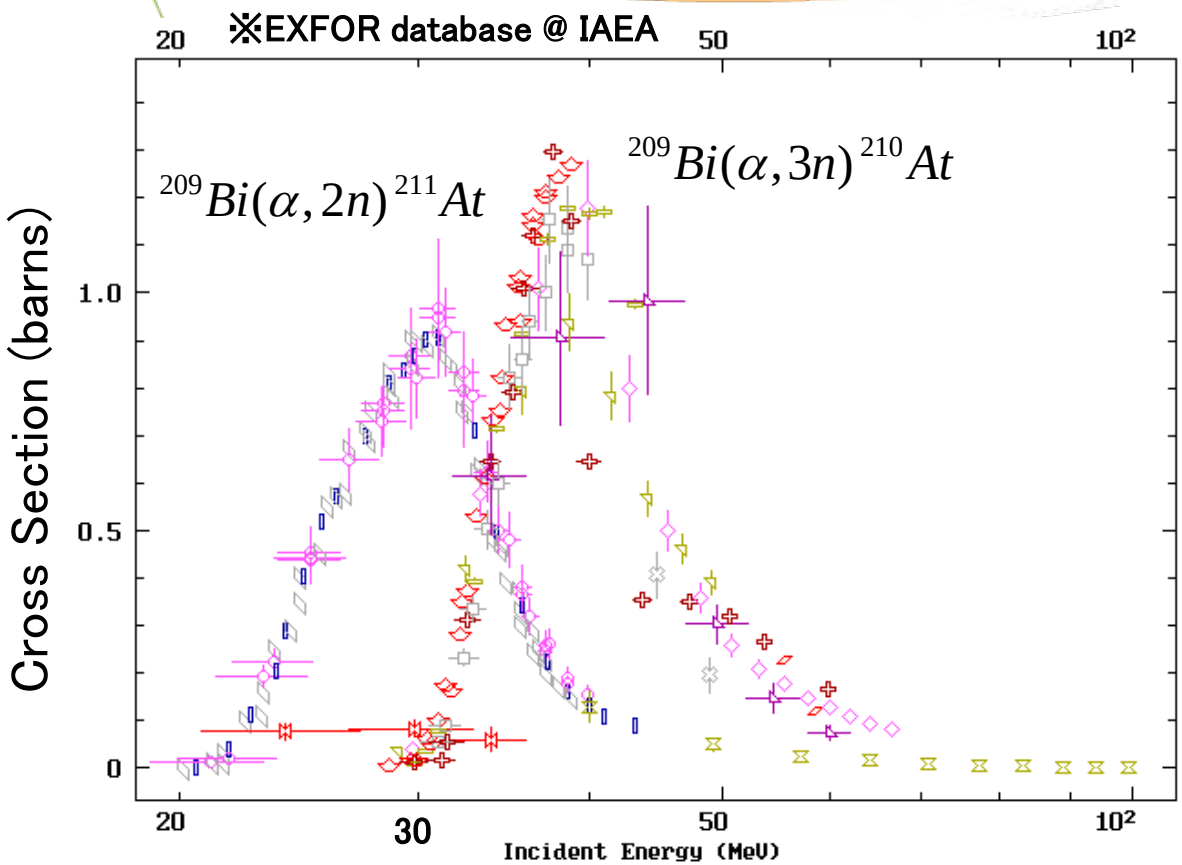
$$^{209}Bi(\alpha,2n)^{211}At$$

At-211 の生成

^{211}At for targeted alpha-particle therapy can be produced by a ^{4}He induced reaction ^{209}Bi(^{4}He, 2n)^{211}At. Production of ^{210}At decaying to toxic ^{210}Po should be avoided.

アルファ線放出核種の半減期と
α粒子のエネルギー

RI	$T_{1/2}$	Eα (MeV)
Tb-149	4.2 h	4.0
Bi-212	61 min	8.8
Bi-213	46 min	8.4
At-211	7.2 h	5.9, 7.5
Ra-223	11.4 d	5.8
Ra-224	3.66 d	5.8
Ac-225	10 d	5.9



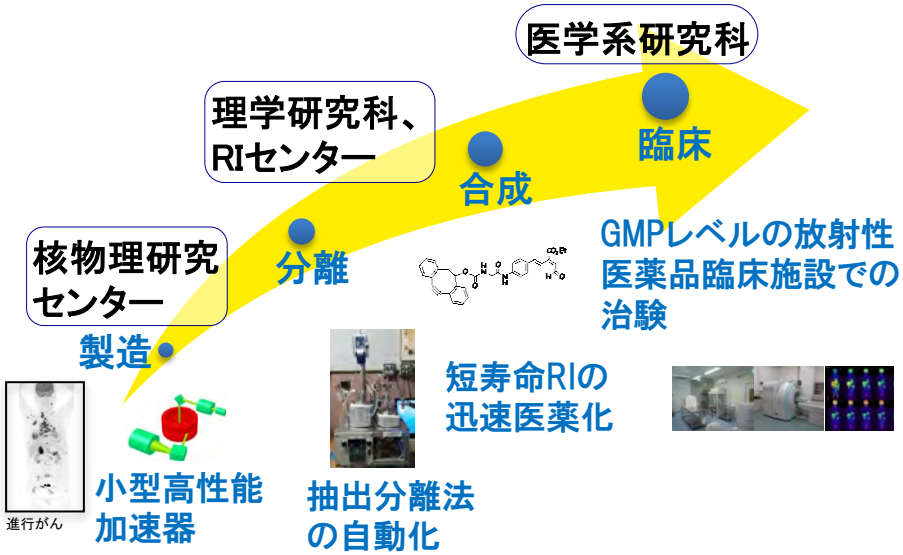
大阪大学でのアルファ線核医学治療の開発

強み

同じキャンパスの中に大型加速器施設とFirst-in-Human試験（新規医薬品を世界で初めてヒトに投与する臨床試験）が出来る臨床研究中核施設である医学部附属病院がある.

⇩

開発から臨床応用までがOne stopで



主な実績

- 核物理研究センターに^{211}At生成専用ビームラインを整備.
- 年間300時間以上のAt-211の供給（月に1～2回）.
- ^{211}Atの分離精製法の確立（特許出願中）.
- 医学系研究科で^{211}Atイオンの動物の体内動態を画像化（世界初）.
- 理学研究科が複数の薬剤候補分子の^{211}At標識化に成功.

【プレスリリース】2021年11月29日

国立大学法人 大阪大学
〒565-0871 大阪府吹田市山田丘 1-1
TEL: 06-6877-5111 (代)
www.osaka-u.ac.jp

Press Release

研究成果　記者発表あり

2021 年 11 月 25 日

分野：生命科学・医学系　　キーワード：医師主導治験、アルファ線、甲状腺がん、核医学、加速器

難治性甲状腺がんに対する医師主導治験を開始
～アスタチンを用いた新しい標的アルファ線治療～

【研究成果のポイント】

- 治療効果の高いアルファ線を体内から照射する新たながん治療薬（アスタチン※1）の安定製造に成功
- 従来の治療では効果不十分である難治性の甲状腺がん患者を対象とした医師主導治験を開始
- 外来での注射 1 回で高い治療効果が得られ、負担の少ない革新的治療になることが期待される

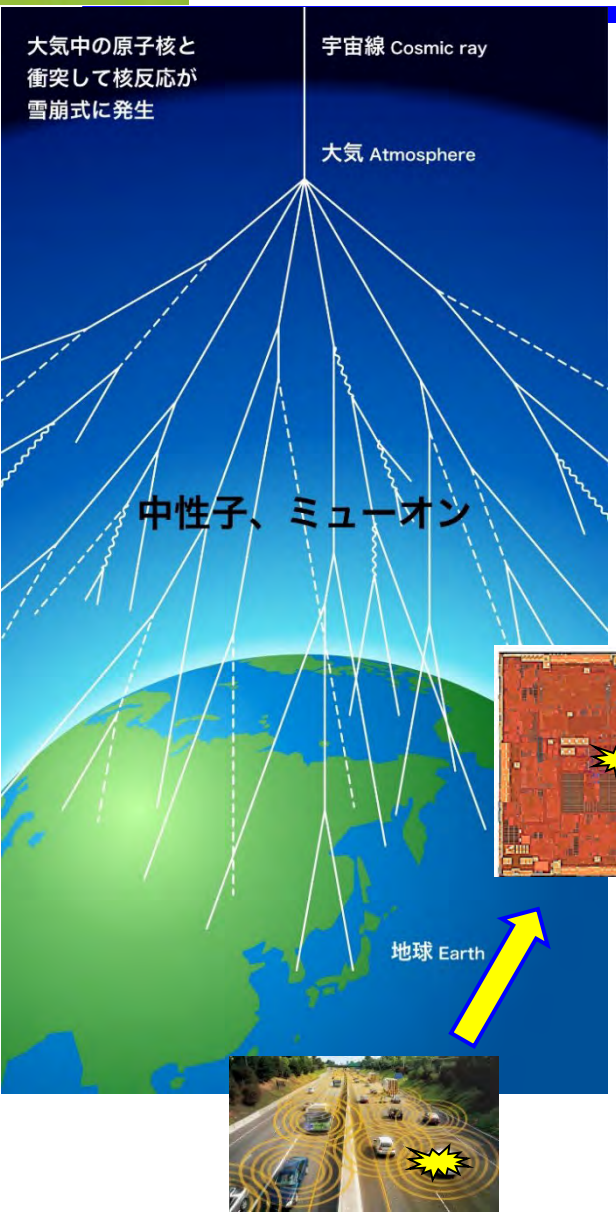
❖ 概要

大阪大学 大学院医学系研究科の渡部直史助教（核医学）らの研究グループは、難治性分化型甲状腺がんに対するアスタチン化ナトリウム（[^{211}At]NaAt）注射液の医師主導治験※2 を開始します。

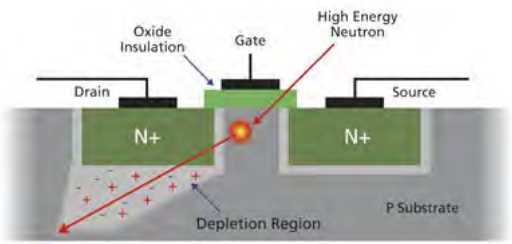
これまで、主に放射性ヨウ素（^{131}I）※3 を用いたベータ線治療が行われてきましたが、多くの転移を伴う患者さんでは十分な治療効果が得られないことがありました。一方、アスタチンはヨウ素によく似た性質を示す元素であるとともに、アルファ線と呼ばれるエネルギーの高い放射線を放出するため、より高い治療効果が期待されます。研究グループはこれまでの非臨床試験において、アスタチン化ナトリウム（[^{211}At]NaAt）注射液（治験成分記号：TAH-1005）の有効性と安全性を十分に検証しました。そのうえで、理化学研究所 RI ビームファクトリーで製造したアスタチン（原料）をもとに、大阪大学医学部附属病院において治験薬としての安定製造（院内製造）に成功しました。

この度、同病院の治験審査委員会等の承認、医薬品医療機器総合機構（PMDA）※4 の治験計画届出調査を経て、患者さんに対する医師主導治験を開始できることになりました。今後、治験の中でアルファ線治療薬アスタチンの安全性や薬物動態を確認すると共に、医薬品としての実用化を目指して、有効性の検証を行っていきます。

宇宙線起源ソフトエラー



中性子やミューオンが半導体中で原子核反応を起こし、生成された荷電粒子がごく稀にビット反転を起こす：0 → 1 or 1 → 0



半導体デバイスの微細化によりソフトエラー頻度がハードエラー頻度を凌駕

TIMES

ング機墜落の警告

オピニオン&アナリシス・エディター ブルック・マスターズ

危うい自動運転車とも共通課題

- 異常動作や通信障害が発生し、システムダウン
- 制御プログラムが壊れて、制御不能に・・・
- 工場に持ち帰って調べても、障害が再現しない！
- 出回る機器の数が増えてから問題が顕在化！
- 完全自動走行（2025年頃に実現）では重大な事故を招きかねない。

ソフトエラーの脅威に対する対策は

1. システムのリセット、再起動
2. エラーの自動検知、自動修復
3. システムの冗長化（二重化、三重化）
4. ソフトエラー耐性の強いデバイス・回路の開発

必要性、効果の確認のために、SERの測定が必要

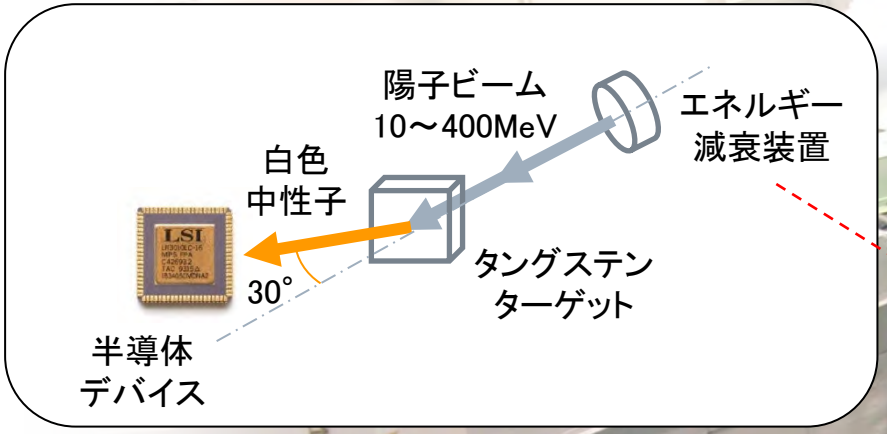
日常家電は、1の対応で十分。電源が切ることができない（通信機器）、数が膨大（IoT/IoE）、もしくは発生した場合の影響が甚大（自動運転車）な場合は2~4の対応が必要.

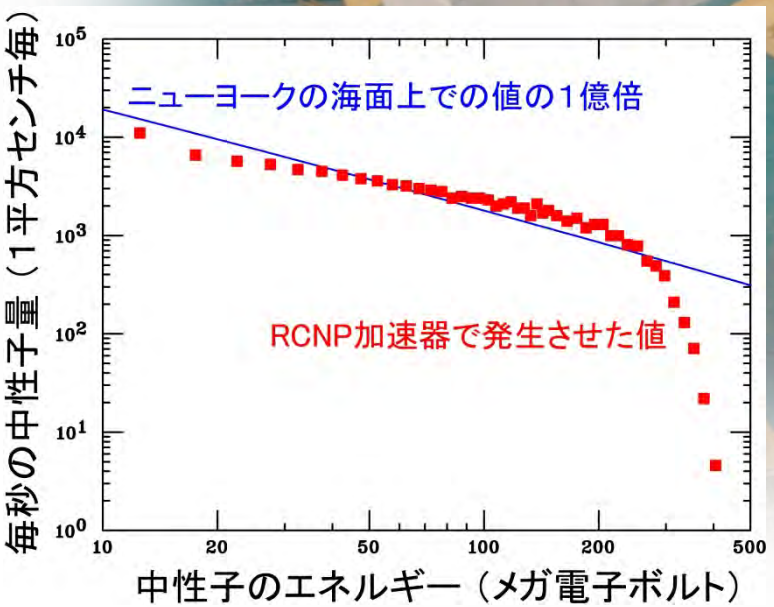
事前の対策がうまくいった例

RCNPでコンポーネントのソフトエラーレート(SER)を測定→2~4の対応策を全て実施

⇨ 回路やシステム設計の変更などに伴う膨大なコストと時間の発生を回避.

白色中性子照射による加速試験





- RCNPの白色中性子源の強度は16秒で自然界の100年分に相当
- 完全自動走行（2025年頃実現）に必要なチェックを行うには、ビーム強度を10倍に増強する必要がある.

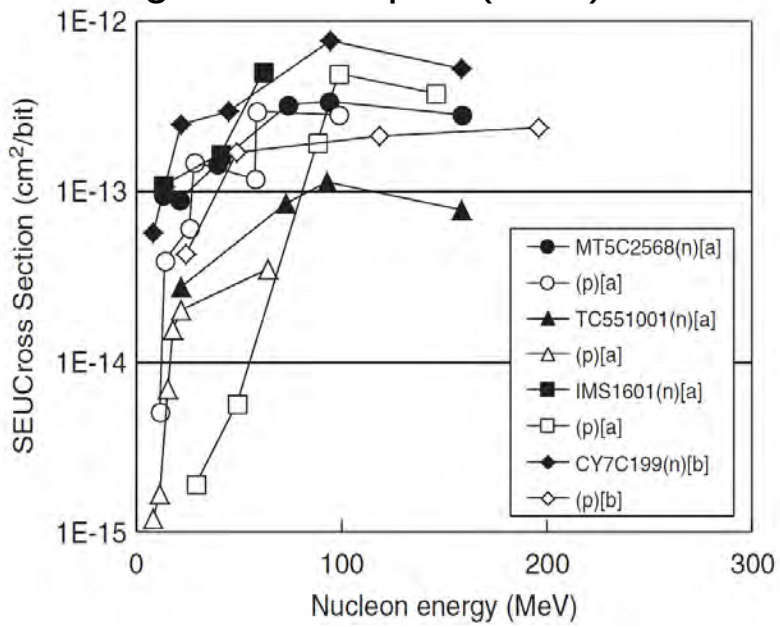
中性子起源ソフトエラーレートの見積もり

以下の二つ物理量の積を積分することで地上のSERが導出可能

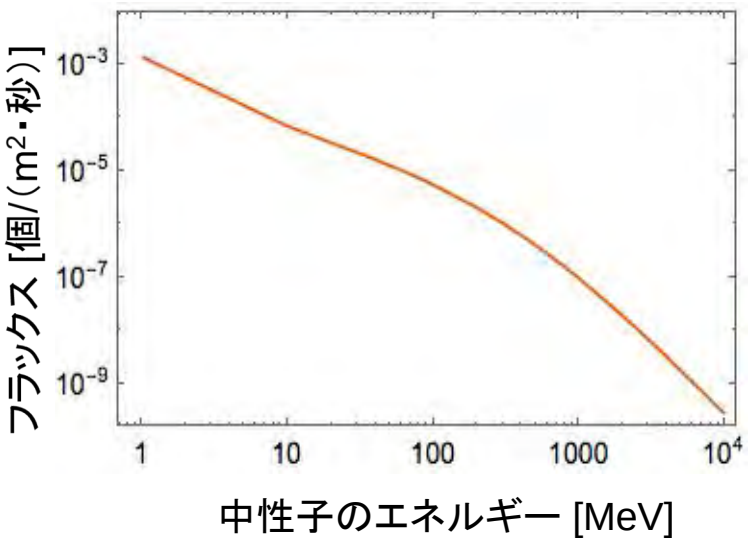
- σ_{SEU} :**エネルギー毎のSEU断面積 (デバイス依存で未知)**
- ϕ :地上の中性子フラックスのエネルギースペクトラム (既知)

$$\mathrm{SER} = \int \sigma_{SEU}(E_n)\phi(E_n)dE_n$$

Single Event Upset(SEU)断面積

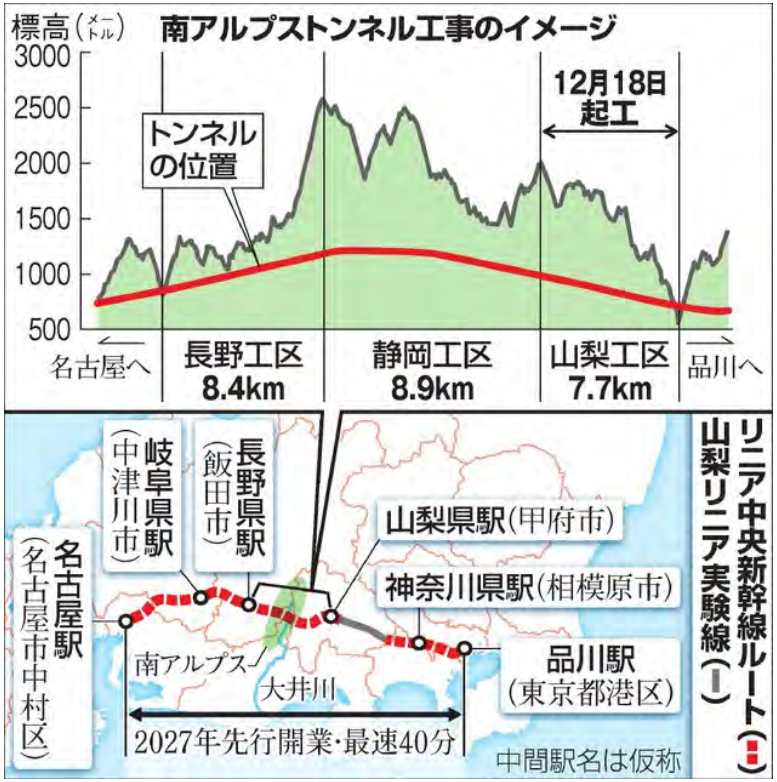


中性子フラックス



ミューオン起源ソフトエラー

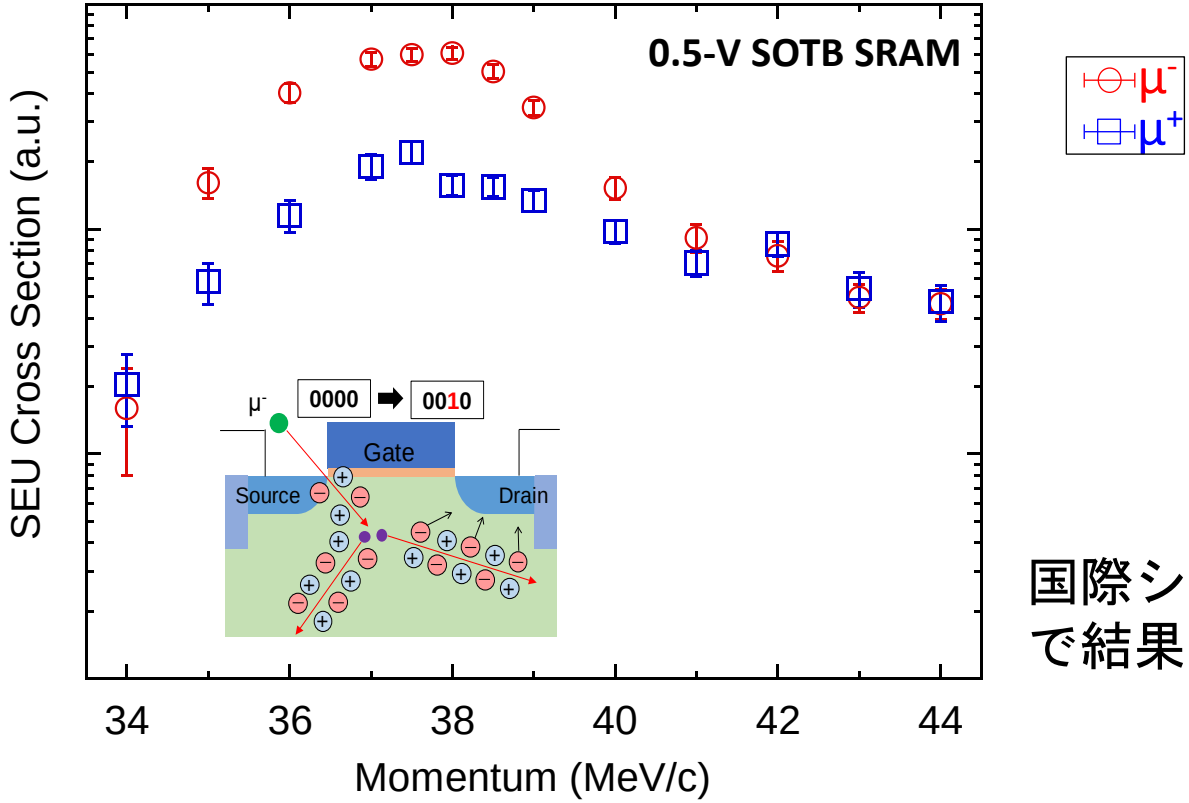
- ソフトエラーの原因は環境によって、大きく異なる.
  地下10mでは、 ミューオン ＞ 中性子



- 負ミューオン起因のソフトエラーの研究は世界的に手付かず.
- 国内に2つのミューオンビーム施設があるのは日本だけ.

正・負ミューオンによるSEUの実測結果

■ 低エネルギー正・負ミュオンビームを用いて、65-nm SOTB とBulk SRAM 素子 に対して**SEU断面積（SEU発生確率）**を測定.



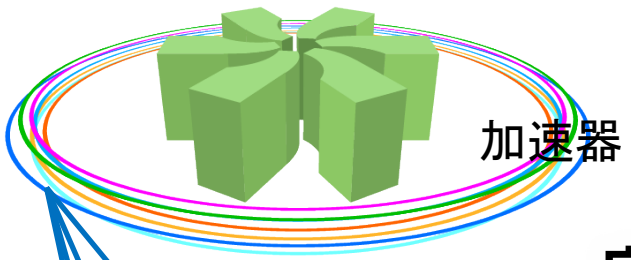
国際シンポRADECS2017で結果を発表.

負ミュオンの場合は、正ミュオンの場合に比べ、約3倍以上の高SEU発生率を示した.

5. 量子ビームを用いた教育と人材育成

人材育成

Multidisciplinary PhD Program for Pioneering Quantum Beam Application
先導的量子ビーム応用卓越大学院プログラム

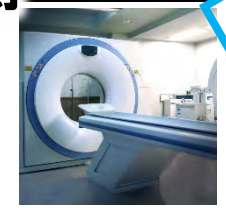


- 中性子ビーム（擬似宇宙線）
- 短寿命RI（人工元素）
- ミューオン（重い電子）
- 放射光（高輝度X線）

×

宇宙観測

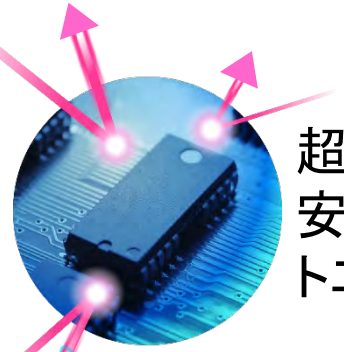
核医学



情報科学

化学・物理学

健康長寿社会を実現するアルファ線核医学治療



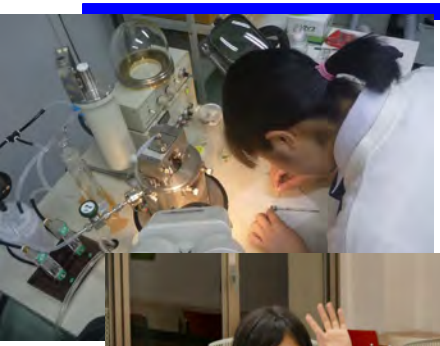
超スマート社会の安全を支えるソフトエラー対策

新たな社会課題を解決する新たな応用

- 異分野を経験する。
- トランスファブルなスキルを身につける。
- 28日間以上の海外研修が必修

⇨ 本拠点の海外パートナーが協力

次世代人材育成プログラムへの貢献



SEEDSプログラム

傑出した科学技術人材発見と早期育成を目指した
高校生向けのプログラム

大阪大学／京都大学／関西大学／NPO法人 知的人材ネットワーク あいんしゅたいん

ジュニアドクター育成塾 めばえ適塾

世界で広く活躍できる将来の科学者の芽を育てる
小・中学生向けのプログラム

両プログラムとも受講生の半数が女性

卓越大学院プログラム(PQBA)の学生は、
年に一度以上、メンターあるいはTAとして、
SEEDSプログラムまたはめばえ適塾に参加する。それにより、

- 好奇心旺盛で優秀な子供たちに触れ合う機会を得る。
- 大阪大学の長期的な経営戦略に貢献する。
- 理系分野のジェンダーバランスの改善に貢献する。
- 地域、日本、世界の活性化に貢献する。

6. 今後の展望

本センターの目指す方向性

大学内に加速器を持つ価値を最大化する。

国際頭脳循環 ⇨ 国際共同研究の推進により、新しいアイデア、新しい装置、新しい人を呼び込む。

イノベーション ⇨ 異分野融合研究や産学共創により新しい価値を生み出す。

卓越人材育成 ⇨ 関連コミュニティの国際ネットワークを活用して、卓越した人材を育成する。

大学の機能強化 ⇨ 大学のグローバル化と財務基盤強化に貢献する。

未来社会への貢献

難治性がんの克服

新しい
医療技術

宇宙での
重元素合成

アルファ線
核医学治療

核変形
ダイナミクス

RI利用
拡大

未来社会を拓く

高感度
データ

超高感度
分析

半導体デバイス
ソフトエラー

文化財の
非破壊分析

文化財の
恒久的保存

量子ビームの新たな応用

宇宙誕生の謎を
解き明かす

ニュートリノの性質解明

安心安全な
未来社会

7. まとめ

●大阪大学核物理研究センター（RCNP）
・1971年に設立以来，国内外に開かれた運営・利用を継続
・現在，国際共同利用・共同研究拠点として多様な分野での量子ビーム利用研究から社会実装を目指した応用に至るまで幅広く推進

●RCNP加速器施設
・K140 AVFサイクロトロン：　アップグレードが完了して，近々，運転再開
→　短寿命RI供給プラットフォーム（幹事機関）からのRI供給
→　アルファ線核医学治療用のAt-211を大量製造
※2021年度内に医師主導治験を開始
・K400 リングサイクロトロン：　高品質なイオンビームをより多く供給
→　超高分解能原子核実験や二次粒子（中性子・ミューオン）利用実験などの基礎・応用研究にビームを幅広く供給

●量子ビーム利用研究を通じた産学共創・社会実装，人材育成を推進
・OPERA「安心・安全・スマートな長寿社会実現のための高度な量子アプリケーション技術の創出」による社会実装
・先導的量子ビーム応用卓越大学院プログラム，めばえ塾での人材育成