



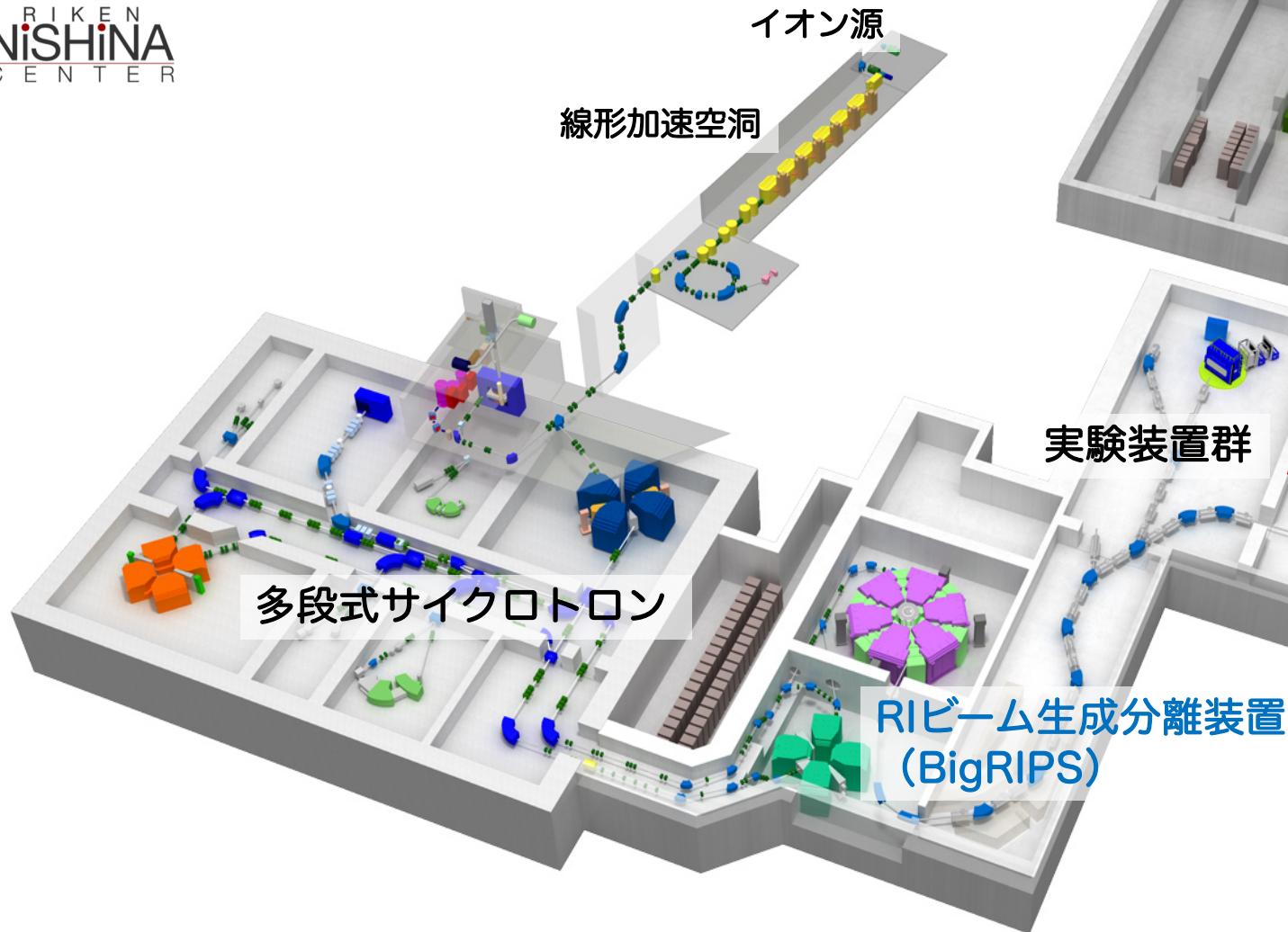
RIBFにおける重イオン蓄積リング

目次

- RIBF施設概要
- 稀少RIリング (R3)
- RUNBA計画

理研仁科センター実験装置開発室 山口由高

RIビームファクトリー

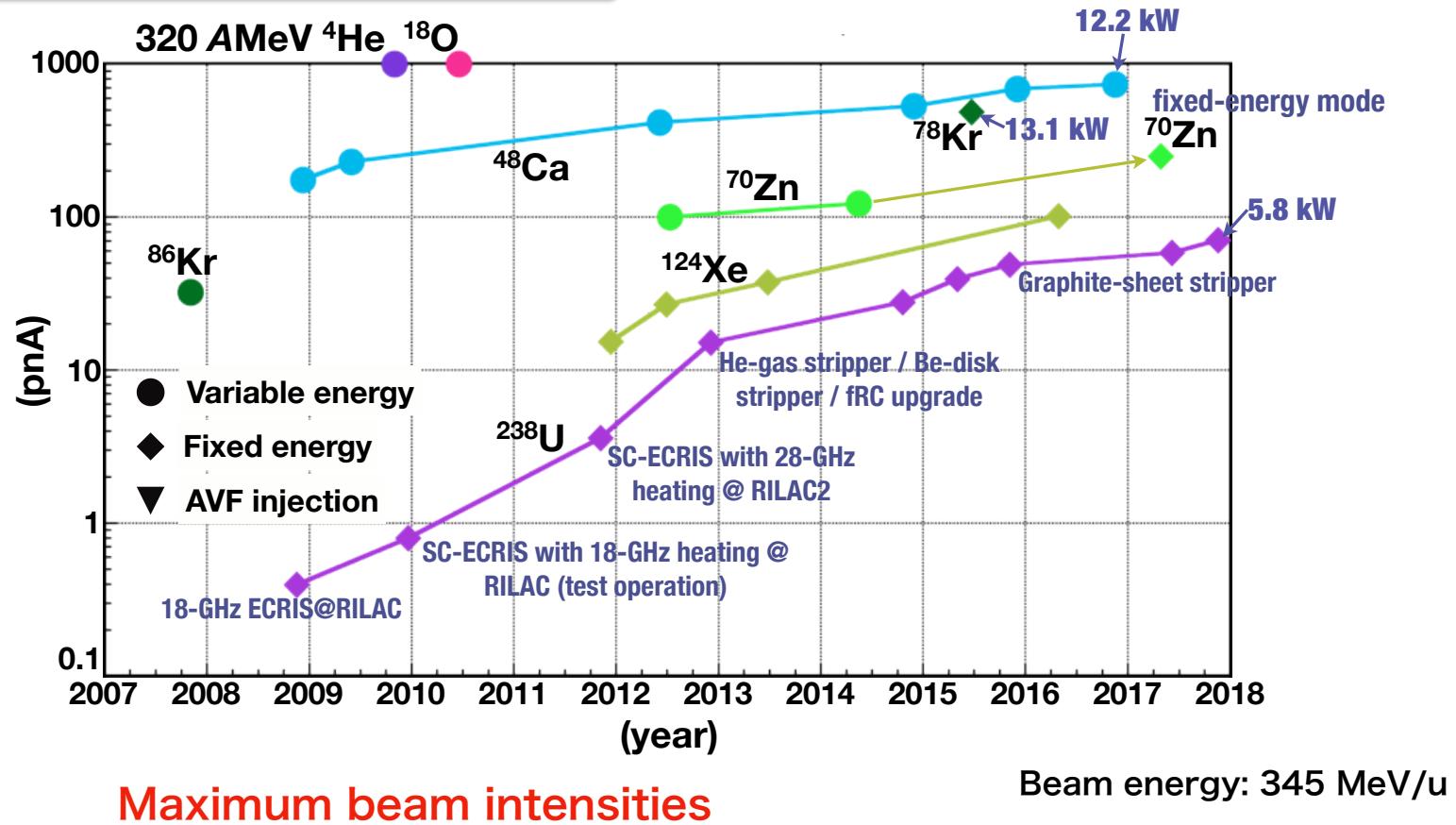


実験装置群

稀少RIリング
極短寿命 (10ms以下)
な不安定核の
精密質量測定実験施設

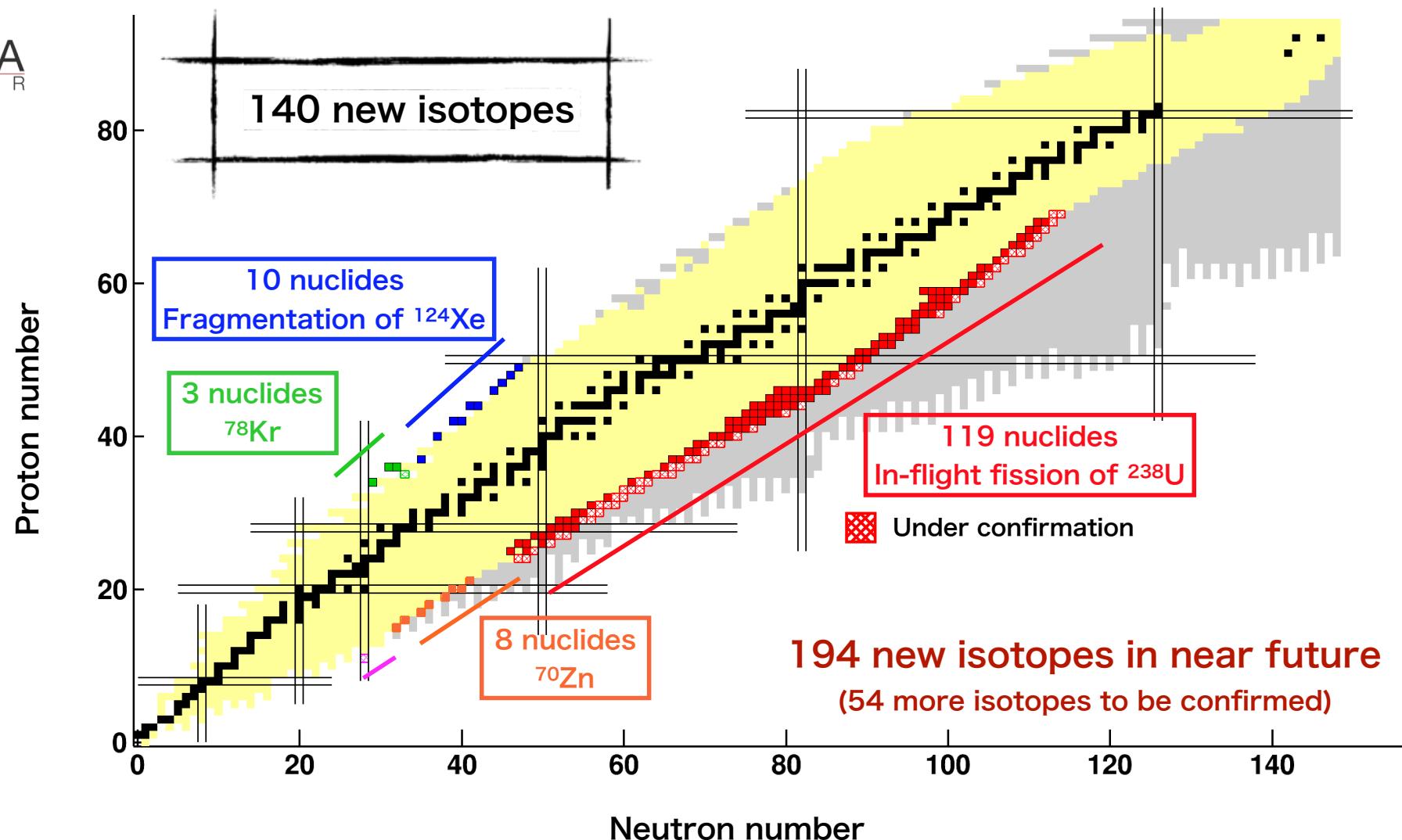
RIBFのビーム強度推移

Courtesy of N. Fukunishi



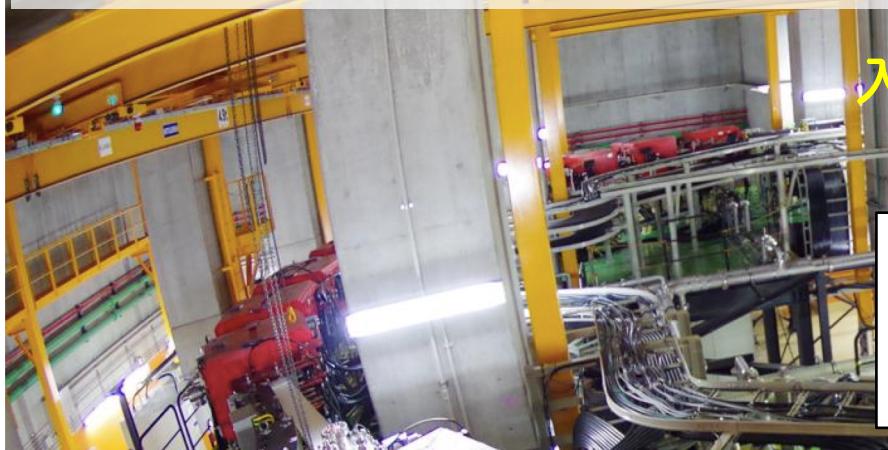
RIBFにおける新同位元素

Courtesy of N. Fukuda

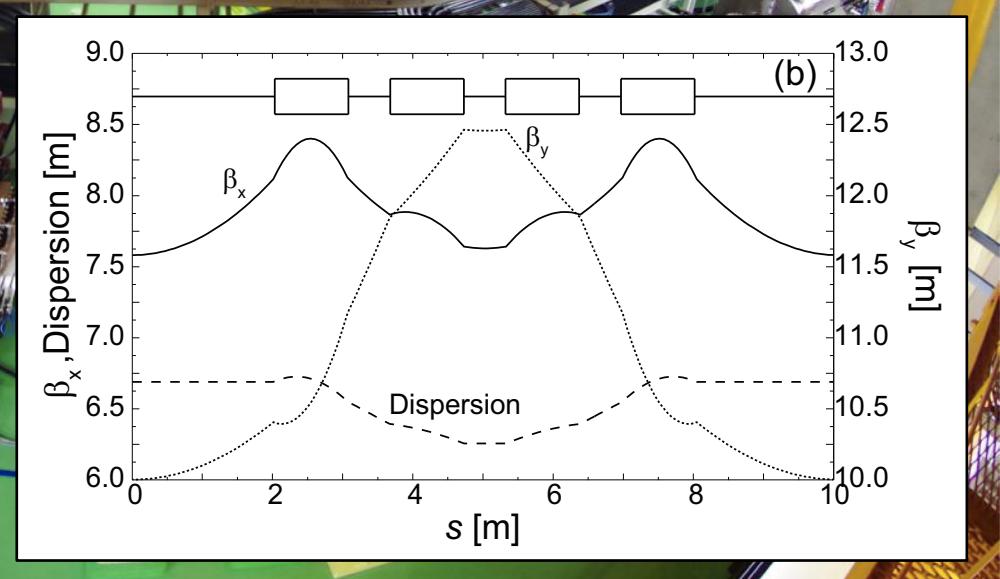


稀少R|リング (R3)

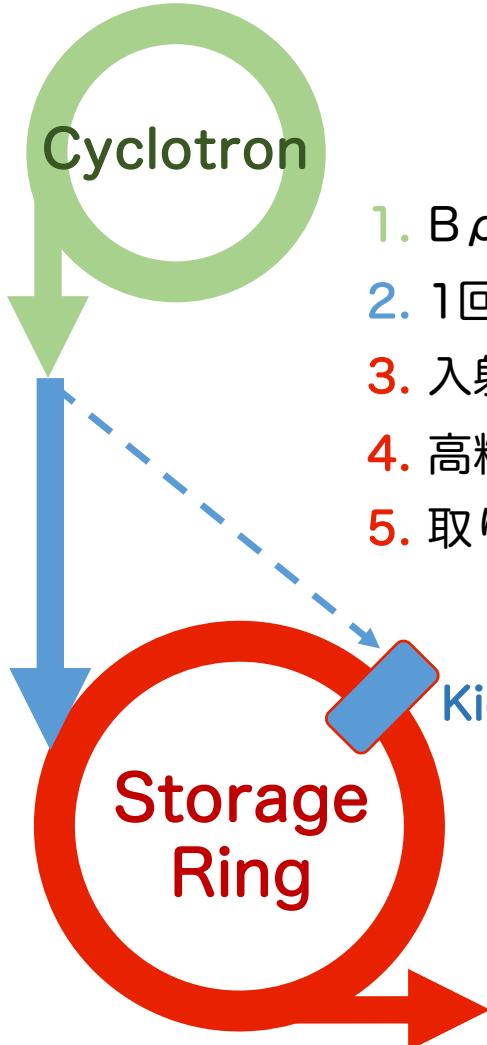
2012～2014：建設・整備
2015～2017：ビームによる試運転
2018.11：最初の質量測定実験



6回対称、周長60m
最大磁気剛性6.0Tm
到達真空度 $10^{-5}\sim 10^{-6}$ Pa (目標 10^{-8} Pa)



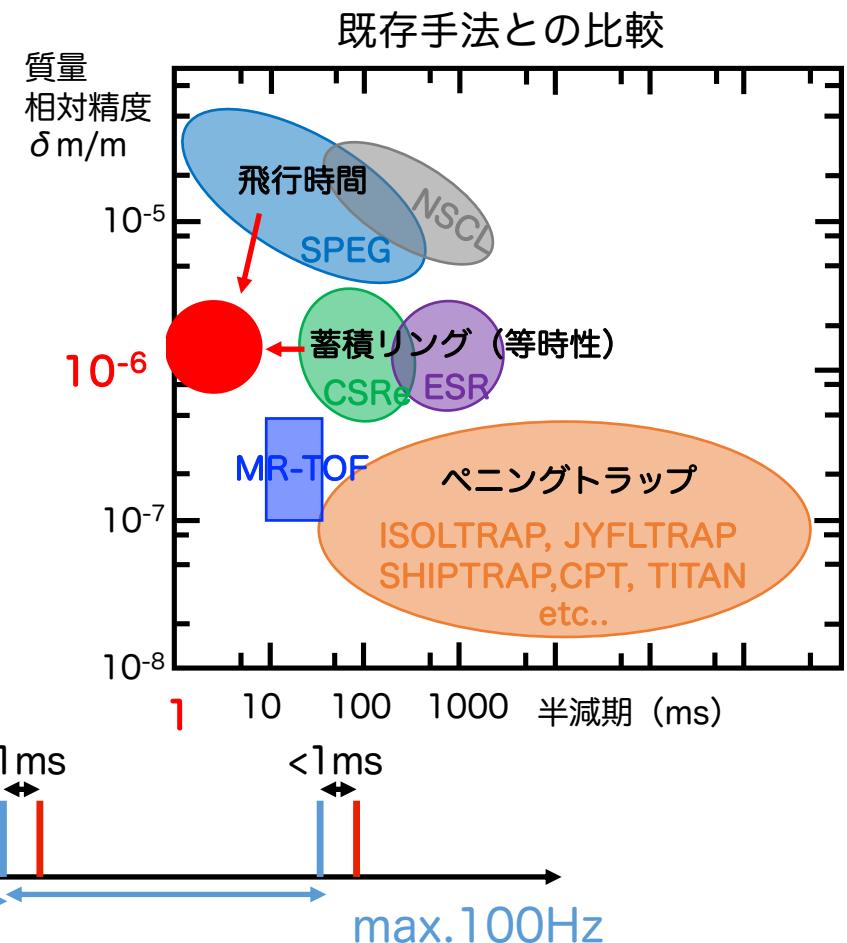
質量測定の概念



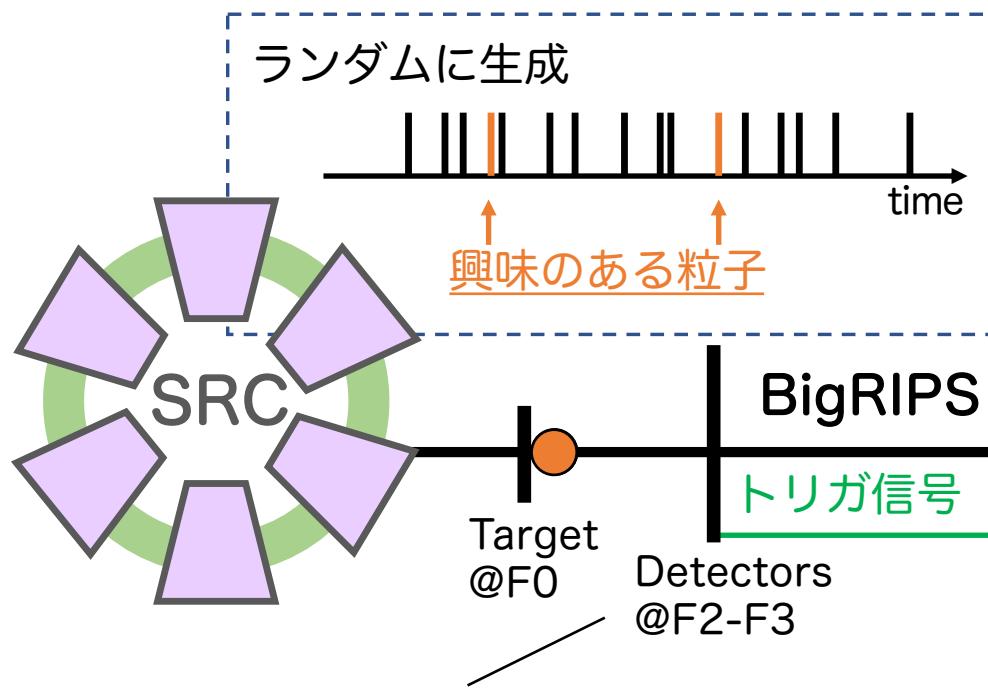
1. $B\beta$ - TOF - dE による粒子識別
2. 1回に1粒子だけ入射
3. 入射後1ms以内に取り出し
4. 高精度等時性場で TOF_{R3} を測定
5. 取り出した粒子を dE - totalE で識別

必須だった技術

- 1粒子ごとの入射
- 高精度等時性場の構築

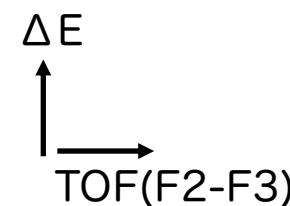


自己トリガ入射

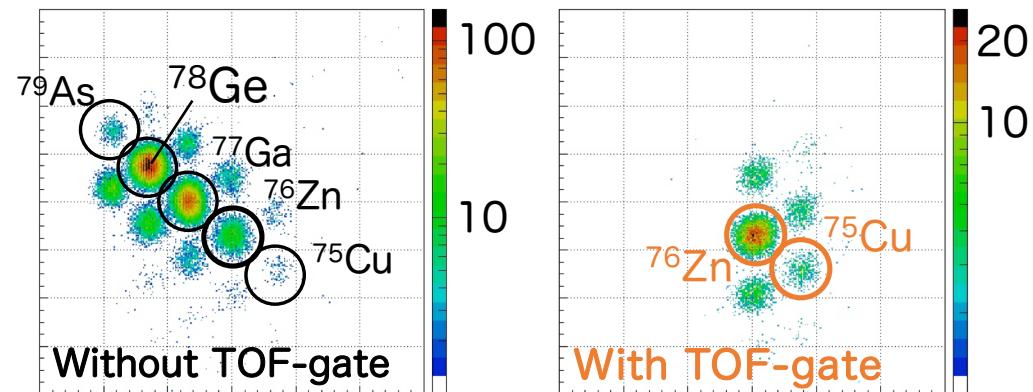
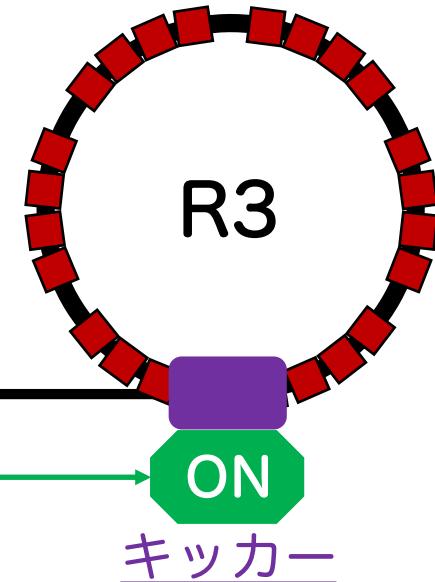


トリガイベントの選択

TOF-gate, dE-gate

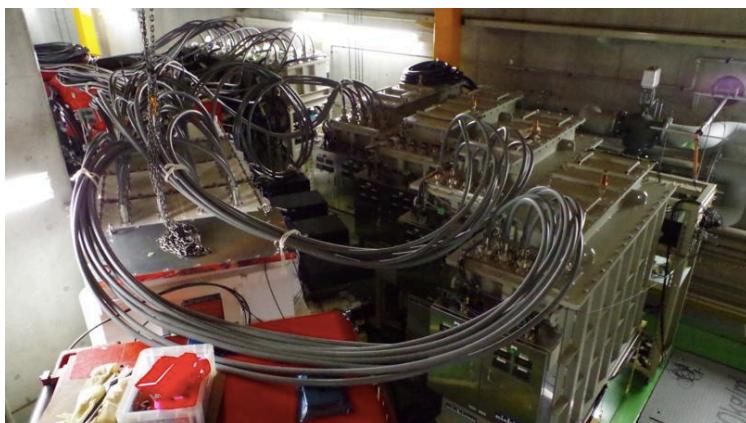


I. Meshkov
W. Mittig et. al.,
NIMA523(2004)262



入射、周回の確認

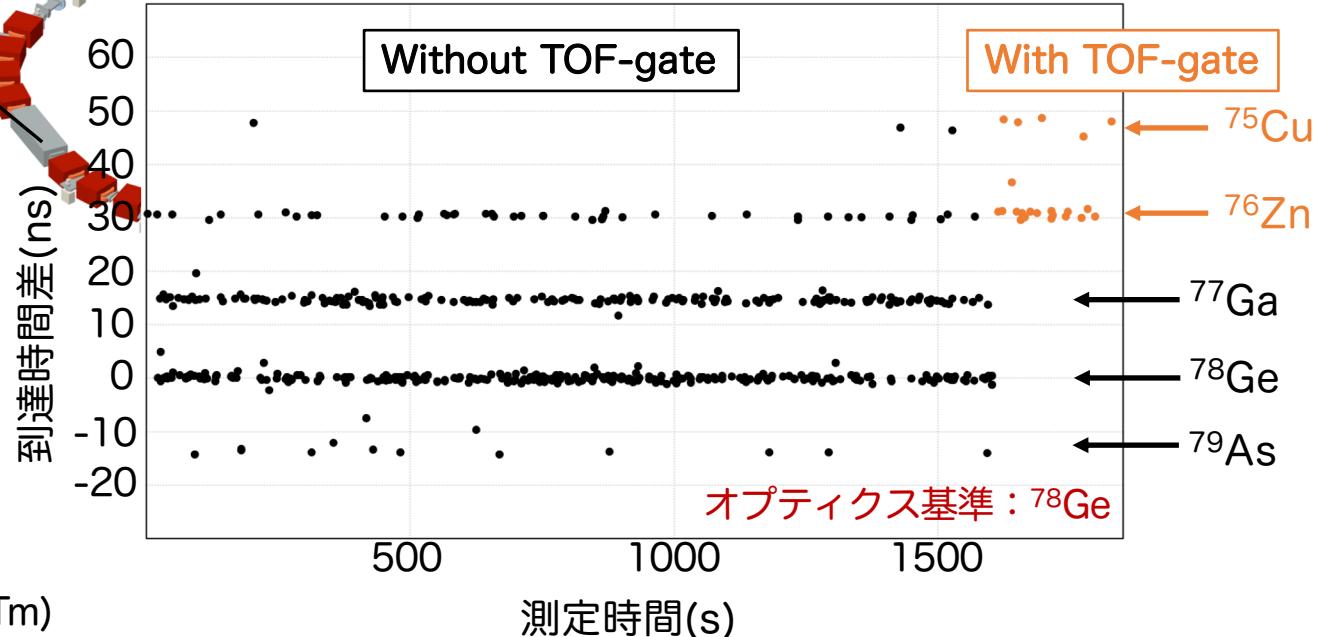
キッカー



パルス運転（最大100Hz）
高速応答サイラトロングート回路
ハイブリッド充電システム
分布定数型ツインキッカー
セル数：13/1台
特性インピーダンス：12.5Ω
最大充電電圧：75kV
蹴り角：11.4mrad(56kVc, 935Gauss, $B\rho=6\text{Tm}$)

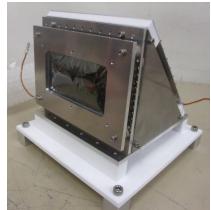
入射時の診断

プラスチックカウンタ



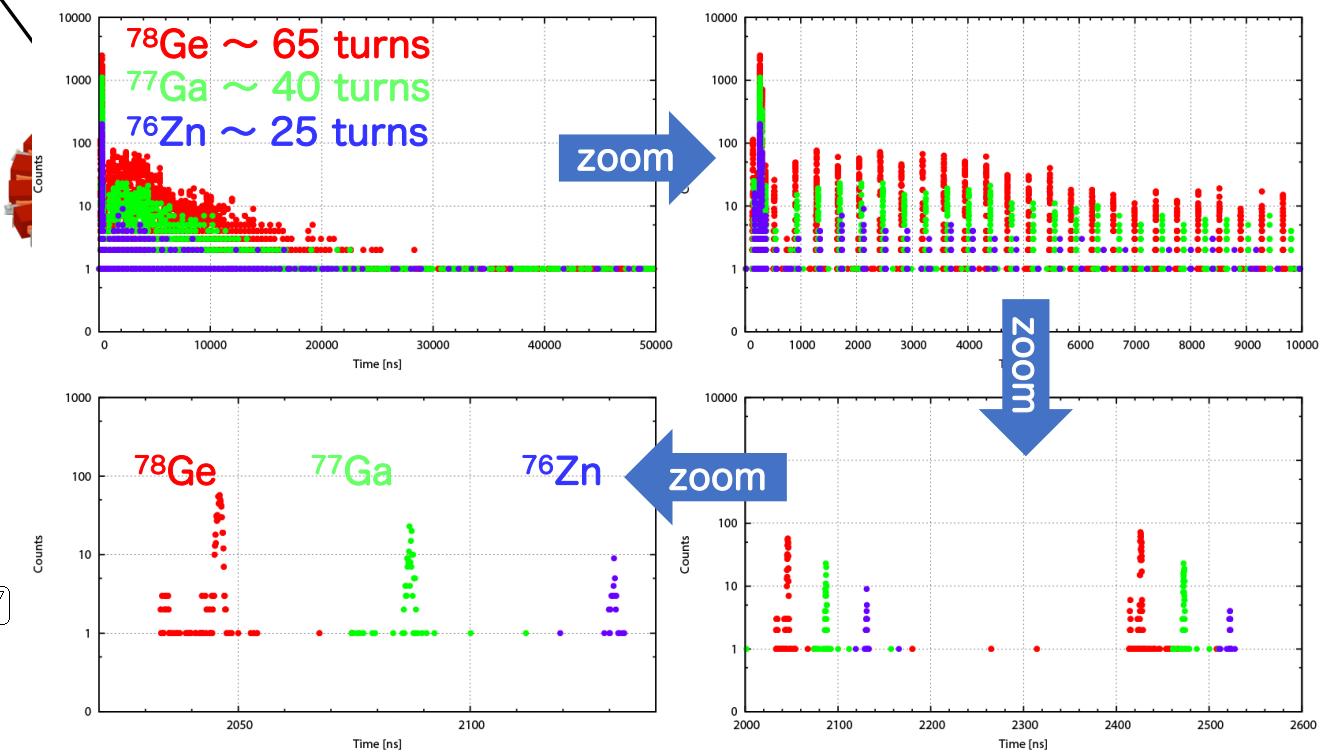
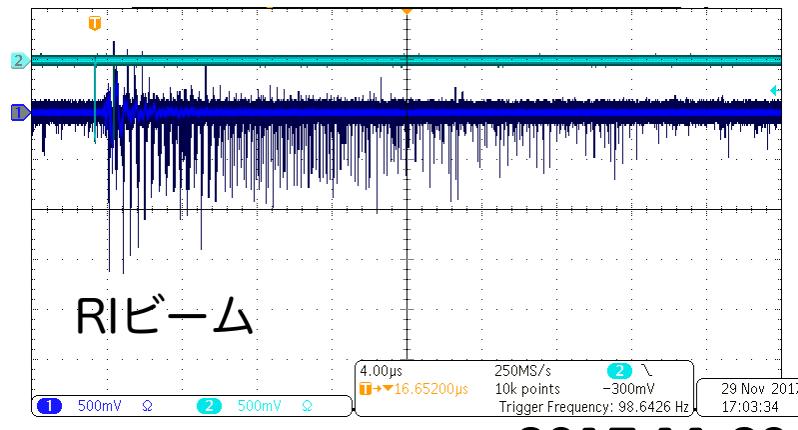
入射、周回の確認

最初の数十数を診断



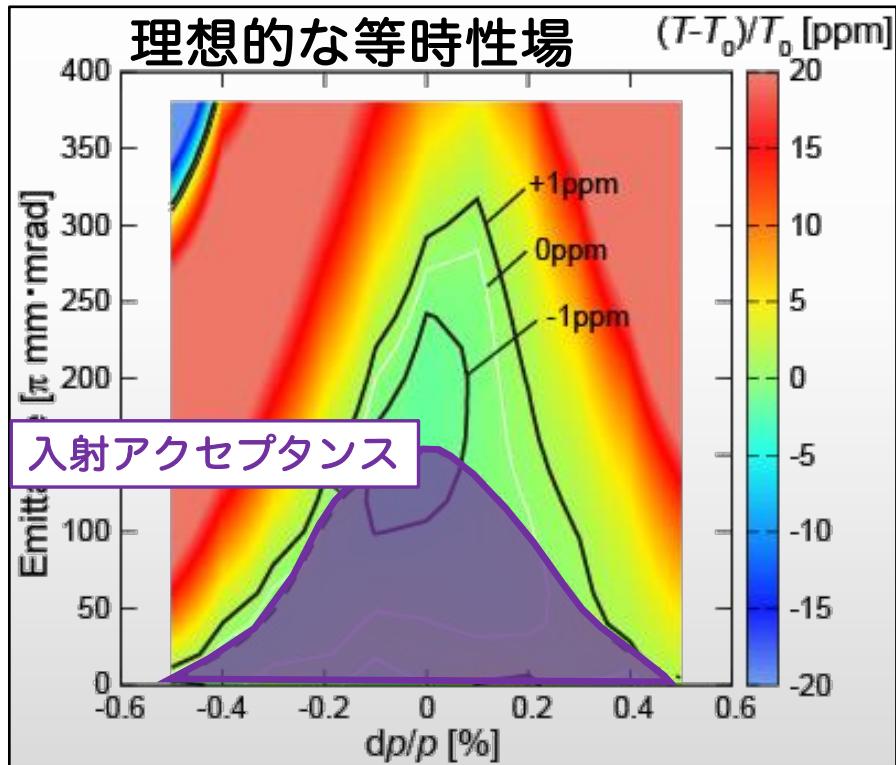
タイミング検出器 (C-foil + MCP)

C-foil厚 : 60ug/cm²
窓サイズ : 100mm x 50mm
検出効率 : 90%(⁸⁴Kr, 170MeV/u)



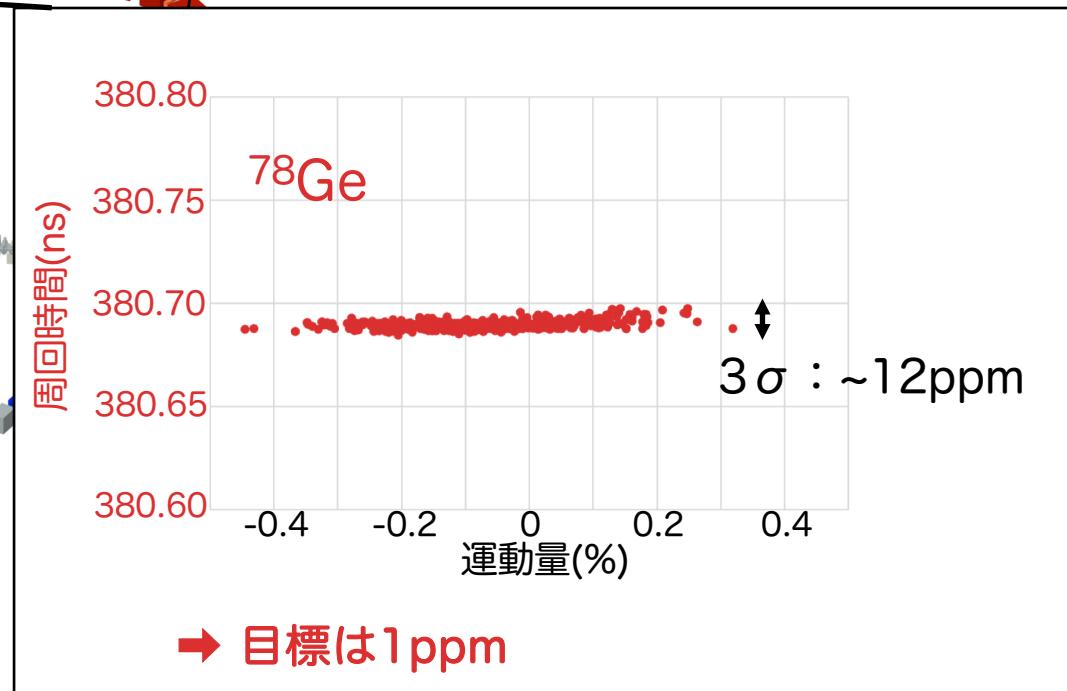
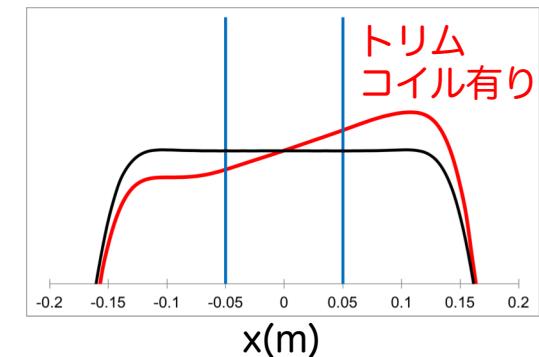
2015.6.20

高精度等時性場の構築



入射されれば運動量によらず全て ~1ppm !

トリムコイル

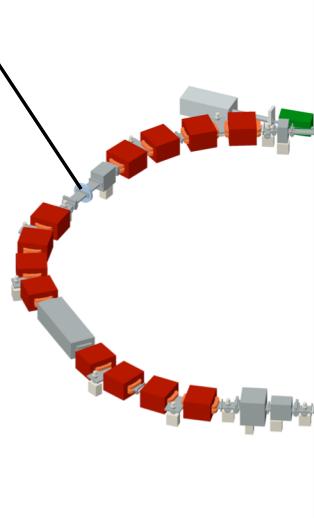


高精度等時性場の構築

蓄積の診断

等時性場の微調整時の指標

ショットキーピックアップ



共鳴空洞型

高感度：電荷17以上で1粒子を検出

高分解能：ppmオーダ

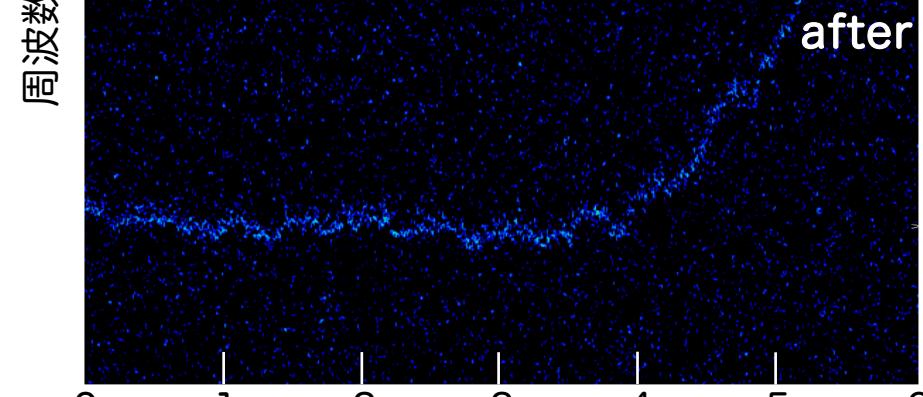
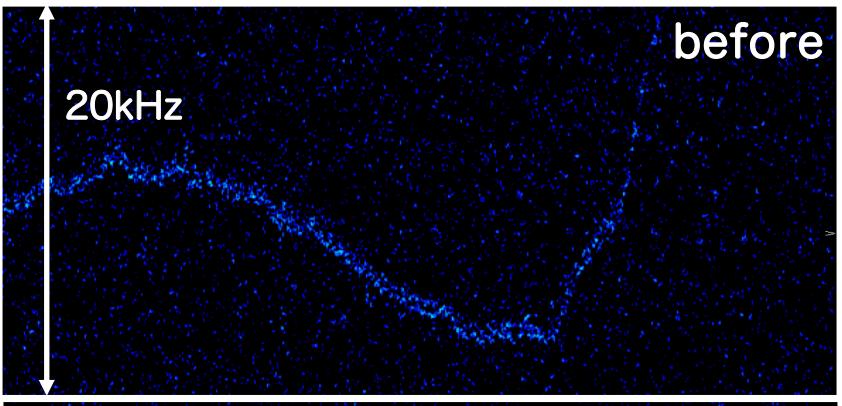
共鳴周波数：171MHz (TM₀₁₀)

調整幅：+/-1.5MHz

シャントインピーダンス：161kΩ

Q値：1880

$^{78}\text{Ge}^{32+}$



2017.11.30

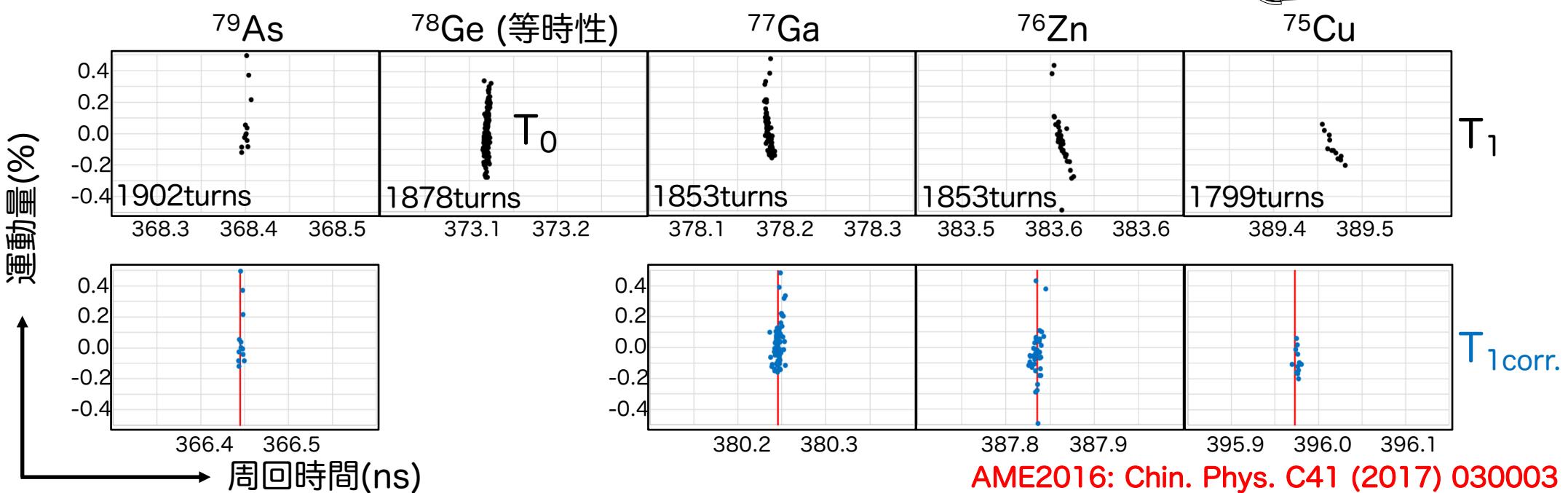
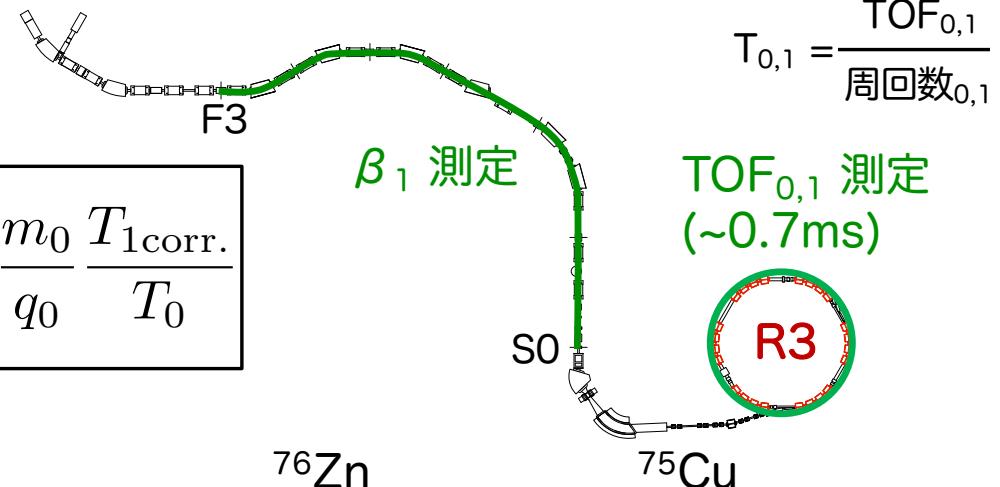
蓄積時間(s)
(with運動量減少)

質量導出解析手法の一例

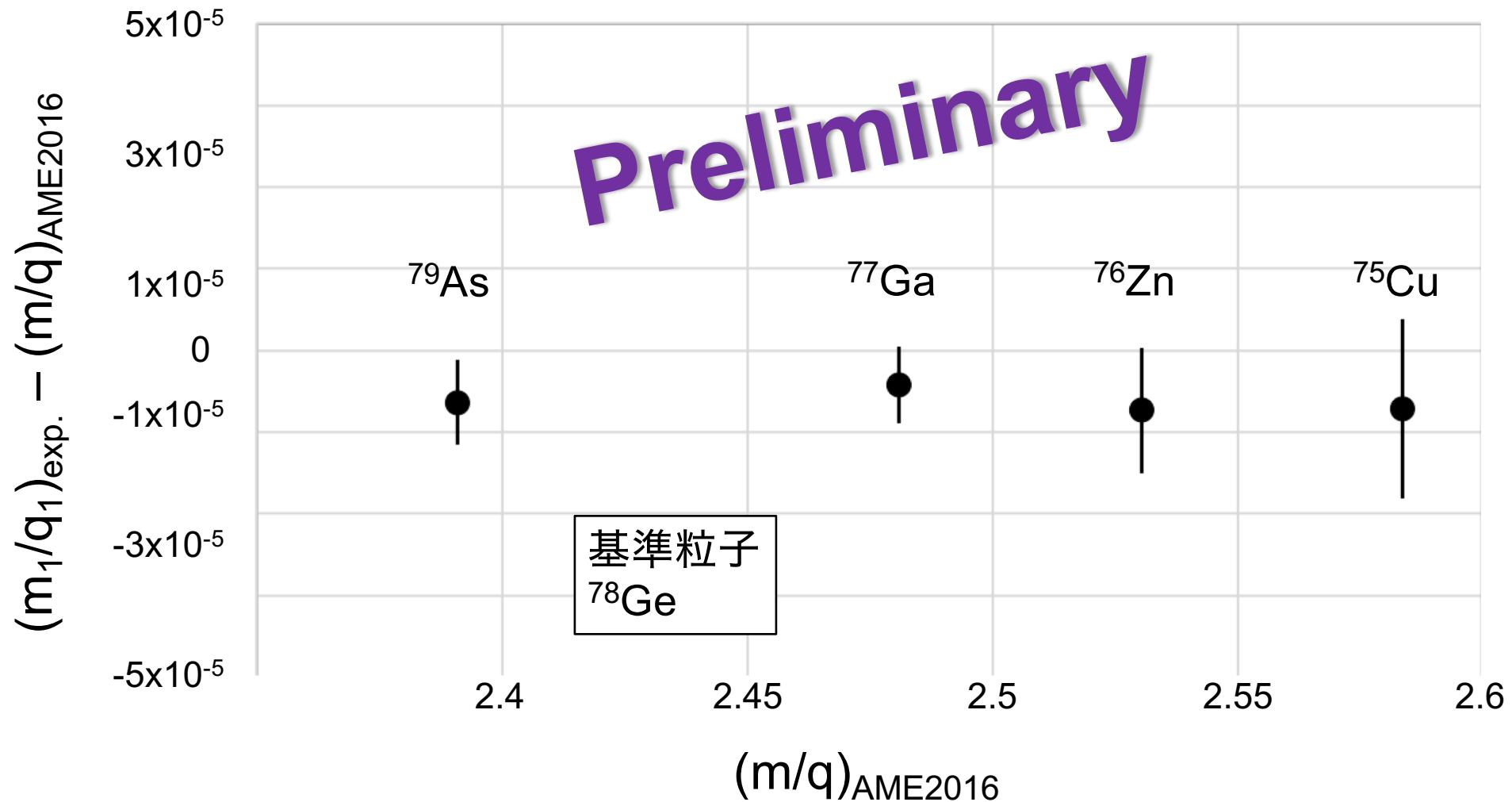
$$\frac{m_0}{q_0} \gamma_0 \beta_0 = \frac{m_1}{q_1} \gamma_1 \beta_1$$

$$\beta_0 T_0 = \beta_1 T_1$$

$$\frac{m_1}{q_1} = \frac{m_0}{q_0} \frac{T_1}{T_0} \sqrt{\frac{1 - \beta_1^2}{1 - (\frac{T_1}{T_0} \beta_1)^2}} = \frac{m_0}{q_0} \frac{T_{1\text{corr.}}}{T_0}$$



質量導出解析手法の一例



質量測定実験の展望



質量測定以外の可能性

寿命測定

蓄積リングは多価イオン状態のままベータ崩壊の寿命測定できるユニークな装置

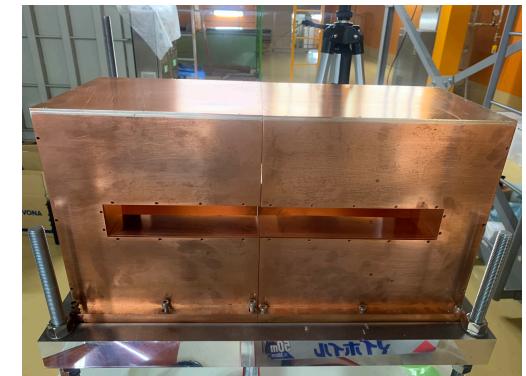
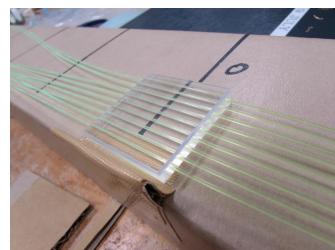
ドイツGSIのESRでは束縛状態 β^- 崩壊実験の実績あり (Phys. Rev. Lett. 77 5190 (1996), etc...)

R3にだってできる！？



超高真空へ 10^{-8} Pa に!
ベーキング + NEGポンプ稼働

飛行中に崩壊現象を捉える検出器の開発
真空パイプ内部に張り巡らせ崩壊後の娘核を検出



共鳴型小型ショットキーピックアップ
既存のチェンバに挿入可能 (R3全体で3か所挿入可能)
感度は既存の10倍：電荷6以上で1粒子を検出 (検出時間の短縮)
調整幅は既存の2倍

R3コラボレーション



中国科学院近代物理研究所
Institute of Modern Physics, Chinese Academy of Sciences



RUNBA計画

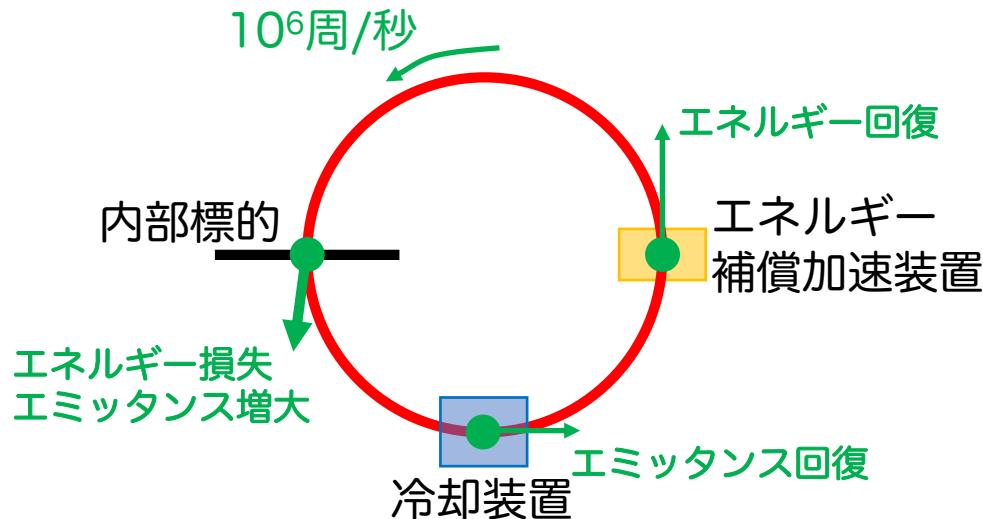
概要

RIBFの方向性 → 「ビーム大強度化」



「稀少RIビームリサイクル」

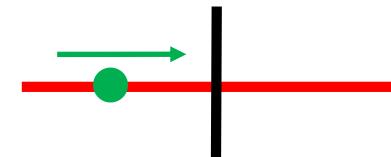
リングによる核反応研究



“1秒に1個でも100万回のチャンス”

従来の核反応研究

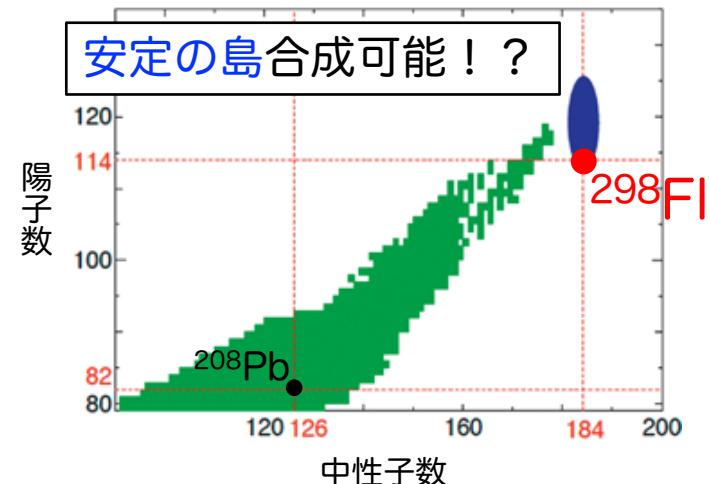
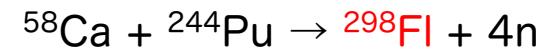
十分な収量O.K.、1秒に1個は困難



反応標的 (極端に厚くできない)

将来的には…

RIビーム+RI標的の核融合反応

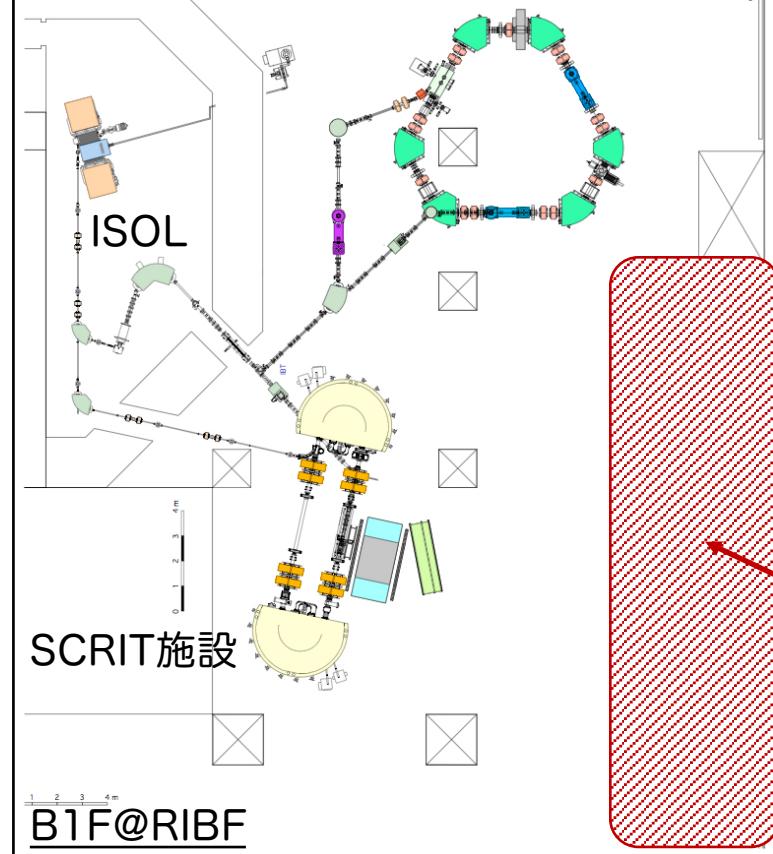


概要

RUNBA

ビームリサイクル技術について
軽い低エネルギー粒子を用いて原理検証する場

$Z < 5$
 $E < 10 \text{ MeV/u}$



京大化研sLSR

周長22m

$B\rho < 1 \text{ Tm}$

