

# A dream for the collider between unstable nuclear beam and light ions

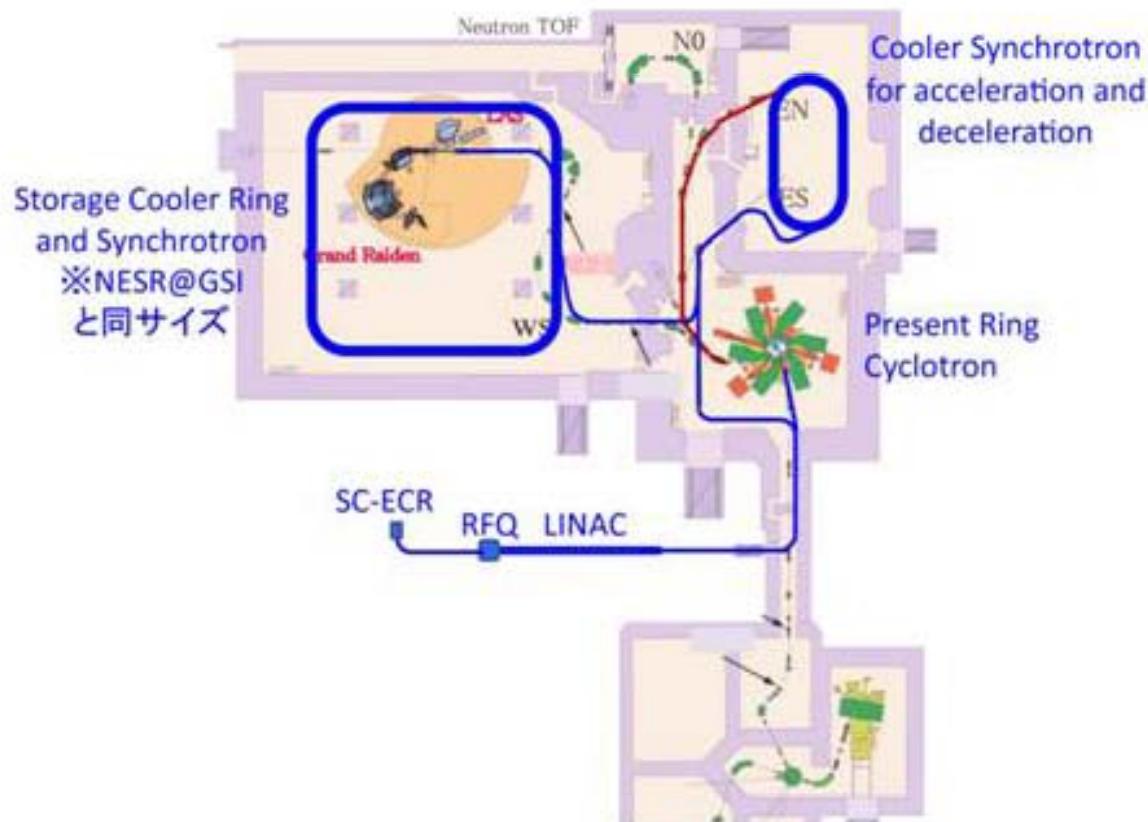
H. Sakaguchi, J.Zenihiro  
@RCNP

2010.9.24

- 1 Motivation
- 2 Colliderの特徴
- 3 Luminosityの比較
- 4 まとめ

# Motivation

## New Accelerator Facility Plan at RCNP



- 蓄積リング計画の概要
- Linac
- Synchrotron
- Cooler
- Storage Ring
- →Collider  
(不安定核での精密実験、ゼロ度測定)

# Collider is free from gas jet target and inverse kinematics

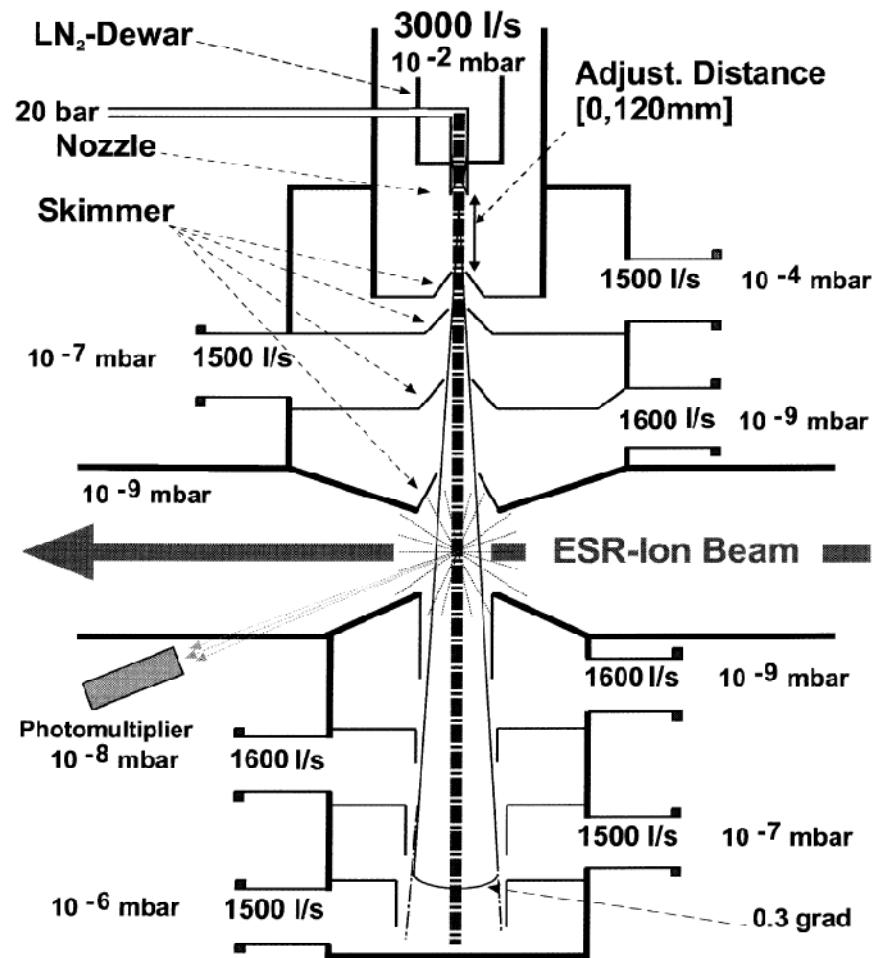
- With the use of inverse kinematics, energy resolution of the measurements is governed by the angular resolution of the detector.
- In the case of inelastic scattering, angular tagging or resolution of 0.4 mr is necessary to achieve 200 keV energy resolution in the inverse kinematics.
- In the inverse kinematics, magnetic particle spectrometer is difficult to design and high resolution studies are almost impossible.

# 特に非弾性散乱の場合

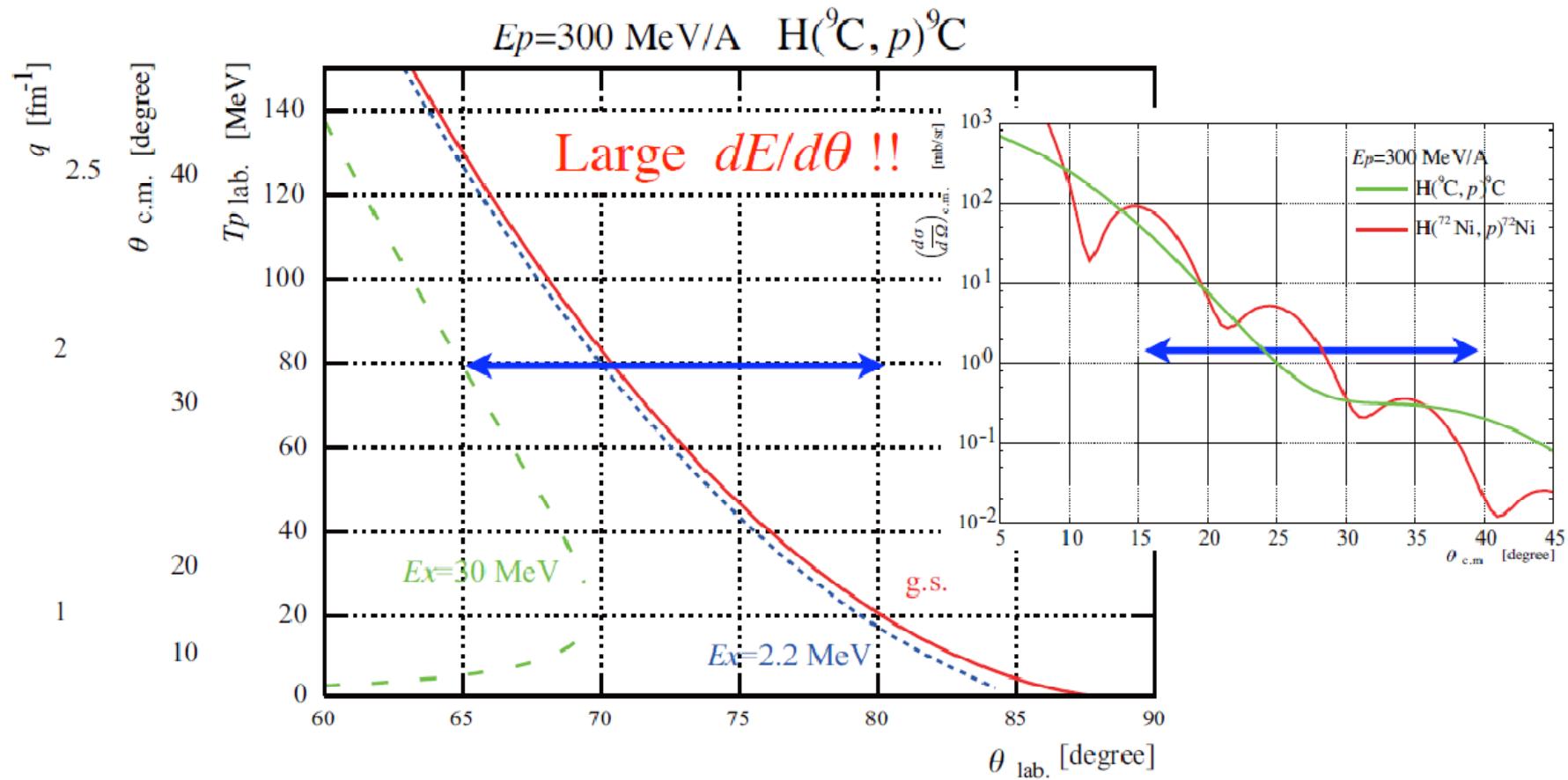
- ゼロ度付近、あるいは前方散乱が重要だが、逆運動学法では測定粒子のエネルギーが低すぎて測定が難しい。
- エネルギー分解能も散乱粒子測定の角度分解能で制限される。現在では崩壊ガンマ線との同時測定で分離している。
- エネルギー高分解能測定は高励起では殆ど無理。
- これらの難点はコライダー実験では克服できる。

# Gas Jet Target @ESR@GSI

## Target Density $10^{13}$ p/cm<sup>3</sup>



# 不安定核の測定

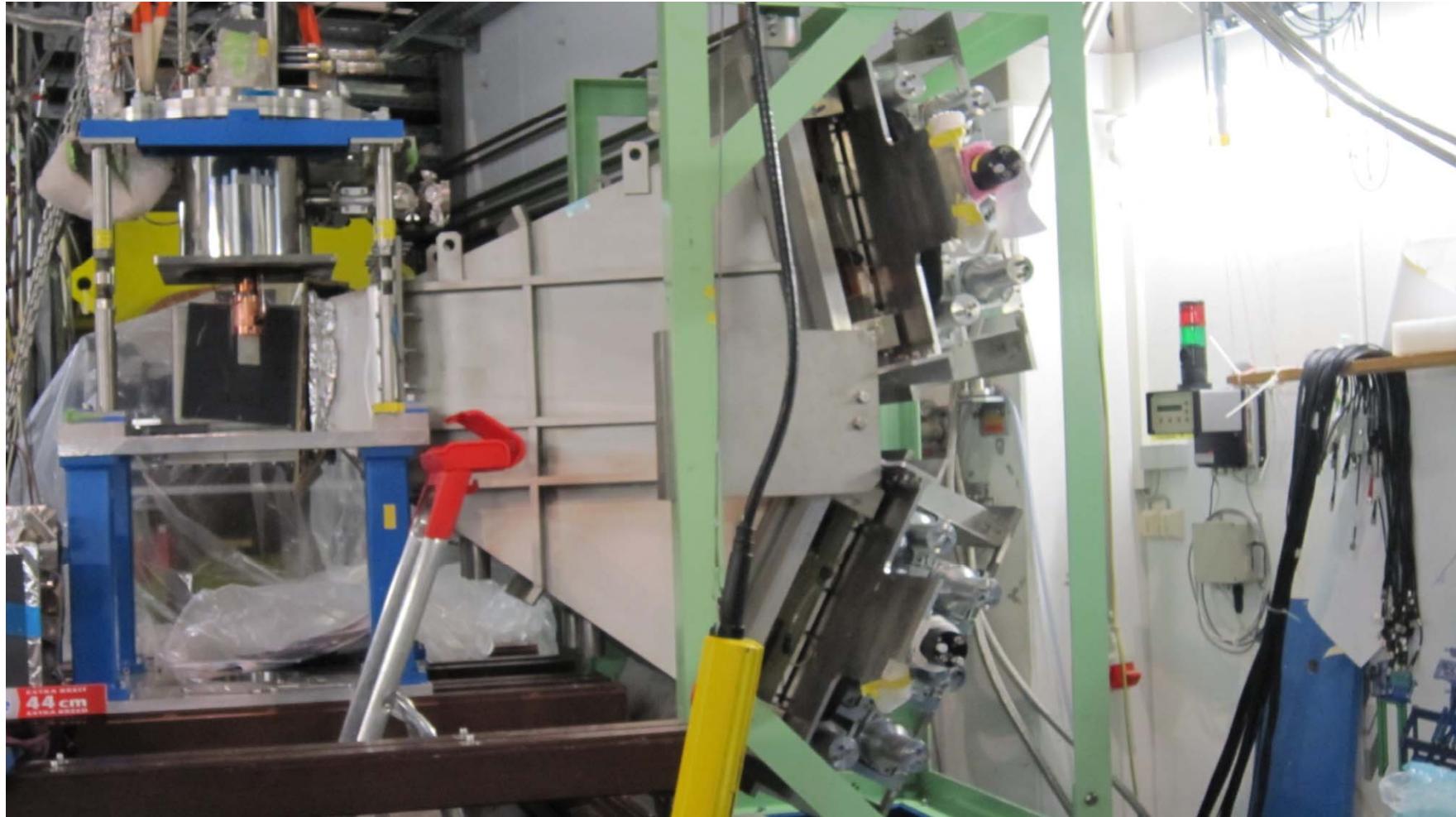


”運動量移行の広い範囲に渡る”測定は難しい

これまで低運動量移行側( $< 1 \text{ fm}^{-1}$ )の測定しかない

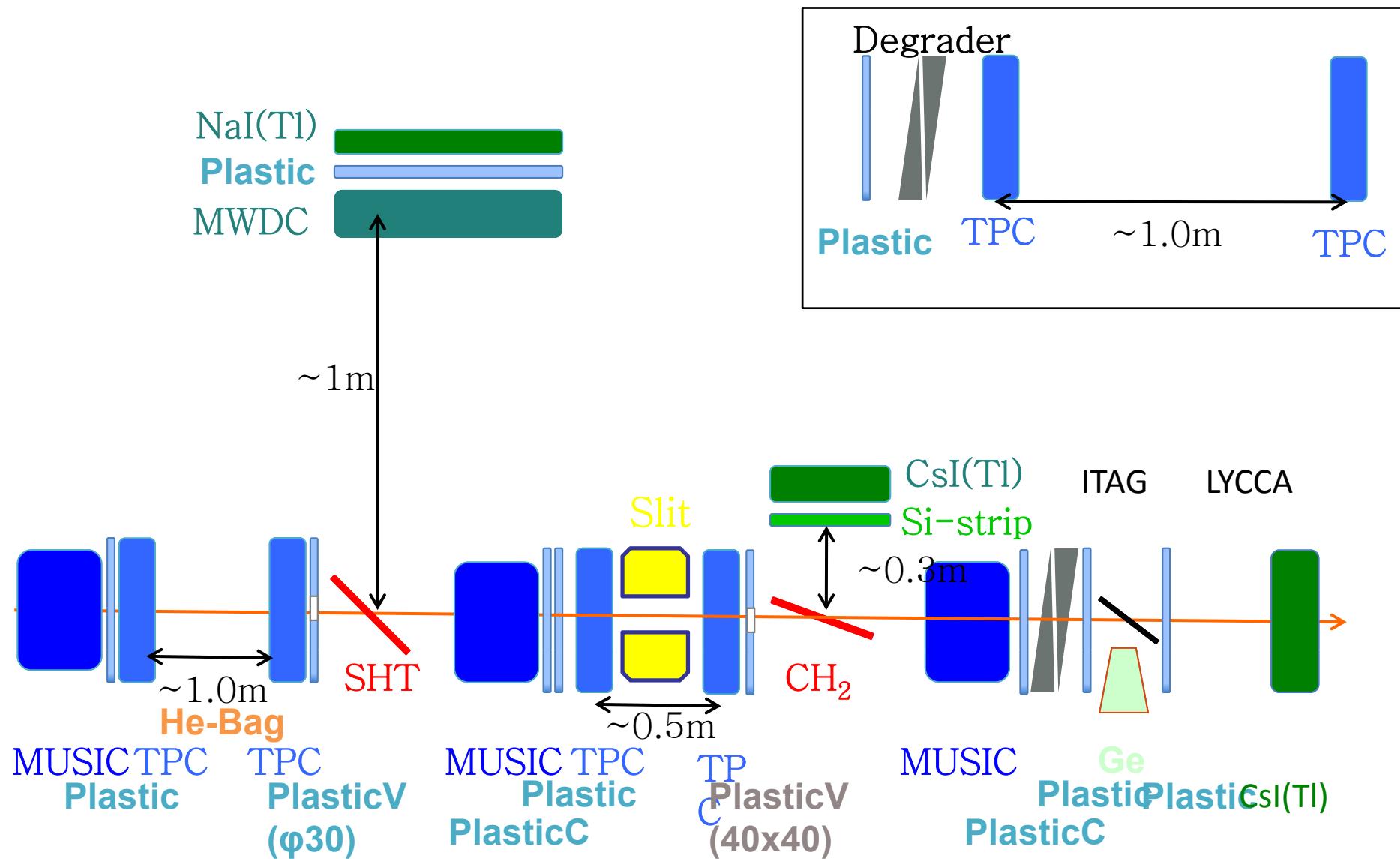
ビームエネルギー 100 MeV 以下 : RIKEN, GANIL, MSU

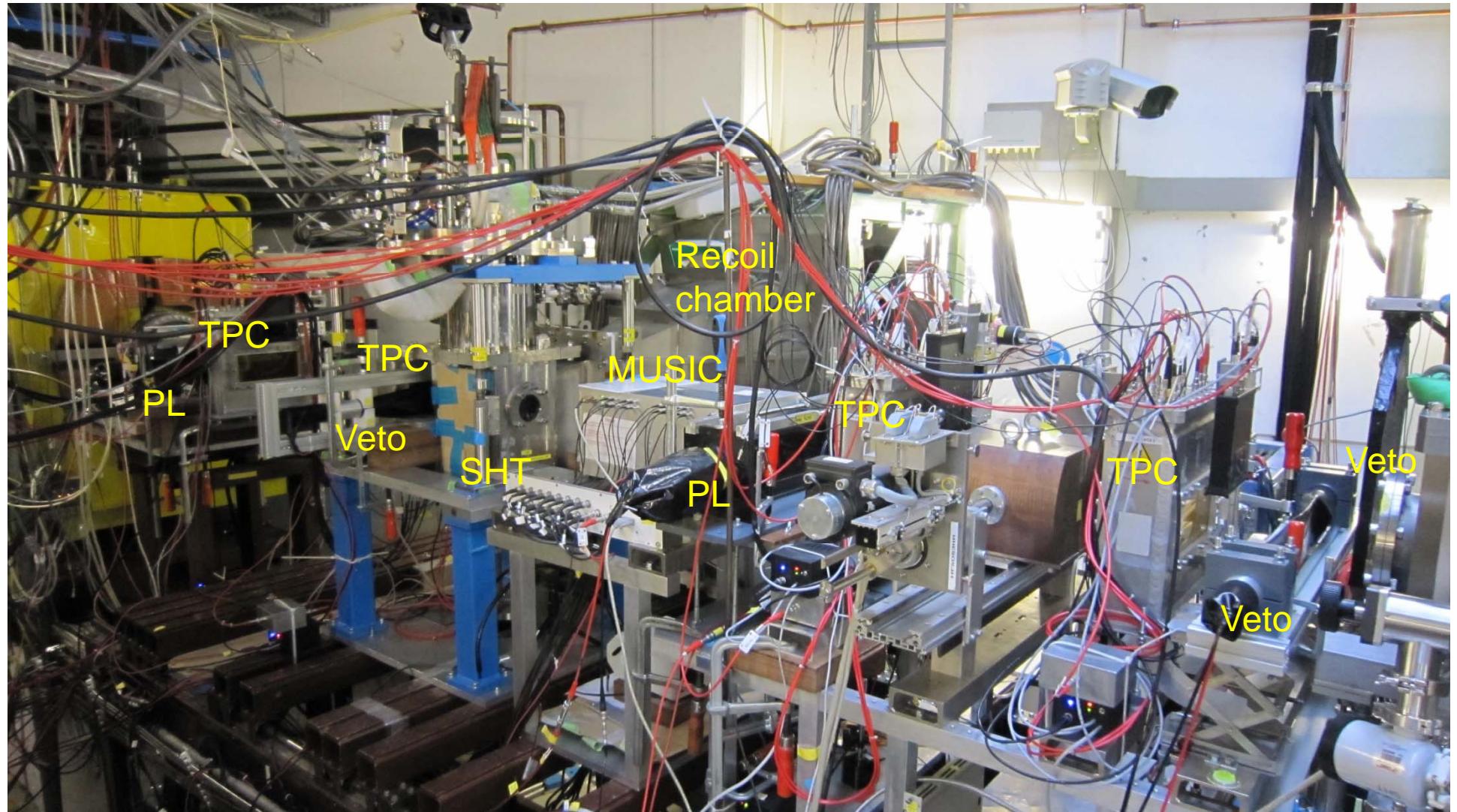
ビームエネルギー 700 MeV : GSI



反跳陽子の散乱角度はSHTから1m程度離れたDrift Chamberで測定、energyはNaIで測定する。@GSI

# Schematic view at S4(S2)





TPC:Beam position, angle

**SHT**

Recoil Cahmber:  
DC + PL+ NaI

TPC:Beam position, angle

@GSI

# コライダー実験の特徴1

To see decaying states precisely

- Since the target is moving in a moderate velocity, low energy decay particles are easy to detect.

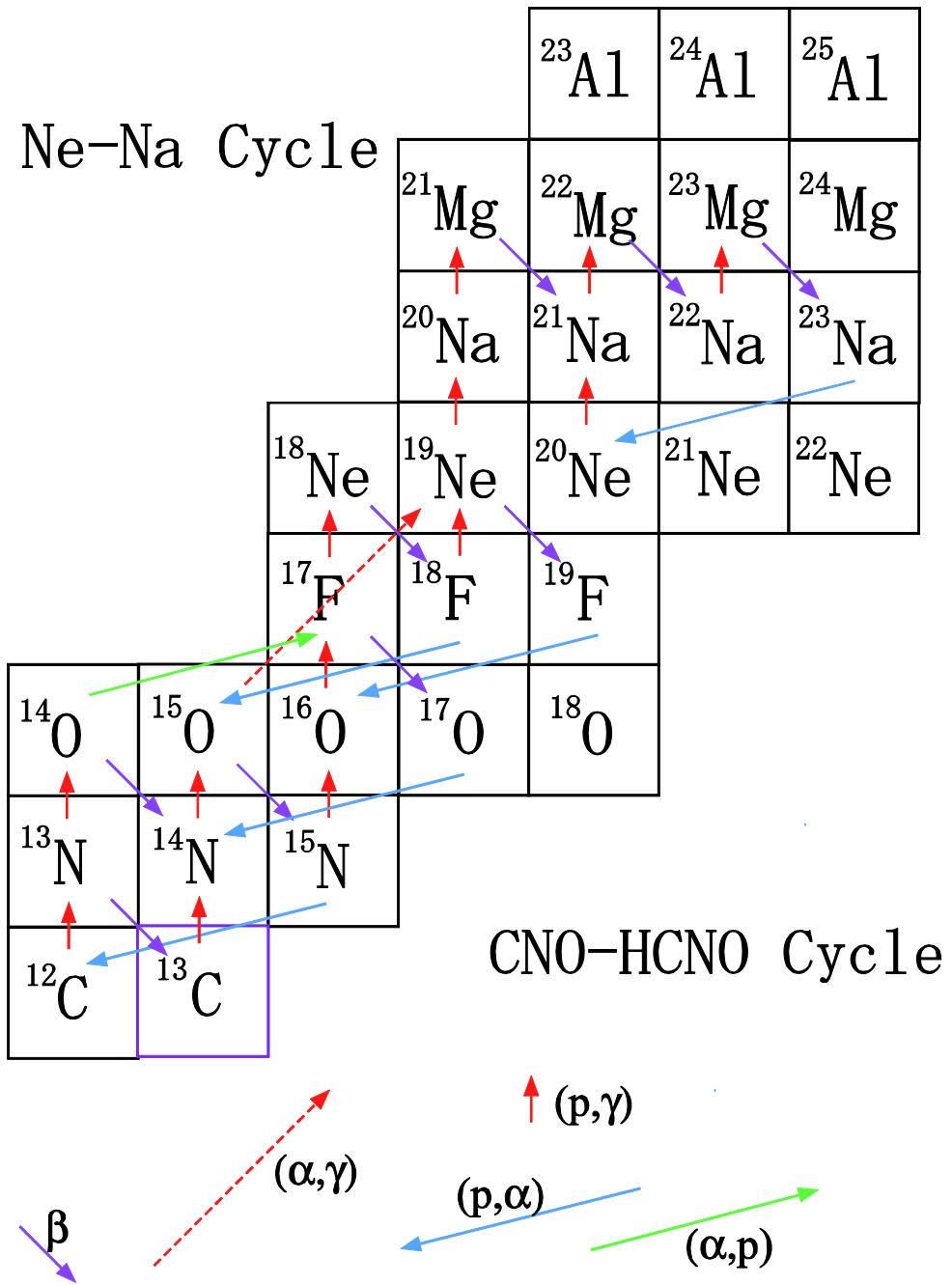
Decay from  $\alpha$  particle Bose Einstein condensate states

- $^{12}\text{C}(\alpha, \alpha')^{12}\text{C}^*(7.6 \text{ MeV}) \rightarrow 3\alpha$
- $^{16}\text{O}(\alpha, \alpha')^{16}\text{O}^* \rightarrow 4\alpha$
- $^{20}\text{Ne}, ^{24}\text{Mg}$

# 特徴2

## Astrophysical Nuclear Reaction

- Using a merging beam, we can measure c.s. for ultra low energy nuclear reactions.
- Many nuclear reaction of astrophysical interests are waiting to be measured



## 特徴3

### Zero degree measurements

- By using the bending magnet of a collider and adding another special dipole magnet, we can measure scattering of zero degrees.
- We can measure scattering of extremely forward angles with GR.

## 特徵4

### High resolution spectra using the existing GR spectrometer

- We need to design a short collision length collider.
- If the collision length is long, we need to tag the impinging angle for the magnetic spectrometer.
- By lowering the energy of light ions, we can obtain a better absolute energy resolution.

## 特徴5

### Collider for stable nuclear beam

- Before the realization of full luminosity for unstable beam, we can use it for stable nuclear beams with full luminosity.
- Low energy nuclear reactions
- Correlations among decaying particles from highly excited states

# Luminosity of a collider

- $L=N_1N_2 f/(nA)$
- $N_1$ : 蓄積された不安定核の個数:  $10^6$
- $N_2$ : 蓄積された軽イオンの個数:  $10^{11}$
- $f$ : Frequency :  $10^6$
- $n$ : 蓄積粒子のバンチ数: 1– 200
- $A$ : ビームの断面積:  $0.05\text{cm} \times 0.01\text{cm}$
- $L=10^6 \times 10^{11} \times 10^6 / (n \times 0.0005) = 2 \times 10^{26} - 10^{24}$

# GSIでの弾性散乱実験との比較

- 300MeV/A,<sup>70</sup>Ni beam @GSI,April 2010
- <sup>70</sup>Ni 1.5k/spill = 0.375k/sec
- 固体水素標的(1mm thick):  $\rho=0.0763\text{g/cm}^3$   
 $N_2/(nA)=4.6\times 10^{21}$   
cf. Gas jet :  $N_2f/(nA)=10^{14}\times 10^6=10^{20}$
- $L=375\times 4.6\times 10^{21}=1.7\times 10^{25}$
- $L\Delta\Omega = 1.7\times 10^{25}\times 0.4=7\times 10^{24} \text{ cm}^2/\text{sec}$

# 実現のための問題点

- Luminosity を上げる

衝突点での横方向のbeam size

衝突点での縦方向のbeam size

Bunch 数

Beam cooling

position monitors for the beam

それには 安定核 + 軽イオン のコライダーから始めて、技術の蓄積をはかる

# まとめ

- RCNPの次期マシンとして不安定核+軽イオン コライダーを考えてみた。
- 実験条件の自由度が増えるために、不安定核ビームでの実験上のいろいろな困難が解決され、夢の実験装置に近づけるようだ。
- 最大の問題点はLuminosity であろう。まず安定核と軽イオンのコライダーから始めて実験技術の向上を図ってはと思う。