

# エキゾテック核物理グループ

(原子核物理2)

メンバー

|      |                    |
|------|--------------------|
| 教授   | 小林俊雄               |
| 准教授  | 関口仁子               |
| 大学院生 | 博士課程 1名<br>修士課程 4名 |
| 4年生  | 2名                 |

2015年4月花見@榴ヶ岡公園



# 原子核の地図

## 核図表 (原子核の周期律表)

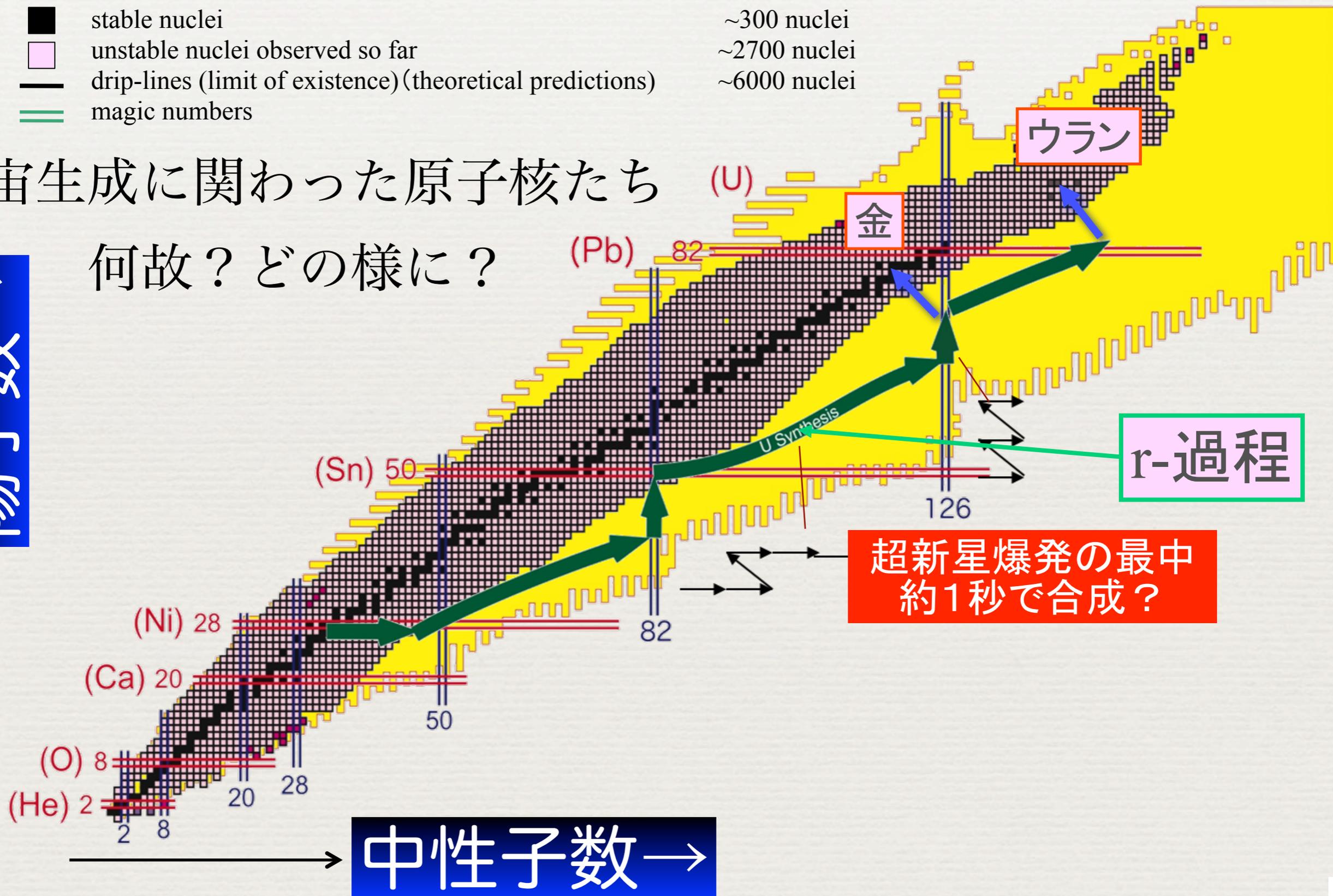
- stable nuclei
- unstable nuclei observed so far
- drip-lines (limit of existence) (theoretical predictions)
- == magic numbers

~300 nuclei  
~2700 nuclei  
~6000 nuclei

宇宙生成に関わった原子核たち

何故？ どの様に？

陽子数 ↑



中性子数 →

超新星爆発の最中  
約1秒で合成？

r-過程

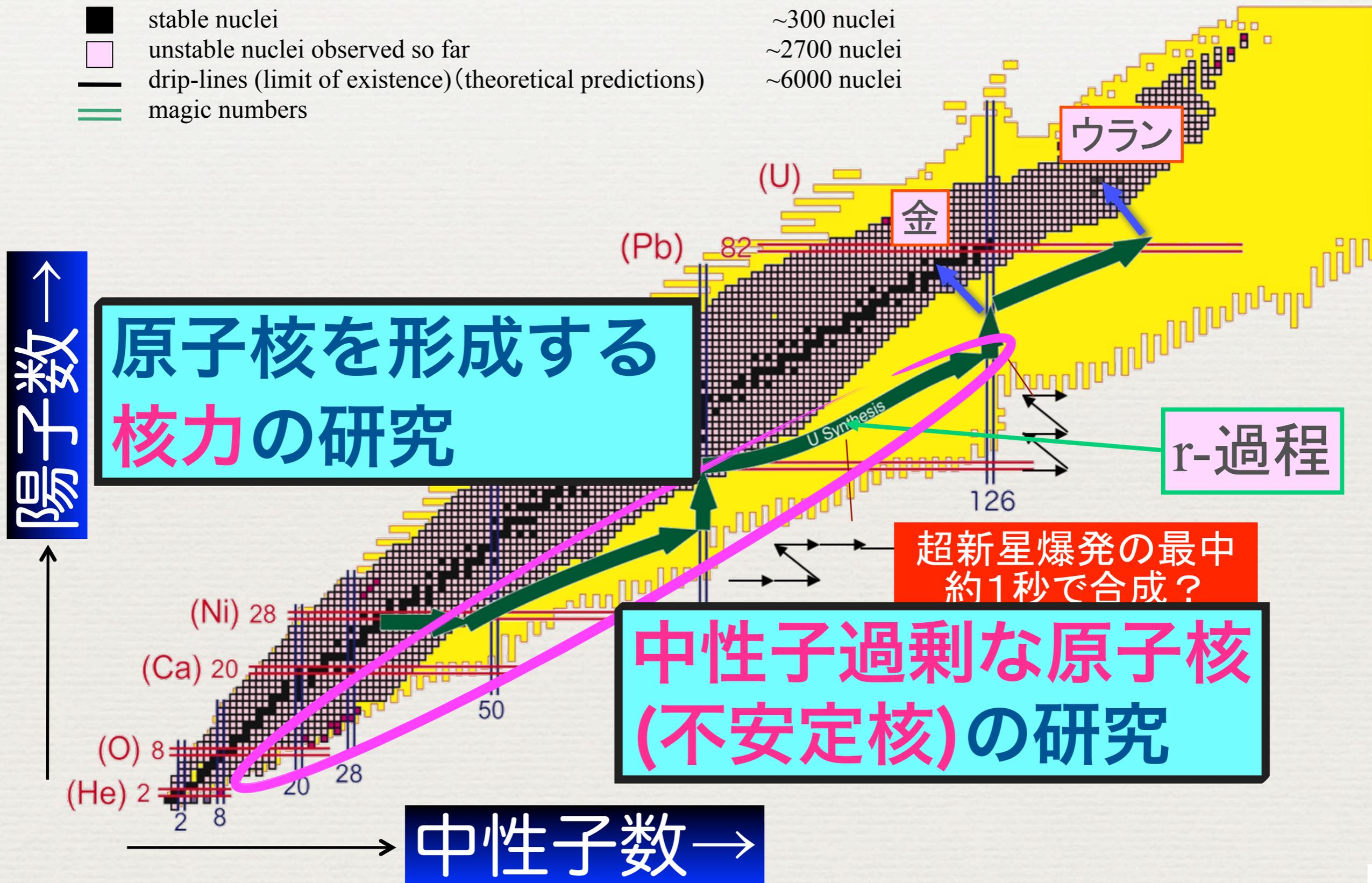
ウラン  
金

# 原子核の地図

## 核図表 (原子核の周期律表)

- stable nuclei
- unstable nuclei observed so far
- drip-lines (limit of existence) (theoretical predictions)
- == magic numbers

~300 nuclei  
~2700 nuclei  
~6000 nuclei



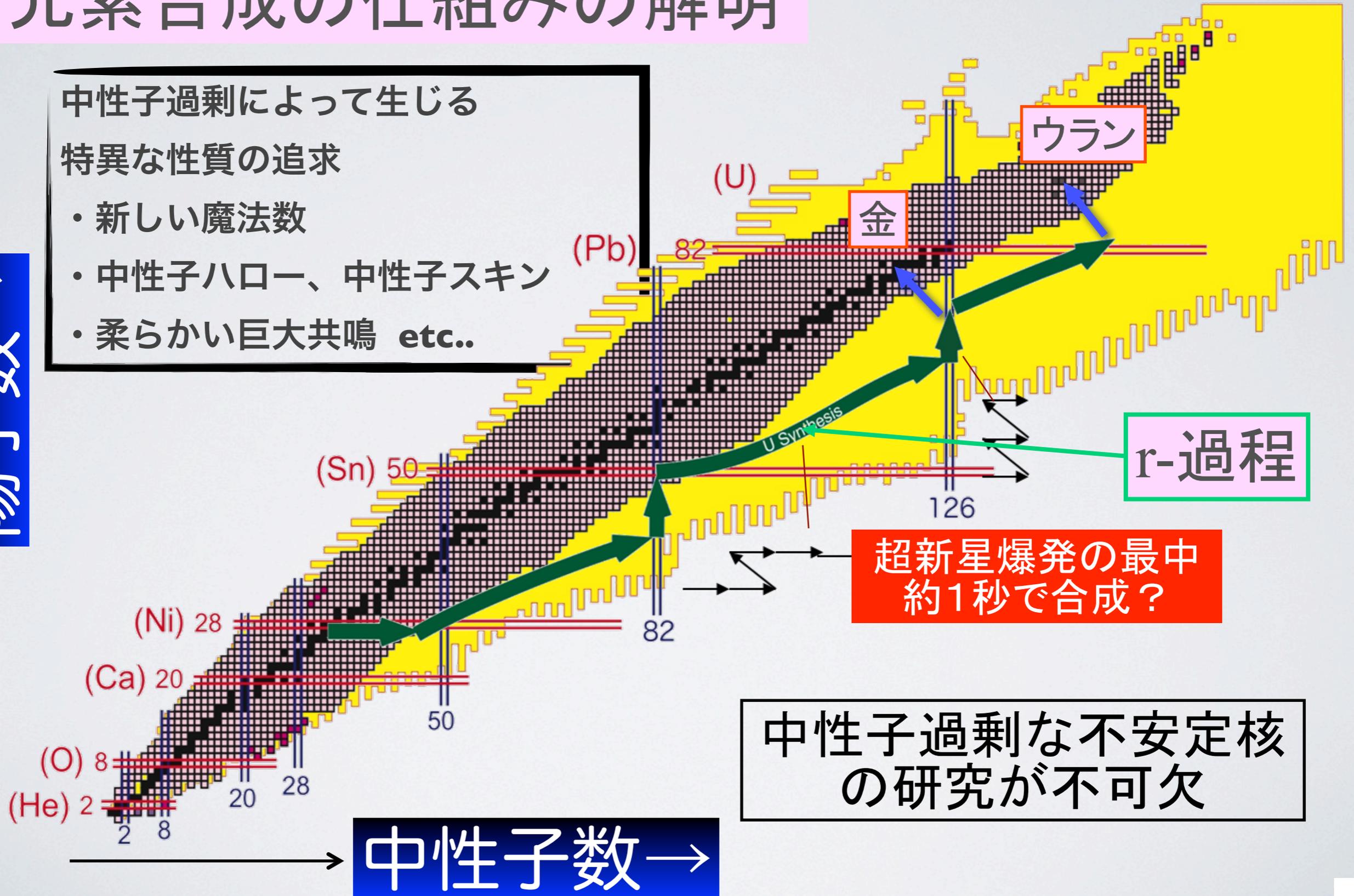
# 中性子過剰な原子核の研究

## 元素合成の仕組みの解明

中性子過剰によって生じる  
特異な性質の追求

- 新しい魔法数
- 中性子ハロー、中性子スキン
- 柔らかい巨大共鳴 etc..

陽子数↑



中性子数→

中性子過剰な不安定核  
の研究が不可欠

超新星爆発の最中  
約1秒で合成?

r-過程

ウラン

金

(Pb) 82

(U)

(Sn) 50

126

82

(Ni) 28

(Ca) 20

(O) 8

(He) 2

2 8 20 28

# 理研RIビームファクトリー (RIBF)

光速70%の重イオンビーム(ウランなど)を使い、  
未知の原子核の生成(原子核の存在限界)に挑む原子核工場。

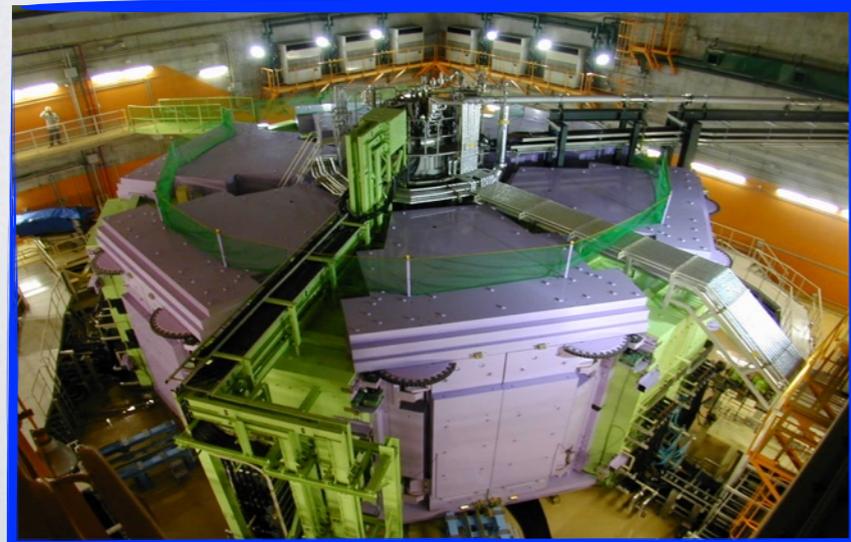
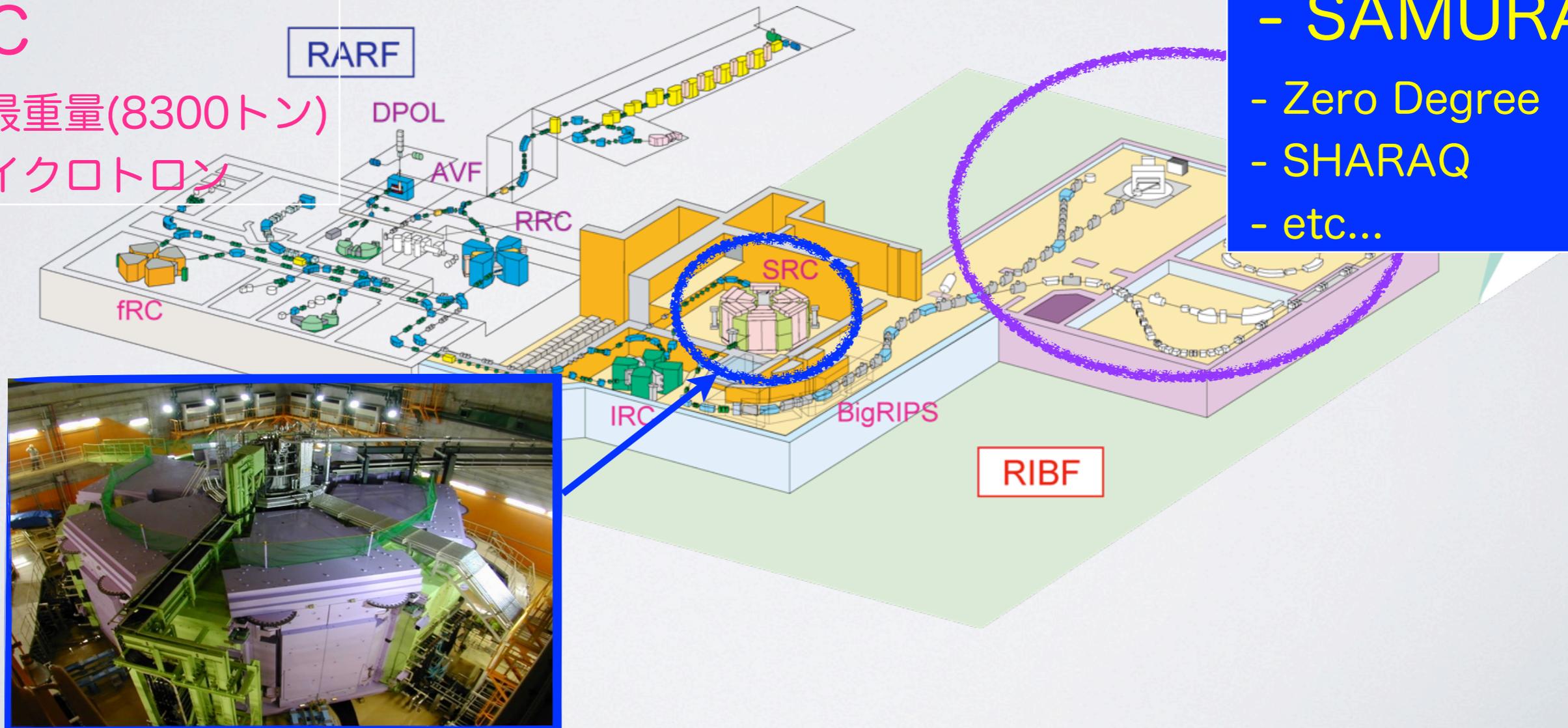
→不安定原子核ビーム(単寿命の稀有な原子核)を人工的に作る。

実験装置

- SAMURAI
- Zero Degree
- SHARAQ
- etc...

SRC

世界最重量(8300トン)  
のサイクロトロン



# SAMURAI @RIビームファクトリー

## RIビーム用超伝導多粒子磁気分析器

- 磁場 3テスラ (7 Tm),
- 重量 約600トンの大型超伝導電磁石
- DAY ONE 実験：2012年3月 成功！ 現在、不安定核の実験を遂行中

### SAMURAI 実験代表者

(SPOKESPERSON)：小林俊雄

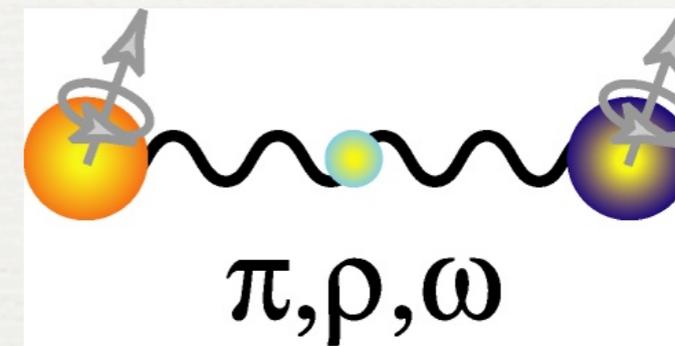
### 電磁石建設・検出器開発：

東北大学のメンバーが担当。  
理研、東工大のメンバー  
と協力して行っています。



# 核 力 研究

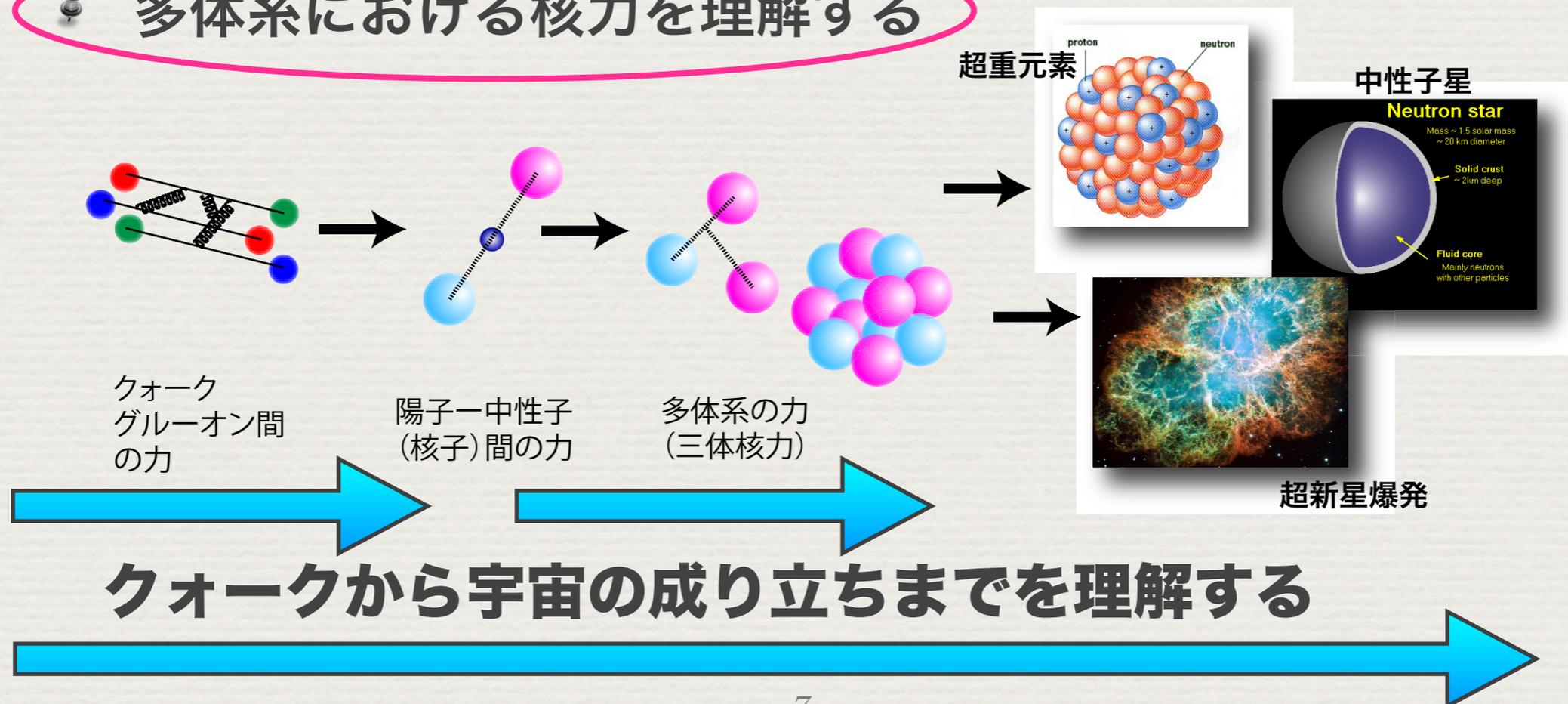
📌 湯川秀樹の中間子交換理論 (1935年)



📌 核力研究のフロンティア (21世紀)

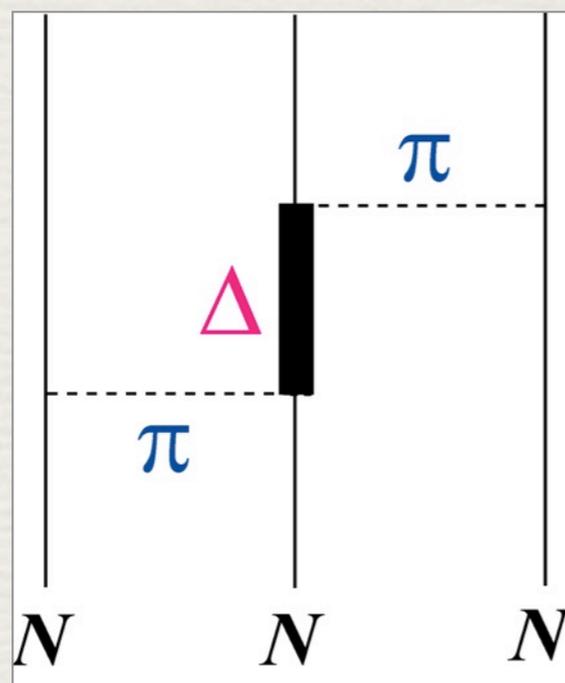
📌 クォーク (素粒子) から核力を理解する

📌 多体系における核力を理解する

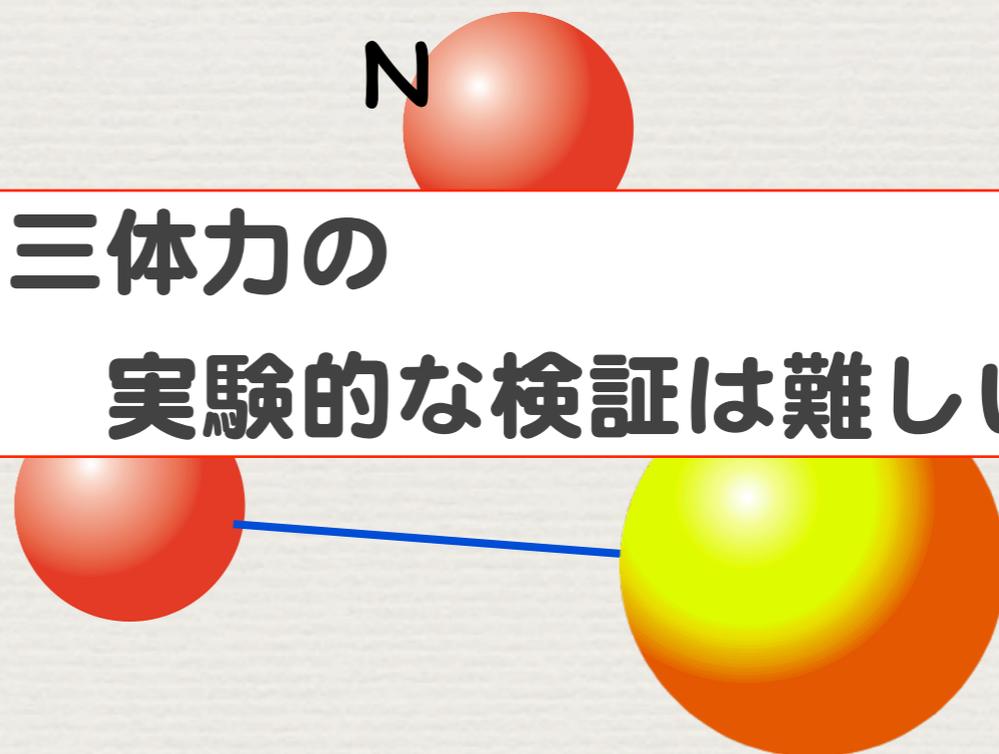


# ③ 体力(三体核力)とは

- ◆ 三つの核子が同時に相互作用する力は二体力の和で表す事は出来ない。その様な力を三体力 (三体核力) と呼ぶ。
- ◆ 1957年に藤田純一・宮沢弘成が  $2\pi$ 中間子交換型の三体力を予言。

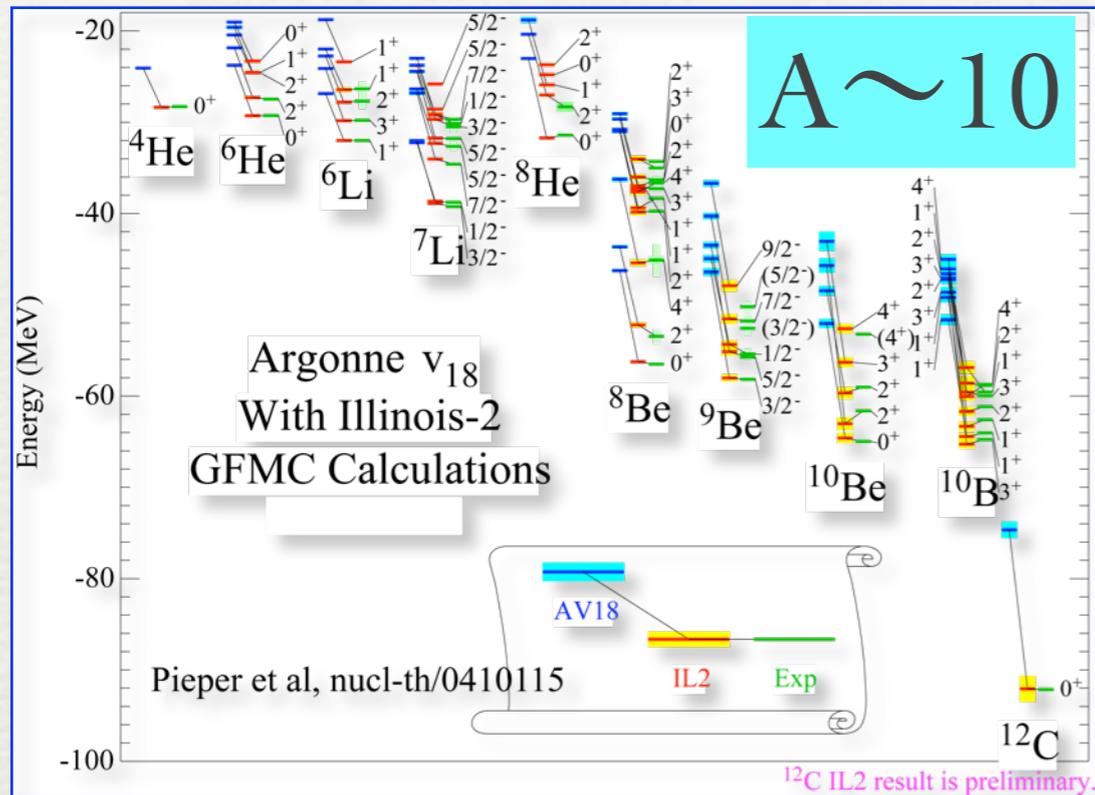


三体力の  
実験的な検証は難しい



# ③ 三体力は、そもそも必要なのか？

## 1. 原子核の束縛エネルギー



三体力の効果：10~25%

## 2. 原子核の存在限界

$A \sim 100$

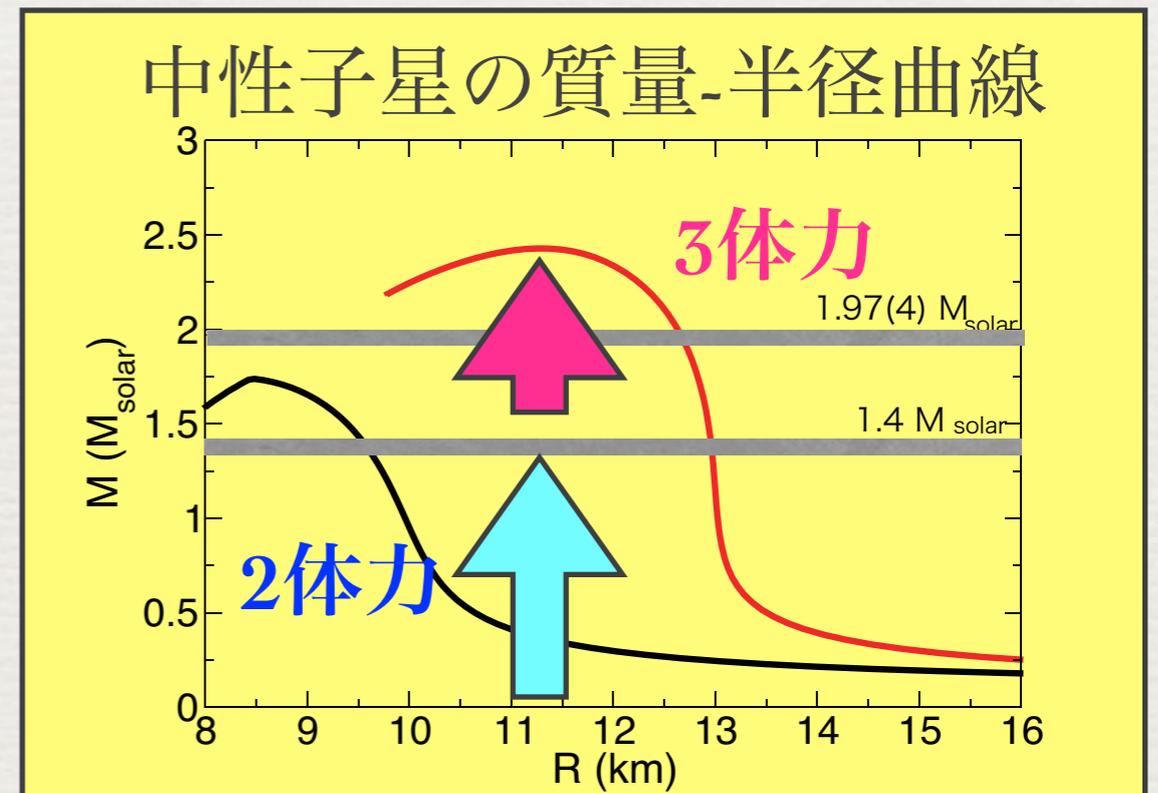
～元素合成過程の理解～

## 3. 中性子星 or ブラックホール？

～星の終焉～

$A = \infty$

中性子星の質量の上限値の理解には、三体力が必要



核力研究の最前線

三体力を含む核力で原子核・核物質を理解しなければならない。

# 少数核子系散乱実験と③体力

3~4個の核子で構成される原子核から  
未解明の三体力にアプローチする

利点：

理論モデルを媒介としない

エネルギー依存、核スピン偏極

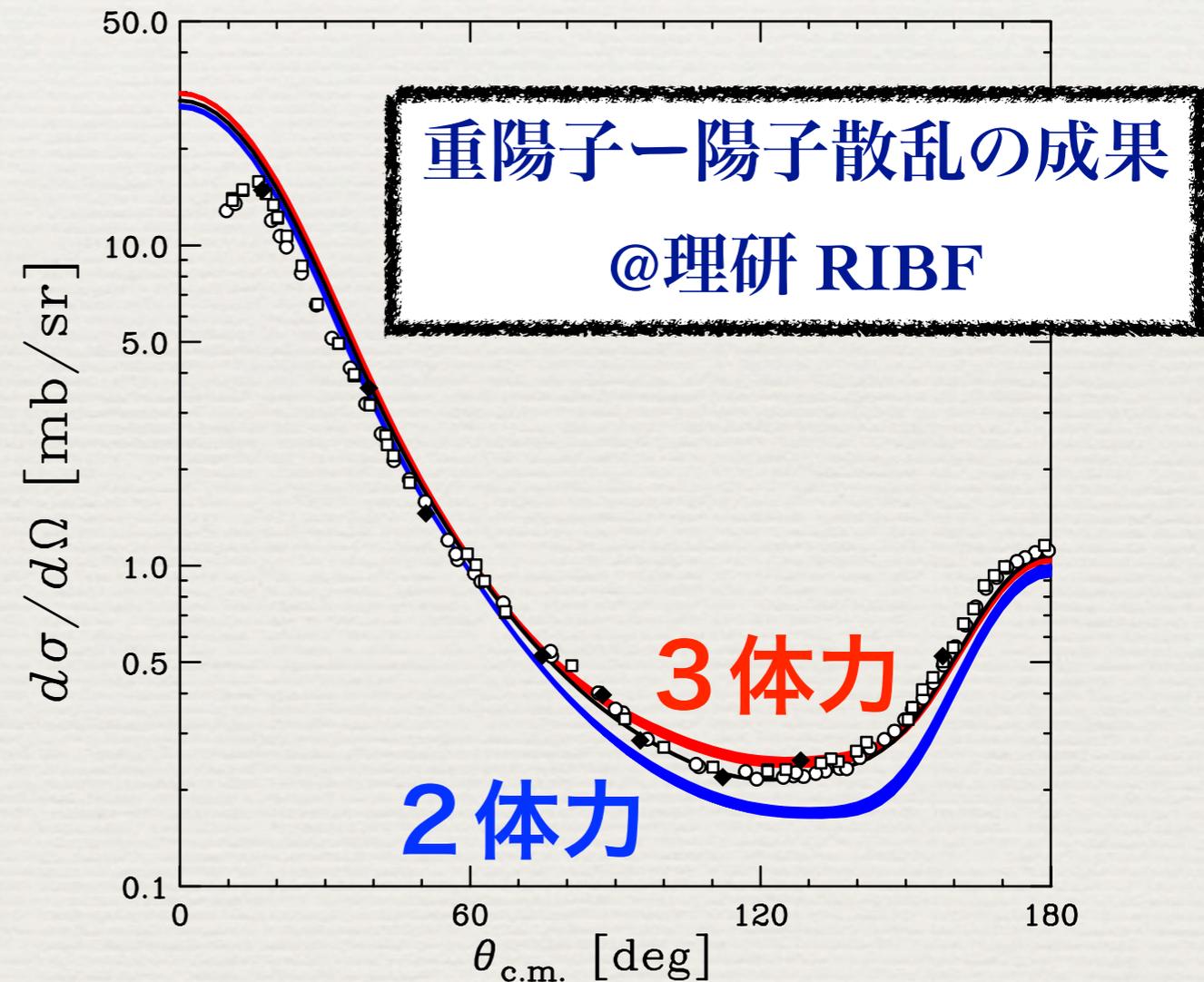
→ 三体力のダイナミクス  
(距離, スピン, 荷電スピン依存)  
に直接アプローチ

• 重陽子一陽子散乱

@理研RIBF 加速器施設

• ヘリウム3一陽子散乱

@東北大 CYRIC 加速器施設

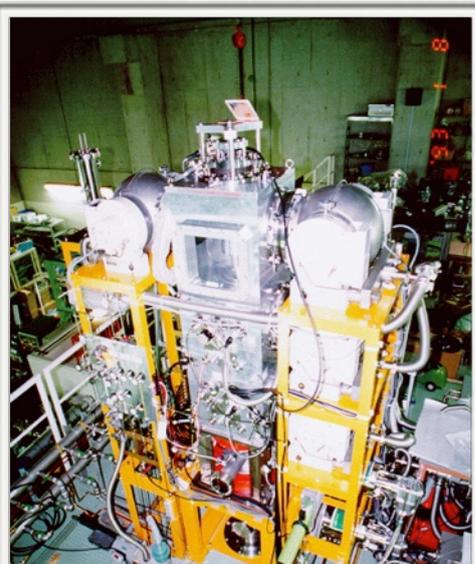


# 実験の様子

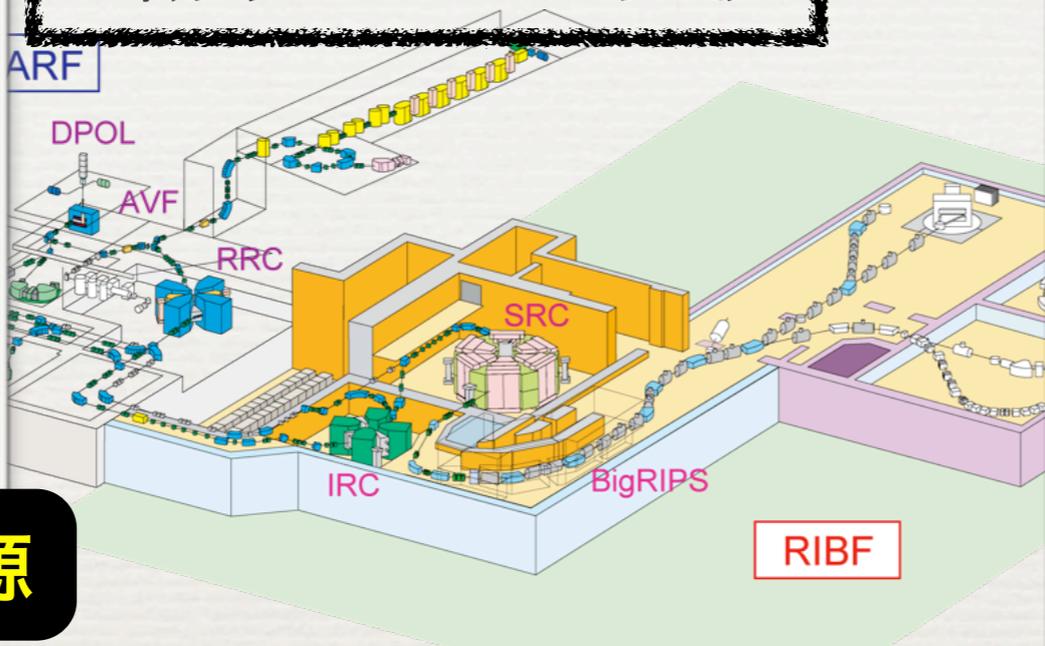
RIKEN

スピン偏極した  
重陽子ビームの実験

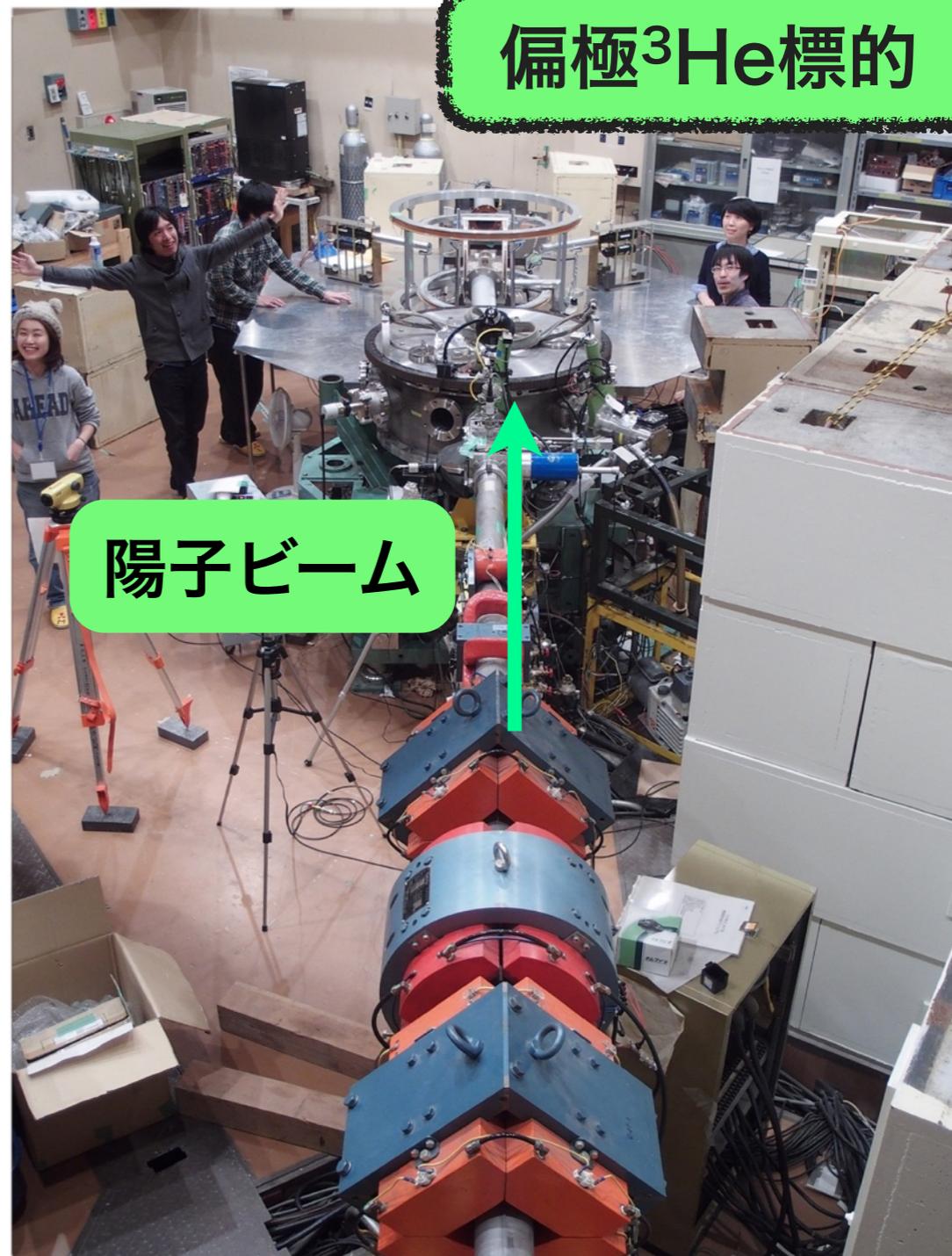
東北大CYRIC



偏極イオン源



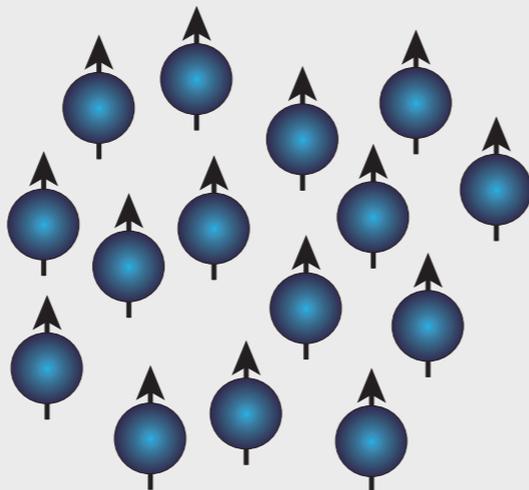
偏極<sup>3</sup>He標的



陽子ビーム

偏極とは？

スピンの向きを揃えた状態



# 4年生に対する教育

輪講：原子核の基本的な知識を身につけるため、  
英語（場合によっては日本語）の教材を読む。  
ストレンジネス&短寿命核物理グループと一緒に。

グループ内の勉強会：

大学院学生と一緒に、研究に必要と考えられる歴史的に重要な論文、専門的な論文、および必要に応じて教科書を読んでいる。

実験・検出器・標的開発：

我々が行っている加速器実験に関わりながら、  
実験に必要な検出器・標的等の開発を行う。

興味のある方、見学したい方は、いつでもいらして下さい。

理学研究科合同棟(旧 理学総合棟) 6階が居室です。

小林：理学研究科合同A棟 612 号室

関口：理学研究科合同B棟 622 号室

<http://lambda.phys.tohoku.ac.jp/nuclphys2/research.html>