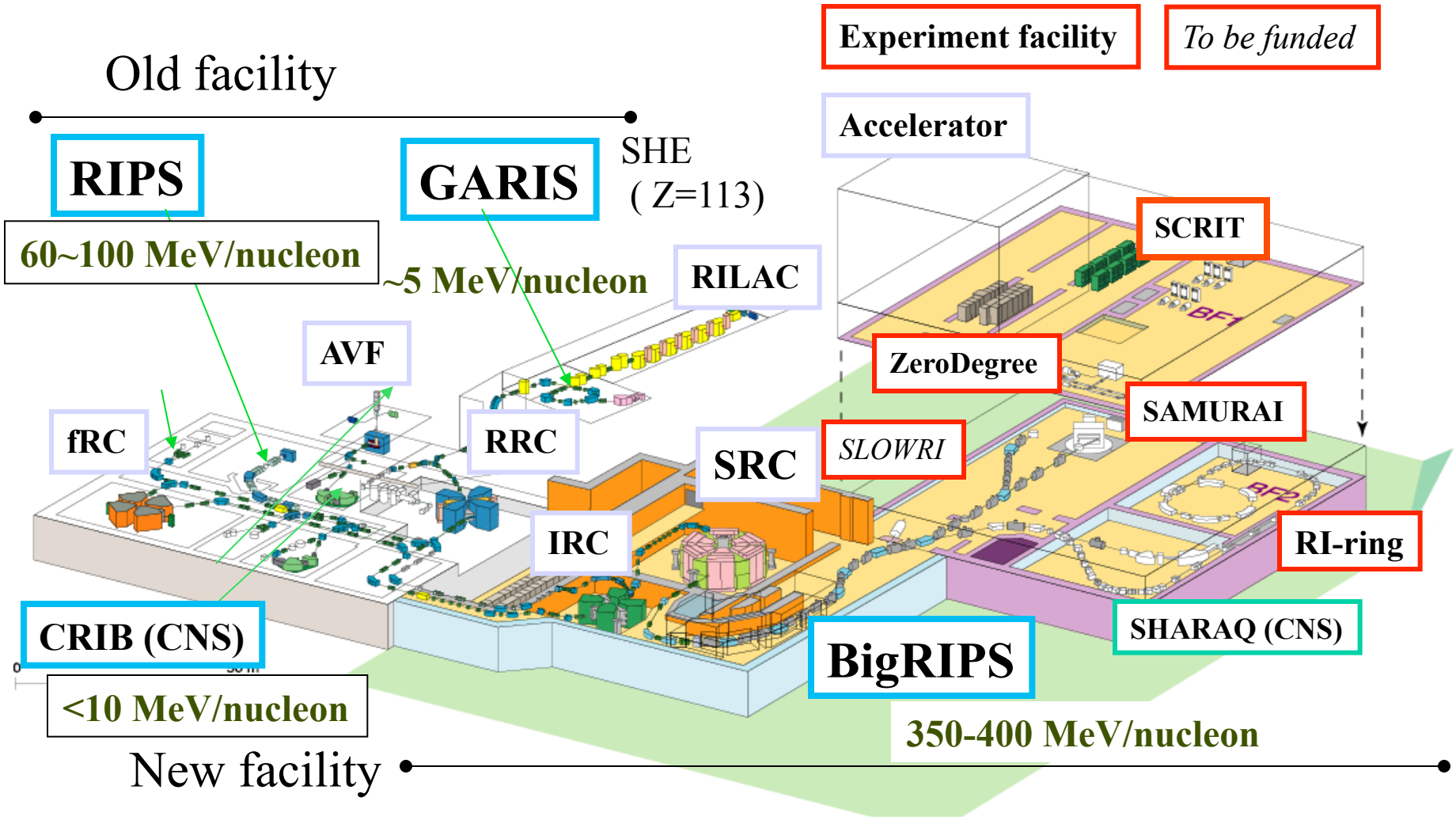
Highlights and future plans at RIBF

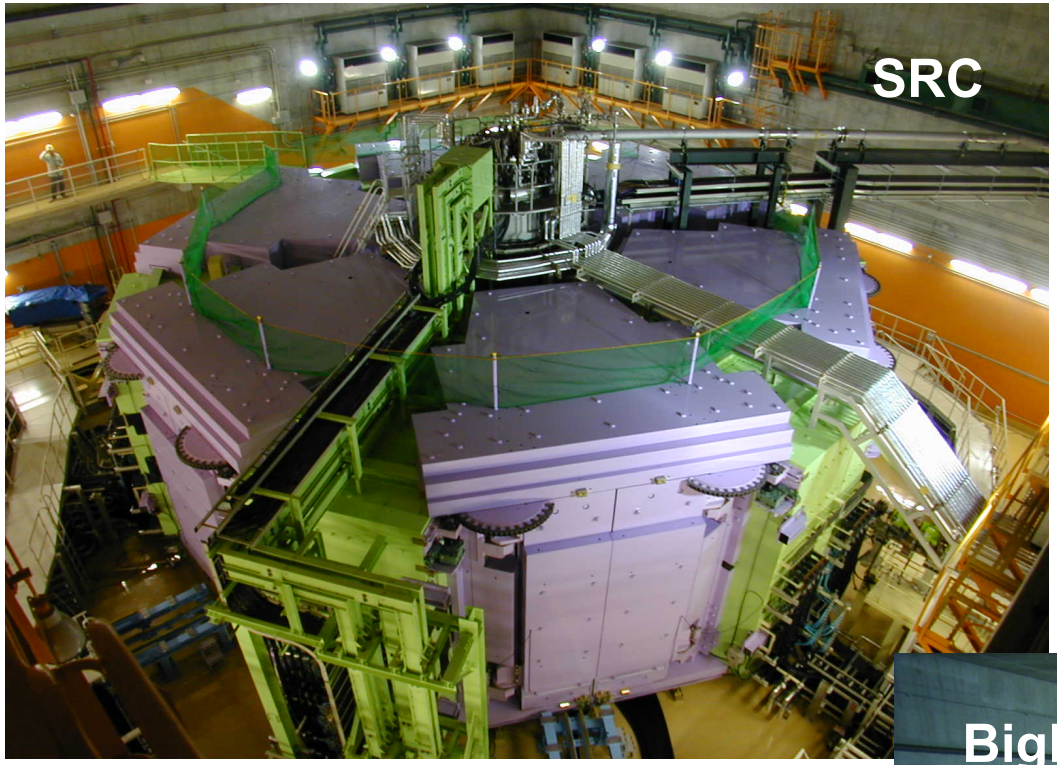
1. Facility Overview
2. Highlights at N=20 to 28
   "island-of-inversion" and beyond
   at A~110 decay spectroscopy
3. Summary

H. Sakurai
RIKEN Nishina Center/Dept of Phys., Univ. of Tokyo

RIKEN RI Beam Factory (RIBF)



Intense (80 kW max.) H.I. beams (up to U) of 345*A*MeV at SRC
Fast RI beams by projectile fragmentation and U-fission at BigRIPS
Operation since 2007



World's First and Strongest
K2600MeV
Superconducting Ring Cyclotron

400 MeV/u Light-ion beam
345 MeV/u Uranium beam

World's Largest Acceptance
9 Tm
Superconducting RI beam Separator

~250-300 MeV/nucleon RIB

Press-Conference on June 8th, 2010

June 8, 2010
RIKEN

Scientists discover 45 new radioisotopes in 4 days

毎日新聞 2010年(平成22年)6月22日(火) 23

放射性同位元素 効率的発見

4日で新たに45種

理研

理化学研究所はこのほど、埼玉県和光市の仁科加速器研究センターにある加速器「RIビームファクトリー」を使い、45種類の新たな放射性同位元素を、わずか4日間で発見した。世界の年間発見総数（平均約40種類）を大幅に上回る効率で「世界的に傑出した実験装置を使い、学術と産業応用の両面で世界をリードしたい」という、成果は日本物理学会欧文誌7月号に掲載される。

放射性同位元素は、ある元素の原子核にある中性子の数が、通常より多すぎたり少なかったりする不安定なもの。これらは不安定なため、次第に放射線を出して崩壊し、他の物質に変わる。この性質を利用して、がんの放射線治療や、長い年月を経た物質の年代測定などに広く応用されている。理論上は、全元素で合計約一万種類の放射性同位体があると考えられているが、現在のところは約3000種類しか見つかっていない。

同センターは06年末に完成した同装置を改良し、光の速さ（秒速30万キロ）の70%まで加速したウラン原子を1秒間に20億個ずつ、標的物質の鉛とベリリウムにぶつけ、崩壊させてできた物質を調べた。この方法で、新たな放射性同位元素を45種類発見した。世界の研究グループでは、これらを磁石の“ふるい”にかけて二種ずつ効率よく選び出す方法が成功した。

「各物質の性質を詳しく調べれば、宇宙誕生の理論に変更を迫る成果も期待できる」（久保敬幸・同センター室長）という。今後改良を重ね、数年間で約100種類の発見を目指す。【山田大輔】

東京新聞 2010年(平成22年)6月9日(水曜日) 3

理化学研究所は八日、加速器施設「RIビームファクトリー」を使って四十五種の放射性同位元素（RI）を新たに見つけたと発表した。理化学研究所

同位元素45種 一度に発見

加速器施設 世界最高の性能

これほど多くの種類が一度の実験で発見されるのは初めて。物質の成り立ちを解明する手掛かりになると期待される。成果は英国の物理学会誌の電子版に発表する。

ウランの原子を光速の70%まで加速して金属板にぶつけると、ウランの原子核が砕けて何種類ものRIが飛び出す。これまでに確認されたのは約二百六十種。グループでは、これらを磁石の“ふるい”にかけて、一種ずつ効率よく選び出す方法が成功した。

「各物質の性質を詳しく調べれば、宇宙誕生の理論に変更を迫る成果も期待できる」（久保敬幸・同センター室長）という。今後改良を重ね、数年間で約100種類の発見を目指す。【山田大輔】

IOP A website from the Institute of Physics

physicsworld.com

Home | News | Blog | Multimedia | In depth | Jobs | Events

News archive

- 2011
- 2010
  - December 2010
  - November 2010
  - October 2010
  - September 2010
  - August 2010
  - July 2010
  - June 2010
  - May 2010
  - April 2010
  - March 2010
  - February 2010
  - January 2010
- 2009
- 2008
- 2007
- 2006
- 2005
- 2004
- 2003
- 2002
- 2001
- 2000
- 1999

Radioisotopes galore at RIKEN

Jun 14, 2010

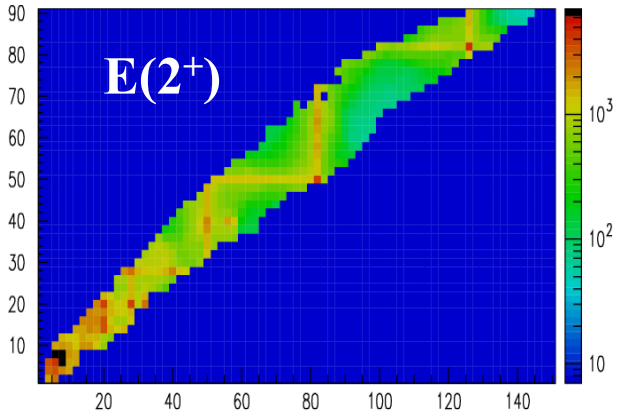
BigRIPS has found 45 new radioisotopes

The chart of the known nuclides has been extended significantly by physicists in Japan, who have discovered 45 new neutron-rich isotopes. The nuclei were spotted at the RIKEN laboratory by smashing a powerful beam of heavy ions into beryllium and lead targets.

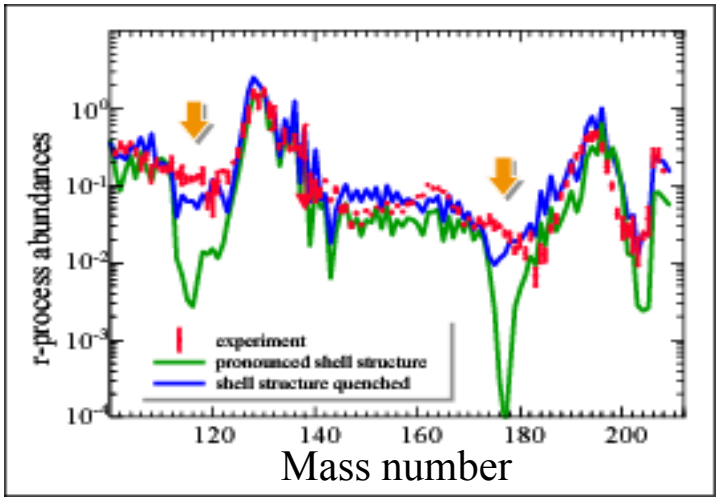
Kameda, 18 new isomers

Challenges at the RIBF

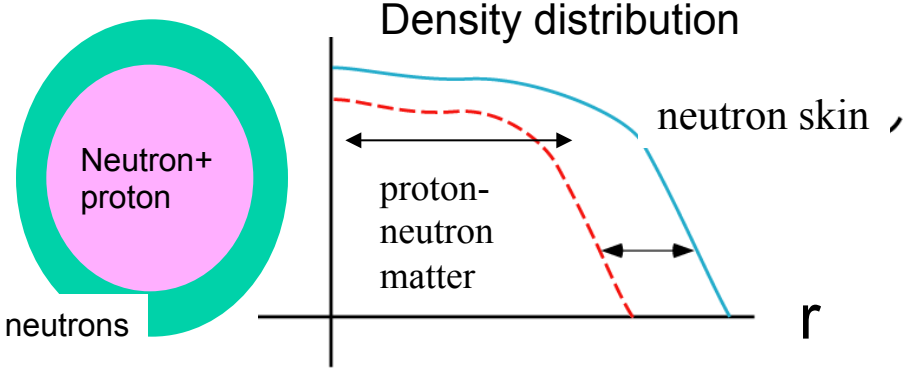
Shell Evolution : magicity loss and new magicity



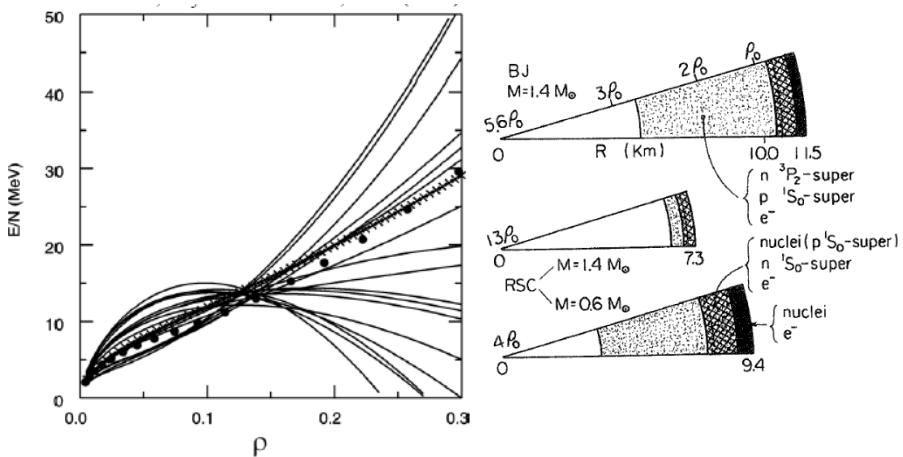
Synthesis up to U（r-process）



Dynamics of new “material” : Neutron-skin（halo）



EOS: in asymmetric nuclear matter



New Experimental Devices of RIBF

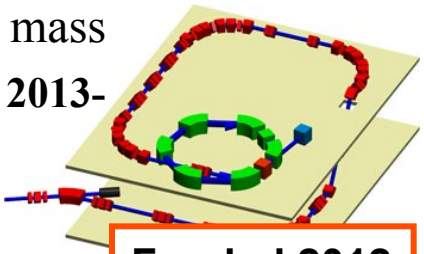
To maximize the potentials of intense RI beams available at RIBF

for several 100 – 1000 species

Rare RI ring

mass

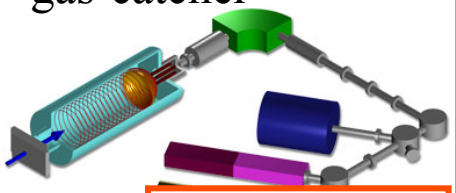
2013-



Funded 2012

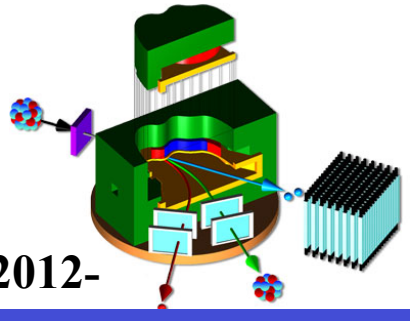
SLOWRI

gas-catcher



to be funded

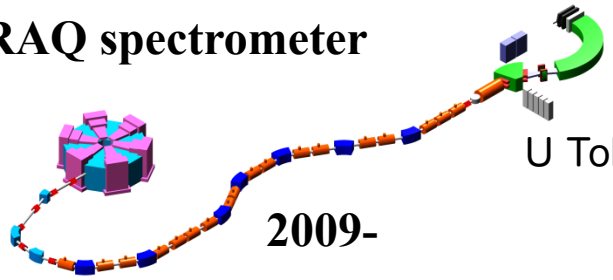
SAMURAI



2012-

- mass
- half-life
- excited states
- deformation
- charge radii
- matter radii
- charge distribution
- matter distribution
- EM moments
- single particle states
- astrophysical reactions
- giant resonances
- exotic modes
- HI collisions (EOS)

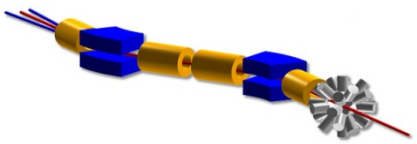
SHARAQ spectrometer



U Tokyo

2009-

ZeroDegree



2008-

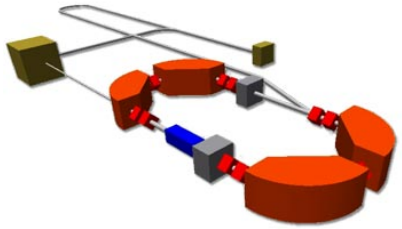
IRC-to-RIPS BT

multi-use

2012-

being funded

SCRIT

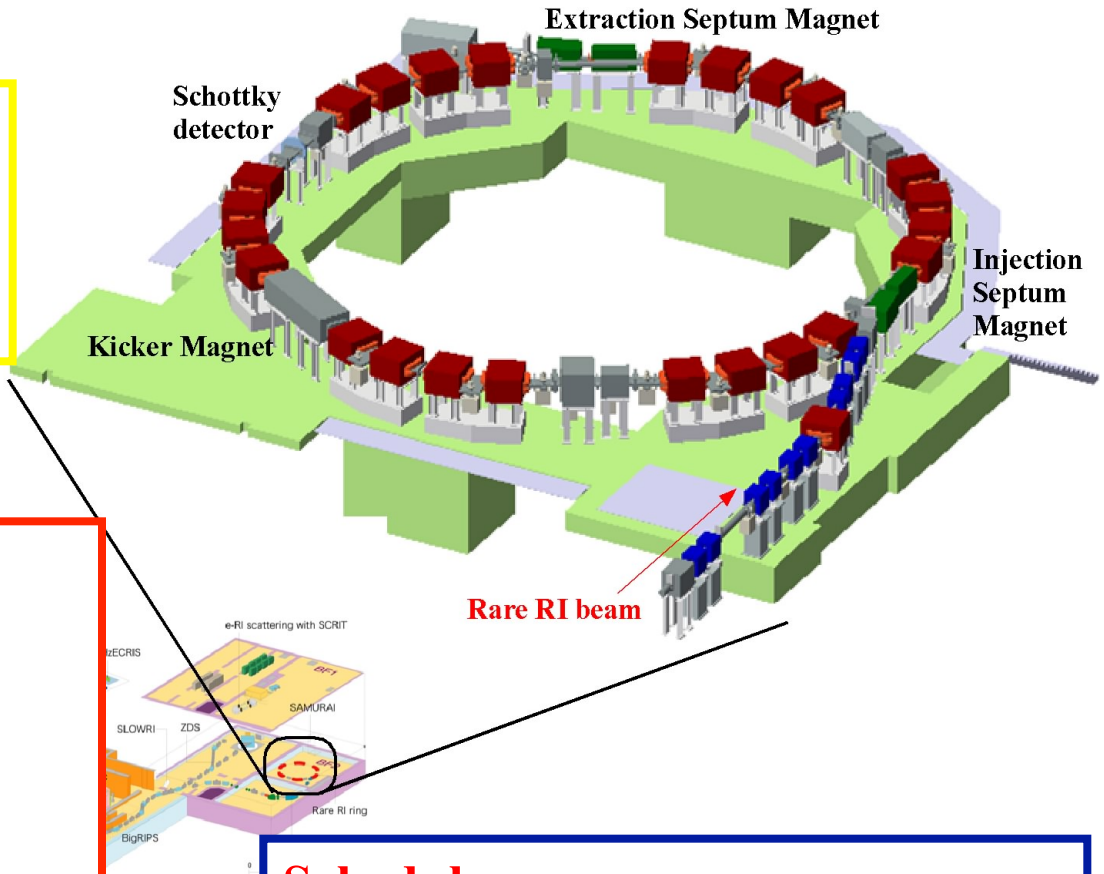


2010- (e+RI in 2012)

“Rare RI Ring” for mass measurement

Construction started in April 2012!
Ozawa, Wakasugi, Uesaka et al.

Specialized to mass measurements
of r-process nuclei
Low production rate (~1/day)
Short life time (<50ms)



Key technologies:
Isochronous ring
$\Delta T/T < 10^{-6}$ for $\delta p/p = \pm 0.5\%$
Individual injection triggered by
a detector at BigRIPS
efficiency ~ 100%
even for a “cyclotron” beam

Schedule:
2014 Commissioning run
2015~ Mass measurements of RI

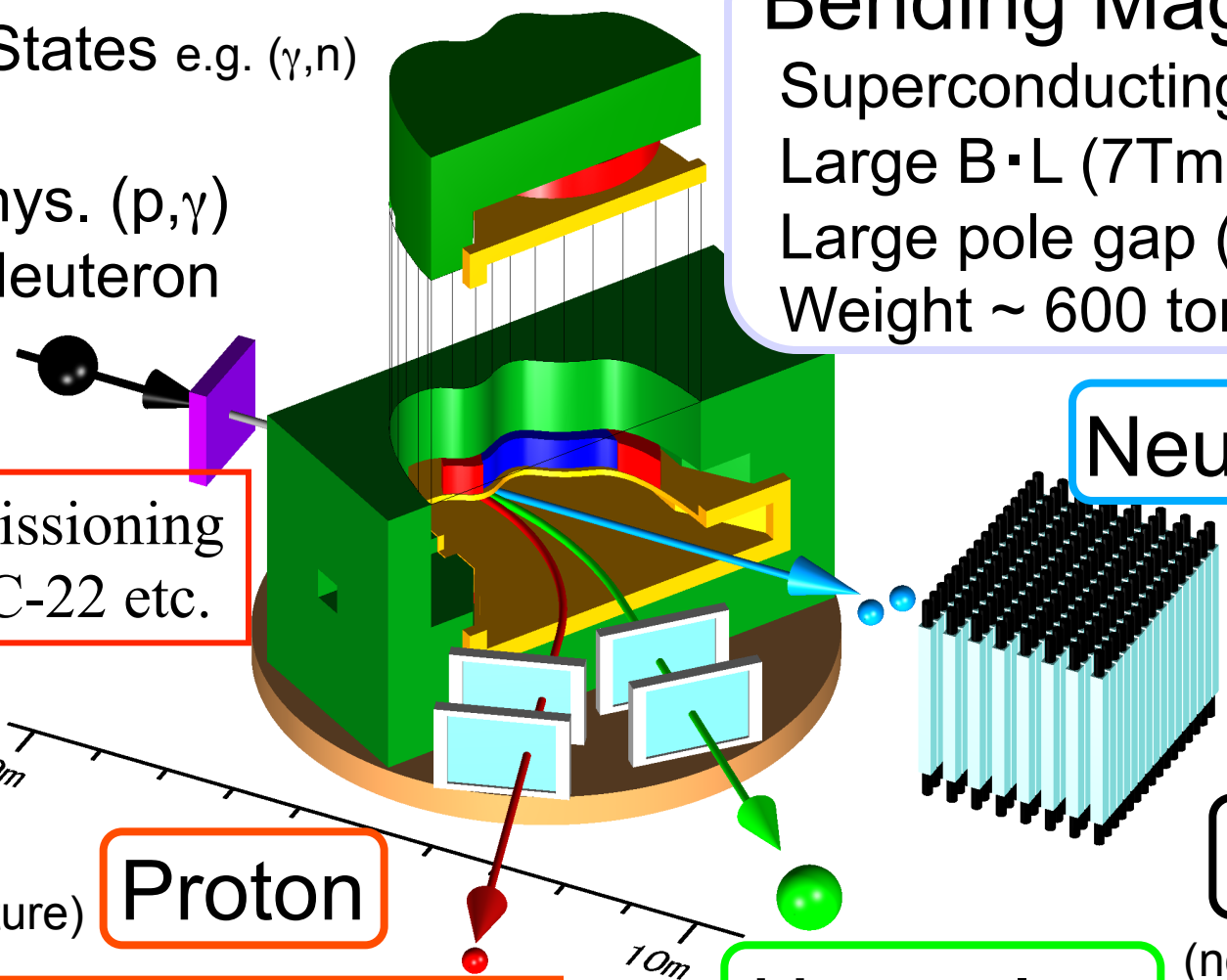
SAMURAI Spectrometer Kobayashi et al 2012-

versatile spectrometer with a large superconducting magnet

Spectroscopy of
Unbound States e.g. (γ,n)
(p,2p)
Nucl. Astrophys. (p,γ)
3NF w/ pol. deuteron
EoS in HIC

Bending Magnet

Superconducting
Large B·L (7Tm)
Large pole gap (80cm)
Weight ~ 600 ton



Neutron

March Commissioning
May B-19, C-22 etc.

$\vec{d}$ setup
(not shown in picture)

Proton

Heavy Ion

TPC
(not shown in picture)

NSCL, Liverpool, TA&M joining this project

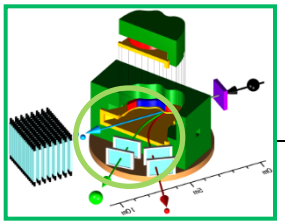
Experimental Devices available at the new facility

SHARAQ(2009~) CNS-UT

High resolution spectrometer

Miki et al., PRL 108, 262503 (2012)
IVSMR in Zr-90 and Pb-208 via (t,He3)

SAMURAI (2012~)



BigRIPS (2007~)

2nd

1st

production target

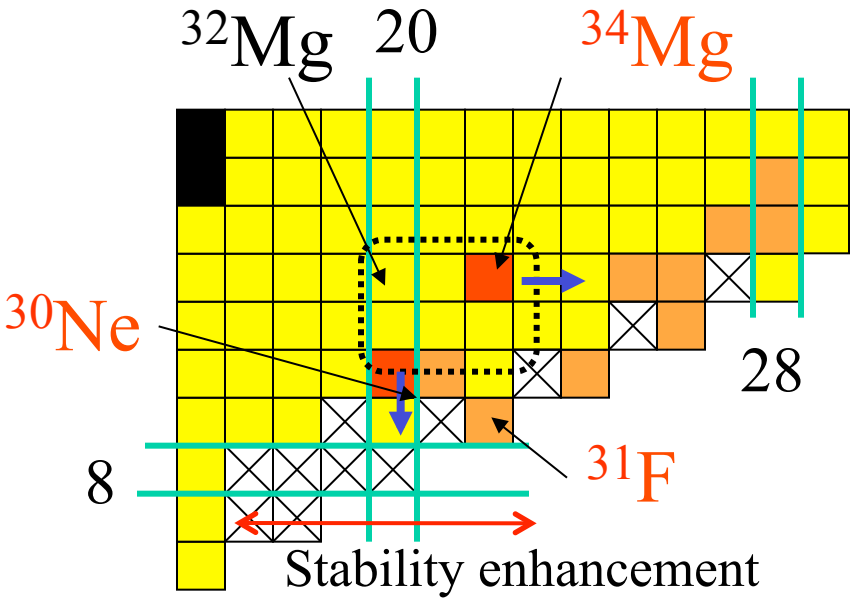
ZeroDegree (2008~)

BigDpol(2009~)

For polarized deuteron only

SRC

Spectroscopy on nuclei in "island-of-inversion" and beyond



How the deformation region expands toward the drip line?

Deformed halo nuclei?

deformed core + valence n in a low L orbit

M. Misu et al., Nucl. Phys. A 614 (97) 44

I. Hamamoto, Phys. Rev. C69 (04) 041306R

Total interaction cross sections
Inclusive Coulomb breakup
In-beam gamma spectroscopy

1st Dec. 2008
2nd Dec. 2009
3rd Nov/Dec 2010

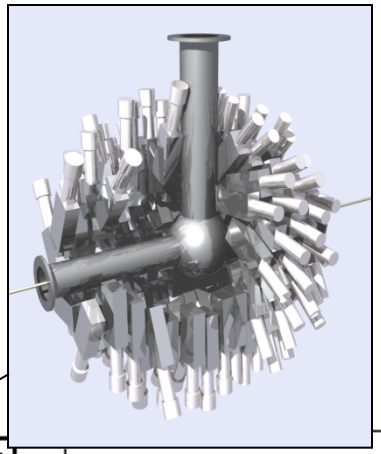
20days for 6 programs
+ decay (parasitic) K.Steiger

Something new associated with weakly bound natures?

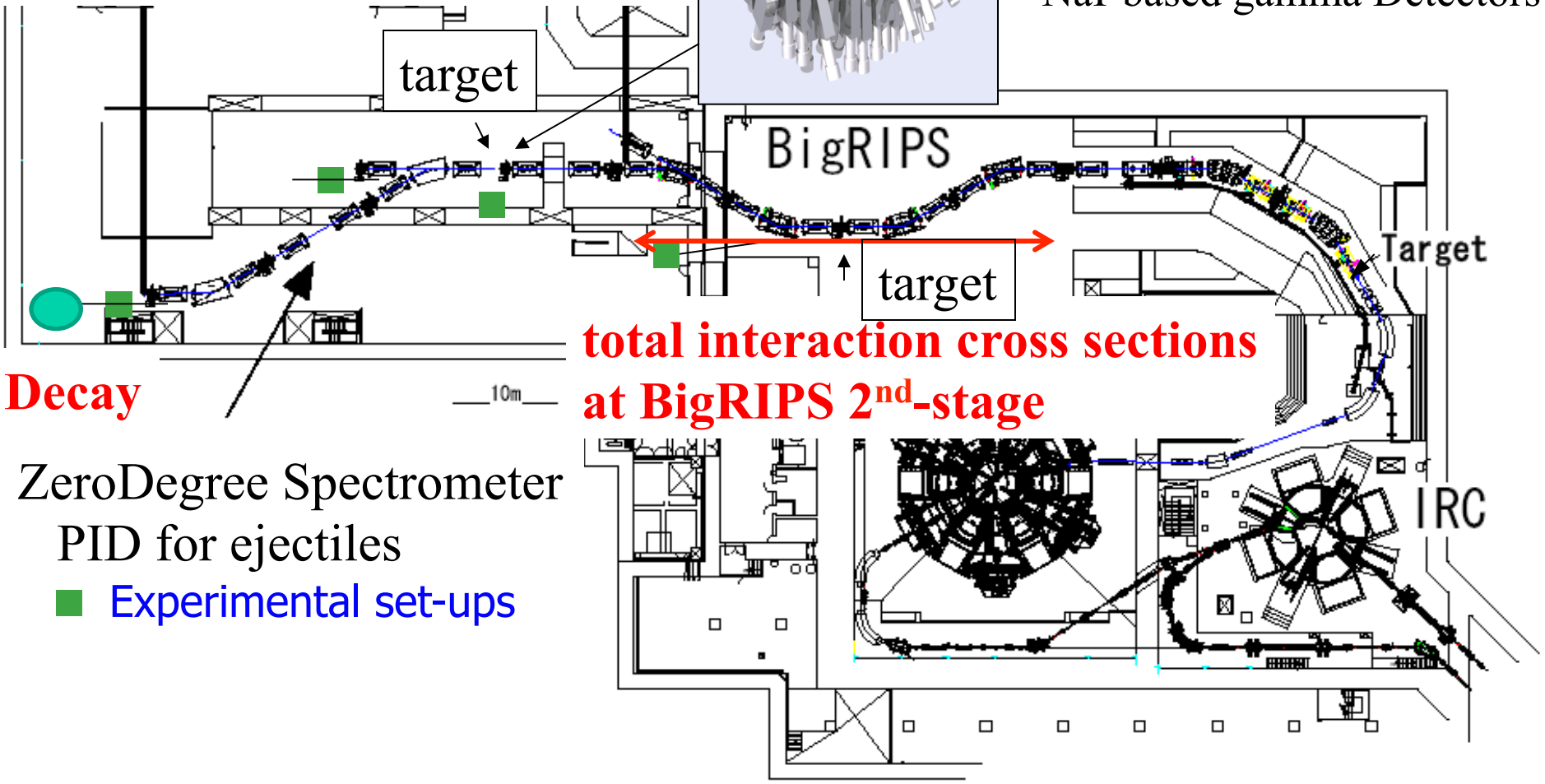
pairing gap ~ separation energy
di-neutron ?
cluster formation?

Setup

In-beam gamma spectroscopy
Coulomb breakup
BigRIPS+ZDS



DALI-II
NaI-based gamma Detectors



Decay

total interaction cross sections at BigRIPS 2nd-stage

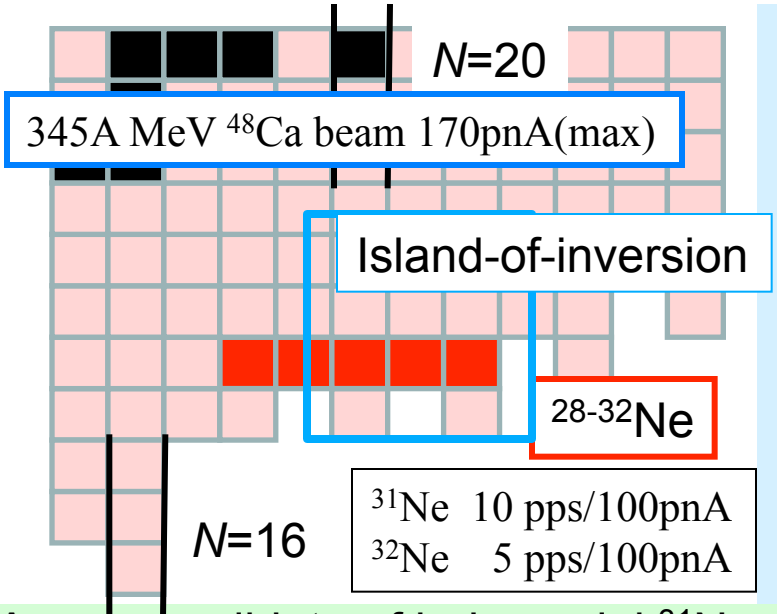
ZeroDegree Spectrometer
PID for ejectiles

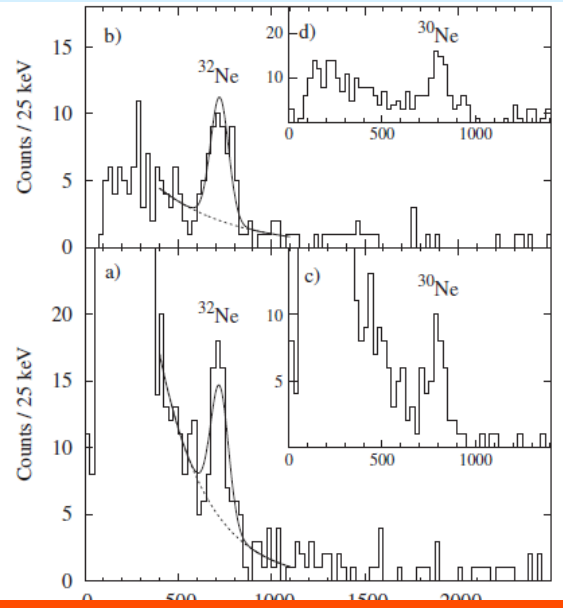
- Experimental set-ups

DayOne Experiments in Dec., 2008
-The first data in the "island-of-inversion" -

RIKEN NiSHiNA CENTER

Coordinated by Aoi





Spectroscopy of ^{32}Ne and the "island-of-inversion"

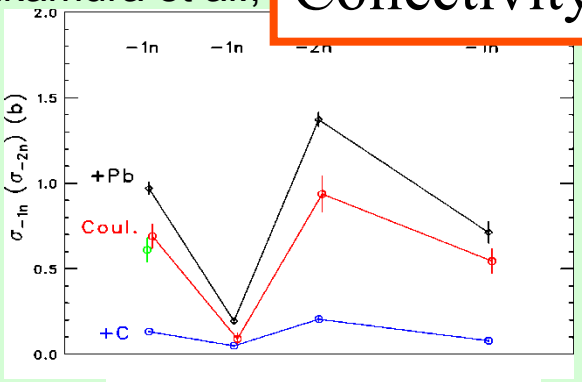
E(2+) = 722 keV

Doornenbal, Scheit et al.
PRL 103, 032501 (2009)

New states in ^{31,32,33}Na
PRC 81, 041305R (2010)

A new candidat
via Coulomb br
Nakamura et al.,

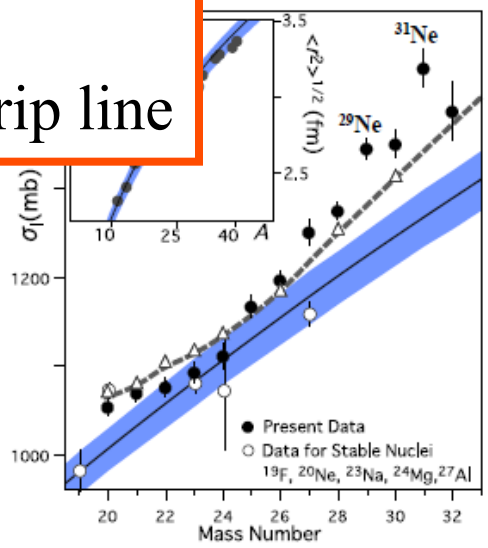
Deformed halo Ne-31
Collectivity enhancement toward the drip line



^{19}C ^{20}C ^{22}C ^{31}Ne

cross sections
for the neutron-rich
Ne isotopes
New halos
Ne-29, Ne-31

Takechi, Otsubo et al.,
PLB 707, 357 (2012)



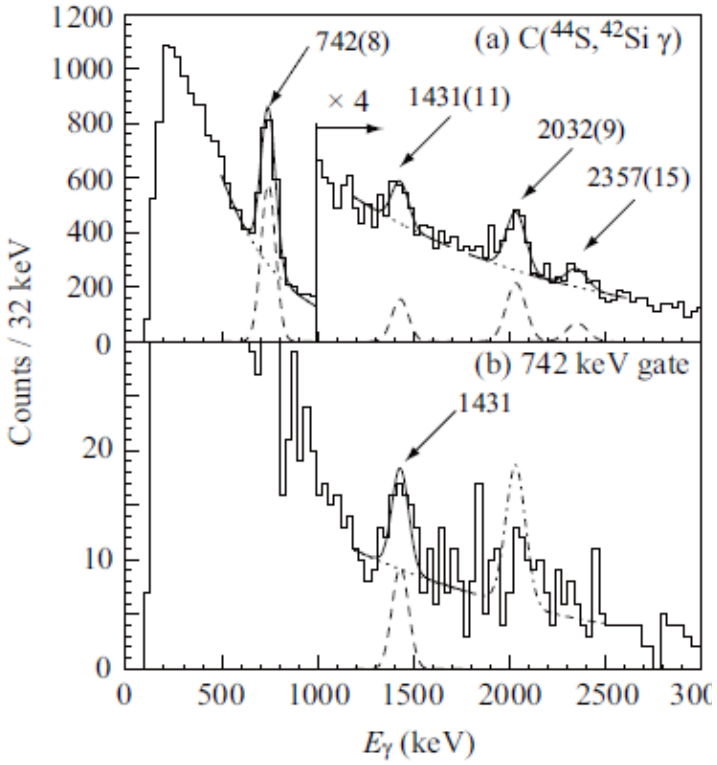
Large deformation of ^{42}Si

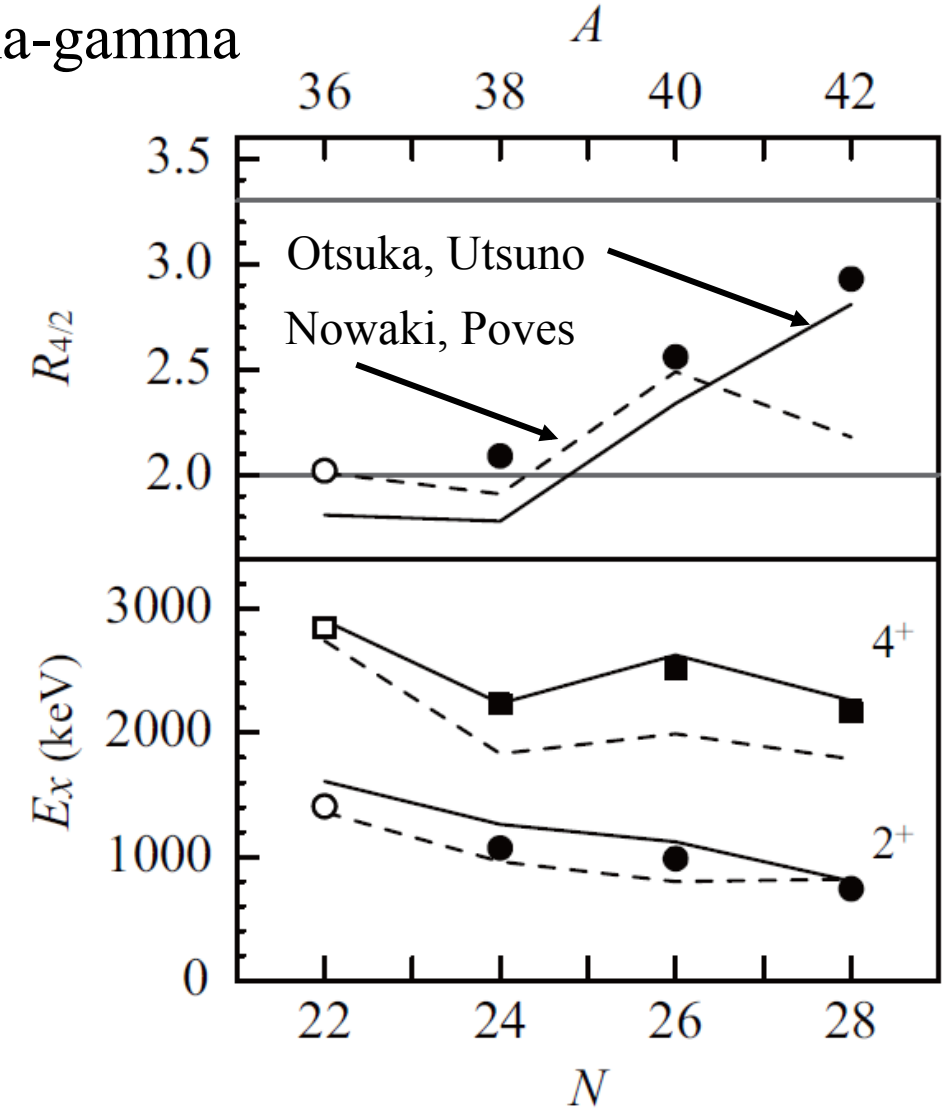
S. Takeuchi et al., submitted.

Confirmation of 2+ energy observed at GANIL
High statistic data allows gamma-gamma Coincidence

$^{44}S + C \rightarrow {}^{42}Si + X$

E(4+)/E(2+)~3 for Si-42

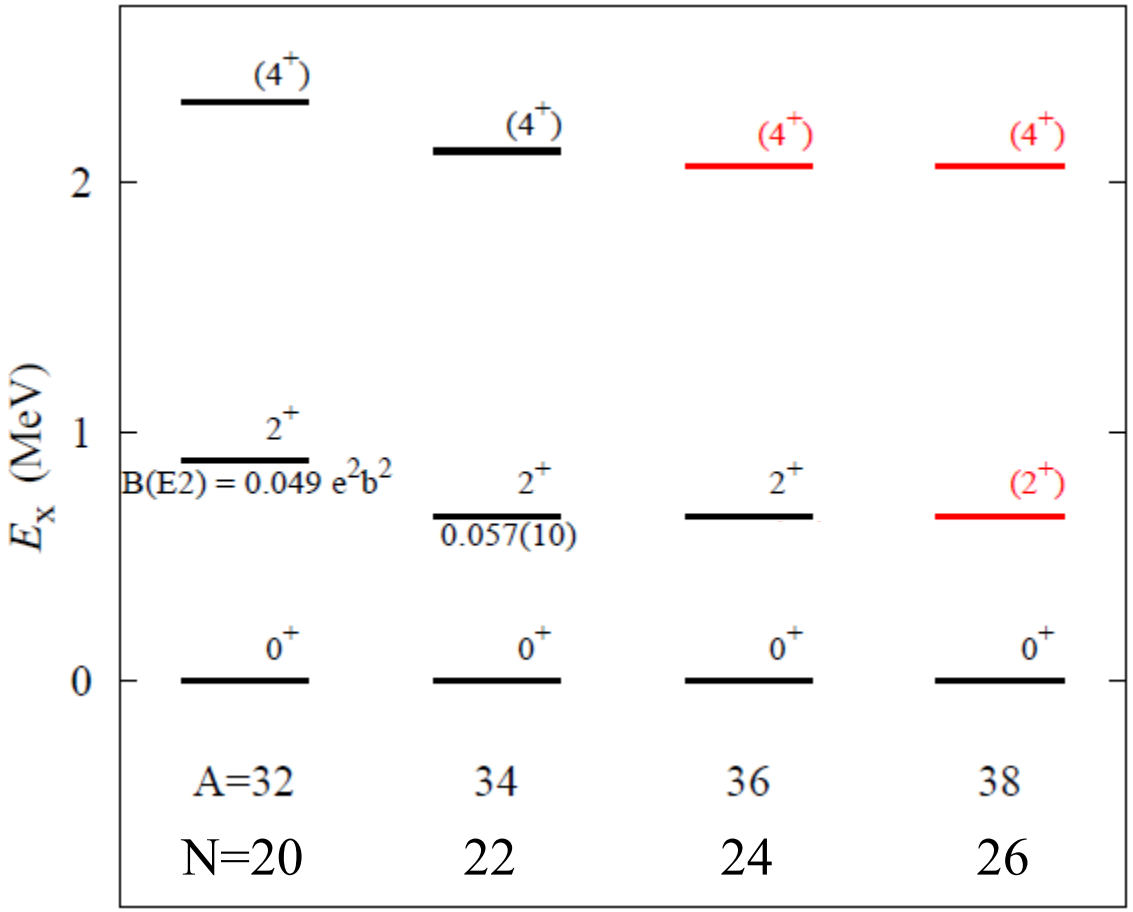




The deformation region is not an island but a peninsula ??

P. Doornenbal, et al. in preparation

Excitation Energy of 2^+ and 4^+ in Mg



^{A}Al -> $^{A-1}$Mg

For A=34 to 38
$E(2^+)$~700 keV
$E(4^+)/E(2^+)$~3.1

At N=22, 24, 26 the nuclei are well deformed

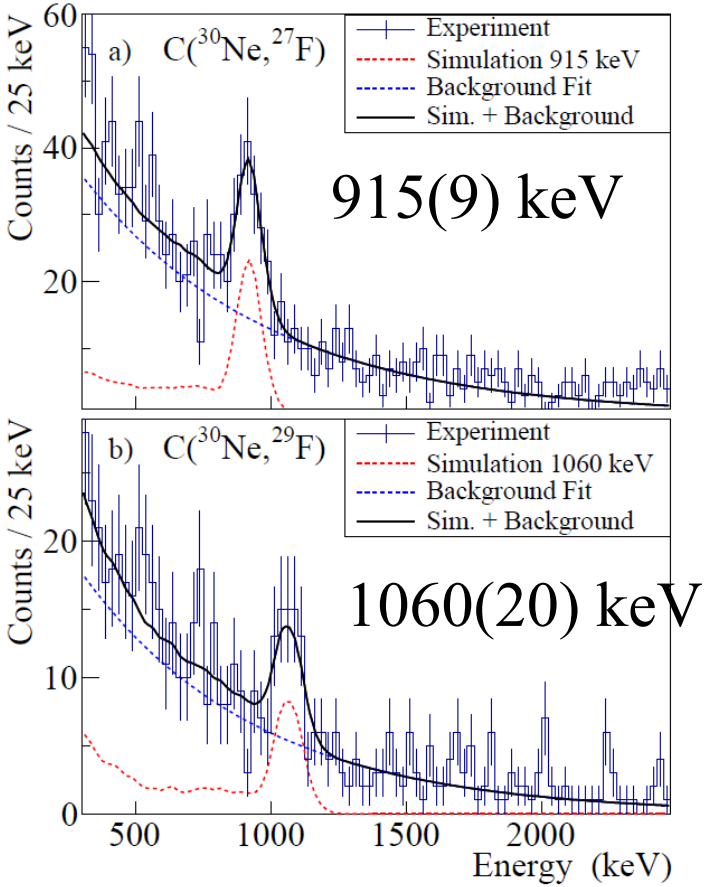
No increase of $E(2^+)$ at N=26
N=28 for Mg is not magic

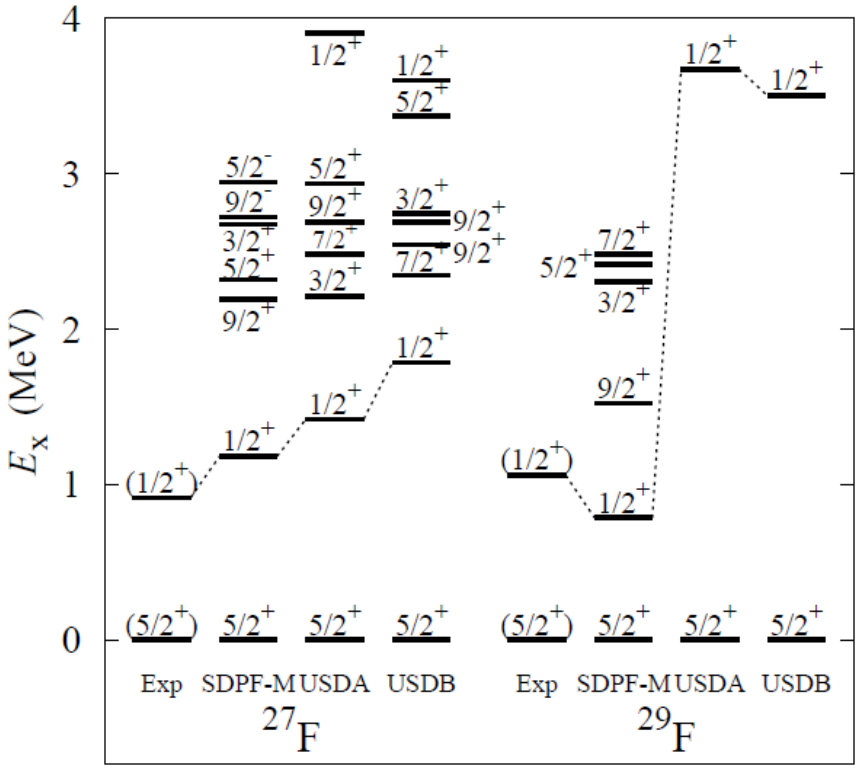
B(E2)?
Mn/Mp?
$E(2^+)$, $E(4^+)$ in ^{40}Mg?
Energy of single particle states?

H.L. Crawford et al., Mg-40

Spectroscopy on ^{29}F

P. Doornenbal et al., in preparation





F-29 is one of "island-of-inversion" nuclei

According to the Shell model by Utsuno and Otsuka,

F-29 1/2+ ~ d 5/2+ (π) x O-28(2+)

1060 keV -> E(2+) for O-28 is 2.4 MeV. C.f. 4.7 MeV for O-24

The First Decay Spectroscopy at RIBF

2009 Dec.

U beam to access A~110 region

Collectivity

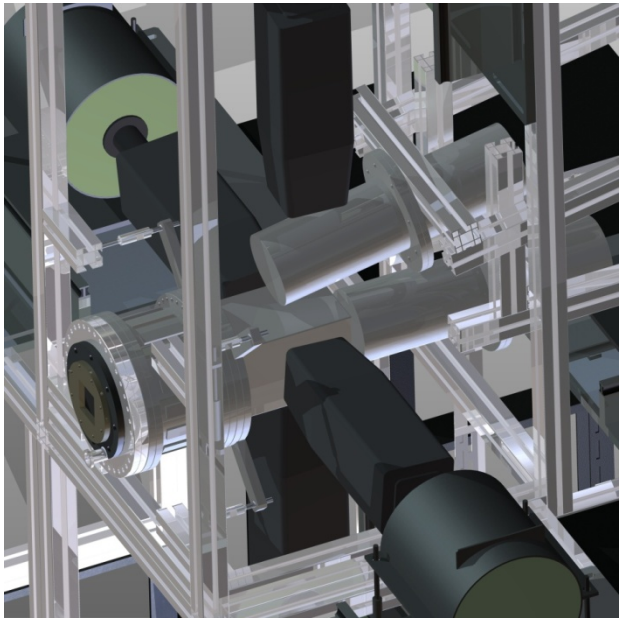
triaxiality, shape-coexistence, etc

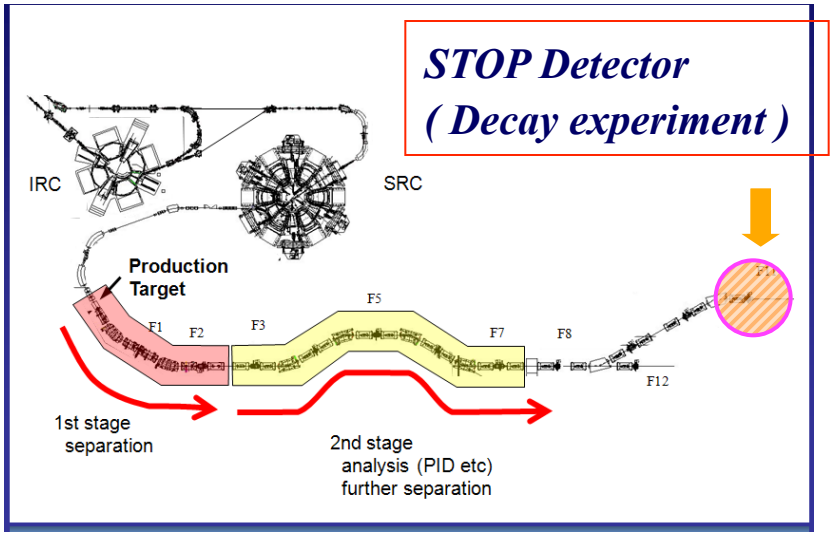
Intensity 0.8 pnA max.

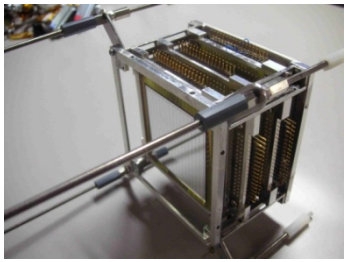
0.1-0.2 pnA on average

2.5 days for data accumulation

Sumikama, Nishimura, et al.





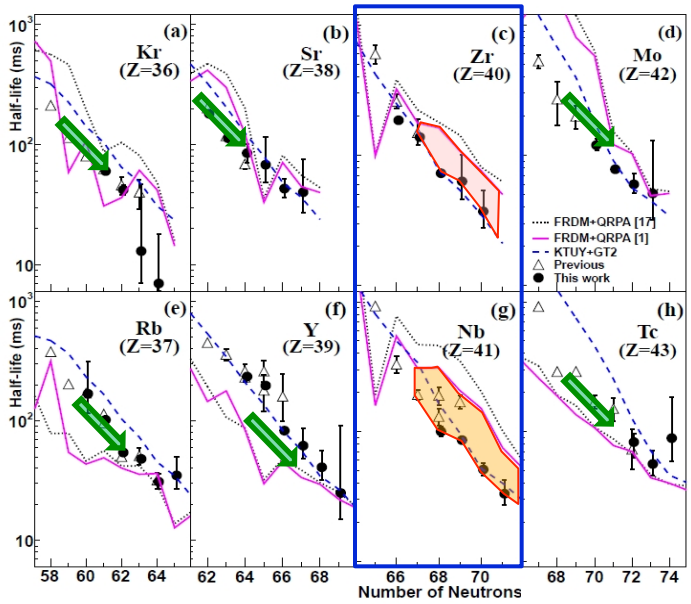


Clovers (RIKEN)

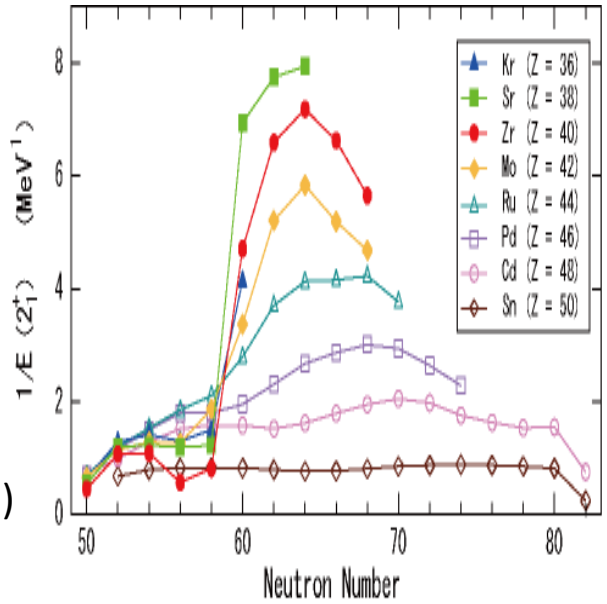
$LaBr_3$ (Milano)

9 layers of DSSD (RIKEN, TUS)

Decay Spectroscopy on Neutron-rich Nuclei with A~110

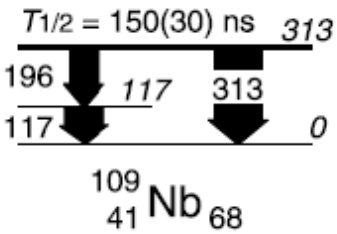


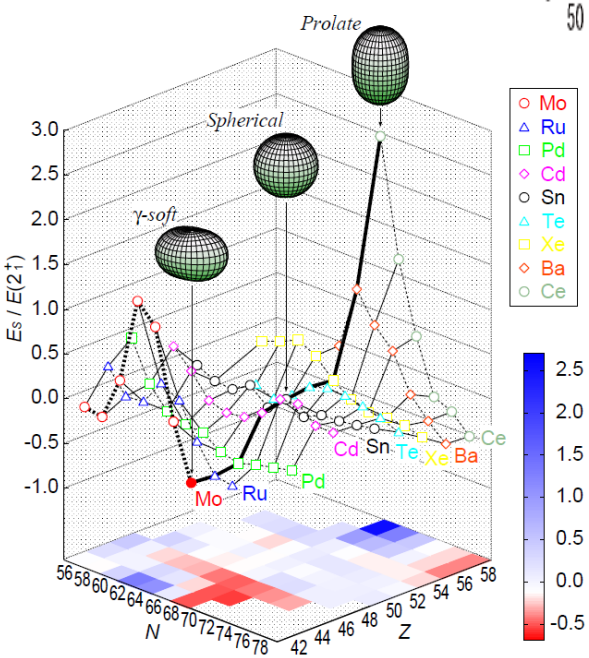
New Half-life data for
18 new isotopes
S. Nishimura et al.,
PRL 106, 052502 (2011)



Deformed magic N=64
in Zr isotopes
T. Sumikama et al.,
PRL 106, 202501 (2011)

Low-lying level structure of Nb-109:
A possible oblate prolate shape isomer
H. Watanabe et al.,
Phys. Lett. B 696, 186-190 (2011)



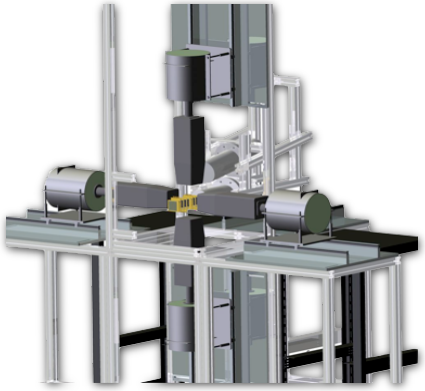


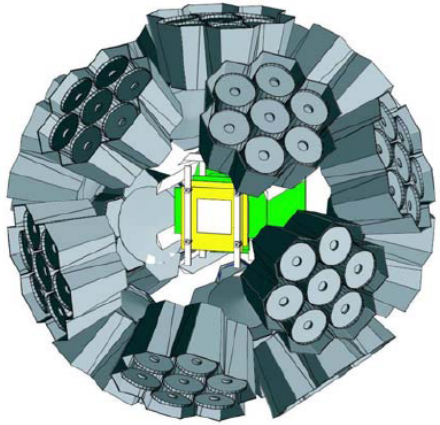
Development of axial
asymmetry in neutron-rich
nucleus Mo-110
H. Watanabe et al.,
Phys.Lett.B 704,270-275(2011)

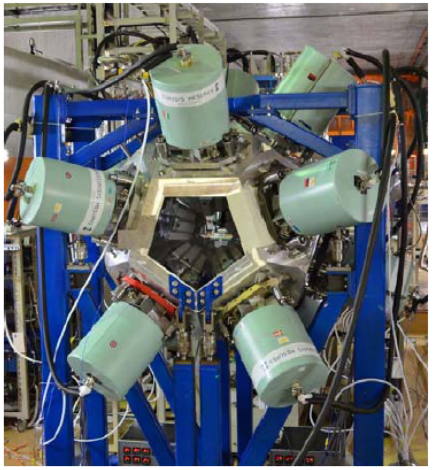
EURICA

EUROBALL-RIKEN Cluster Array (EURICA) 2012-13

First decay spectroscopy in 2009







4 clovers

U beam ~0.1pnA

2.5 days MT

4 papers

Total gain factor for gamma-ray statistics at EURICA campaign in 2012-13 x1000

gamma efficiency x10

primary beam intensity x100

Approved MT 100 days

Estimation for number of papers expected

~100 days * 4 papers/2.5 days= ~160

Cf. RHIC PHENIX ~100 papers/10years

2012 March Commissioning

June N=Z decay experiment

Summary and additional information

The SAMURAI spectrometer is starting …
The mass ring project has been funded to measure mass of exotic nuclei

The "Island-of-inversion" region and beyond is the pilot region
for nuclear structure study, and very attractive.
total interaction X section measurements, in-beam gamma spectroscopy
Decay spectroscopy is very efficient to produce outputs for
nuclear structure as well as the r-process path.
EURICA is promoting decay spectroscopy.

Accelerator status
A new beam of Zn-70: 80pnA maximum in July 2012
The new acceleration scheme with RILAC2 and gas-stripper system
is increasing heavy-mass primary beams such as Xe and U.
Xe-124 20 pnA maximum in June 2012
U-238 > 5pnA in November 2012 (expected)

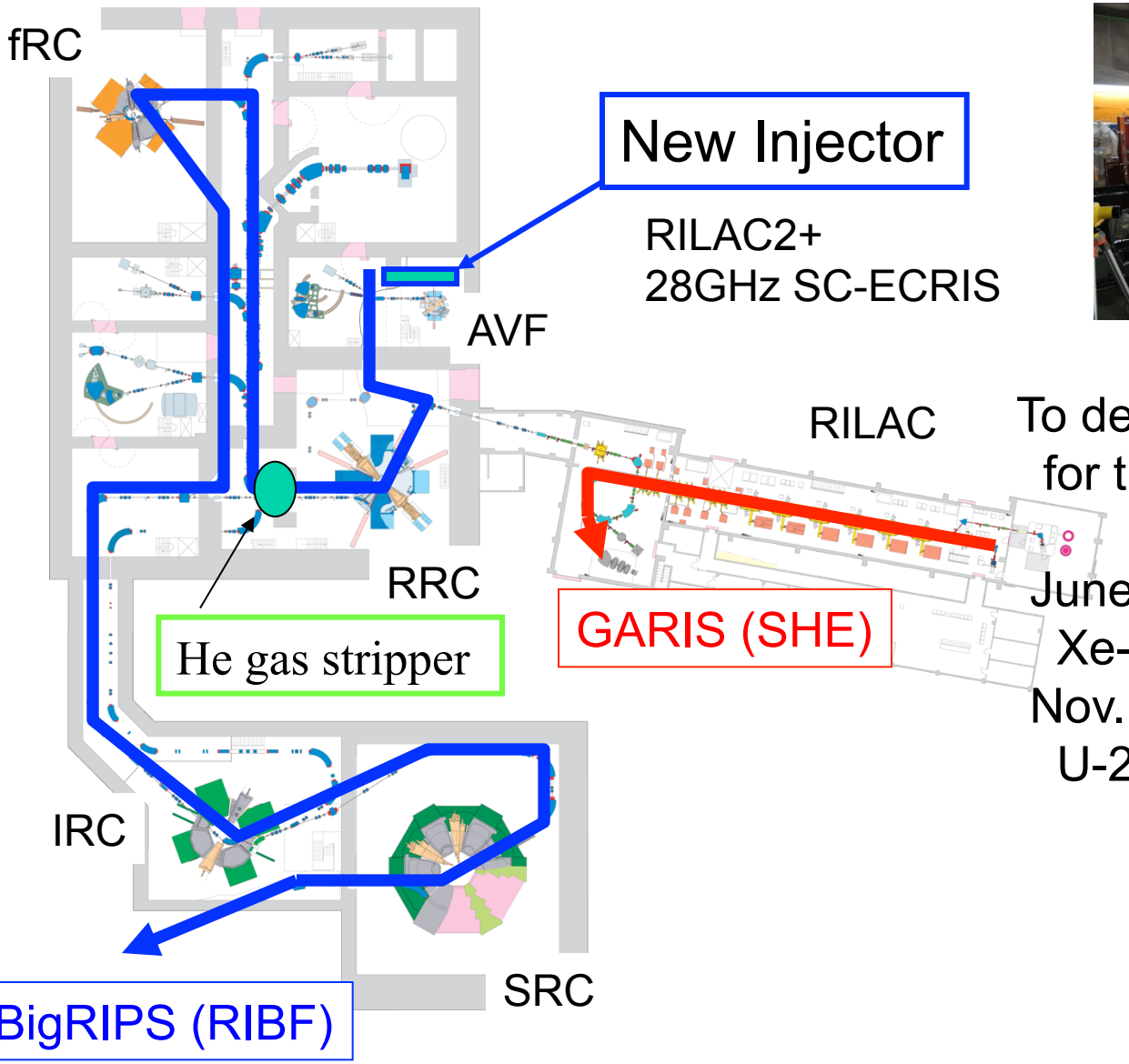
EMIS 2012 Conference

Topics covered by the EMIS2012

1) On and off-line mass separation
2) Preparation of energetic radioactive beams
3) Target techniques and ion sources
4) Techniques related to high-power beams
5) Ion guides and gas jets
6) In-flight separators and storage rings
7) Ion optics and spectrometers
8) Mass spectrometry
9) Traps and laser techniques
10) Equipment for radioactive beam experiments
11) Applications
12) Reactions for radioactive isotope productions
13) Facility initiatives

http://ribf.riken.jp/emis2012

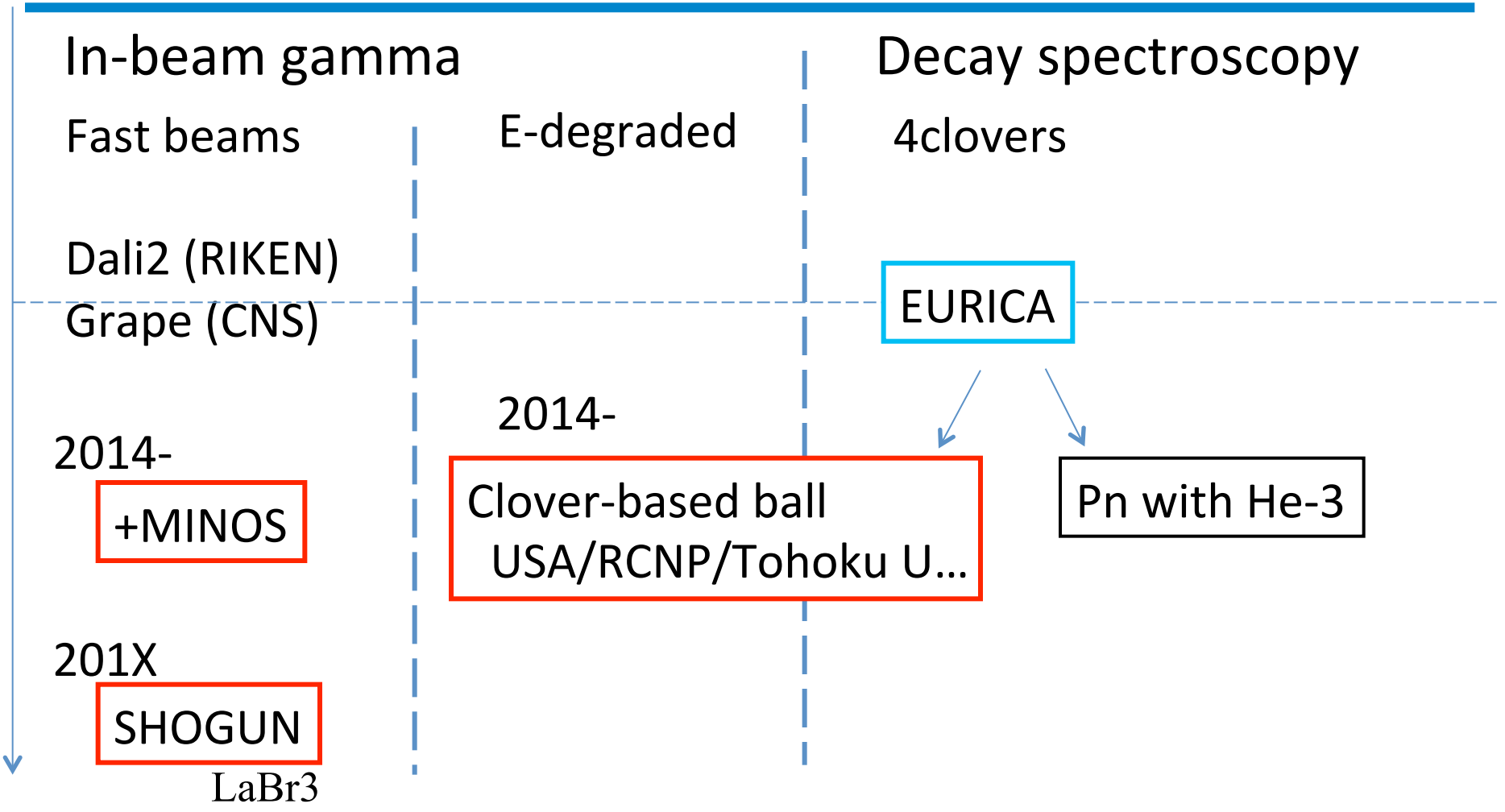
New Injector RILAC2 coupled with 28GHz SC-ECRIS to deliver more intense beam and more opportunities for SHE



To deliver more intense Xe/U for the new facility

June 2012
Xe-124 20pnA max
Nov. 2012
U-238 >5pnA at max. (expected)

SUNFLOWER gamma-detector based
Perspectives for coming 5 year



Project-by-project, Issue-by-Issue,
to form WG and collaboration, to organize WS

SCRIT Electron Scattering Facility

Wakasugi et al.

2009 Facility constructions
2010 Tuning of accelerators
Installation of SCRIT
2011 SCRIT performance test
ISOL commissioning
2012 Test of RI production
Tuning of ISOL
2013 Upgrade RTM
Construction e-Spectromete
Full-scale RI production
Start Experiments for RI's

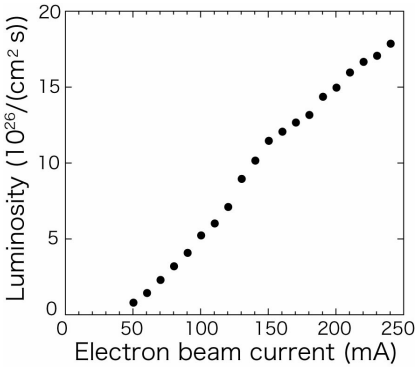
Commissioning of ISOL and preparation of UCx target

Training of target production $^{238}UO_2$+C (disk) → UCx (^{238}U 30g)

Test with stable Xe isotopes
Mass resolution
M/ΔM 1660
Overall efficiency
21 %

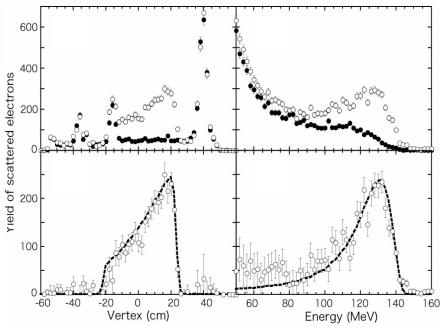
Test Experiments using Stable ^{133}Cs

Achieved luminosity 1.8×10^{27} /(cm^{2}s)
Ion trapping efficiency 85 %
at 240 mA



Measurements of Electrons elastically scattered from trapped Cs ions in SCRIT

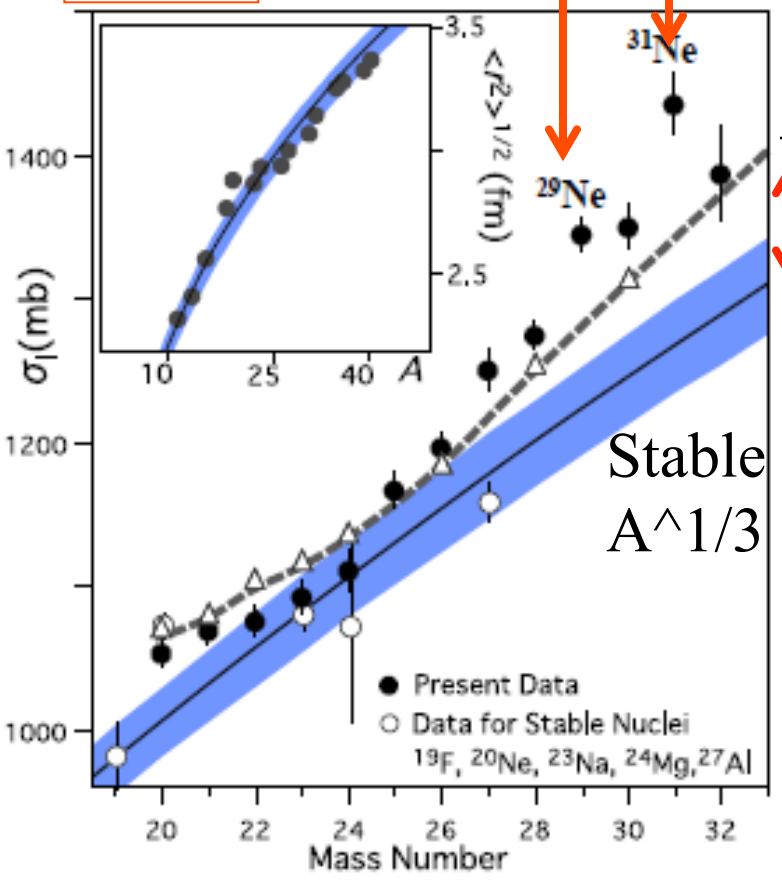
○ with Cs
● without Cs



Halo Structures of ^{29}Ne and ^{31}Ne

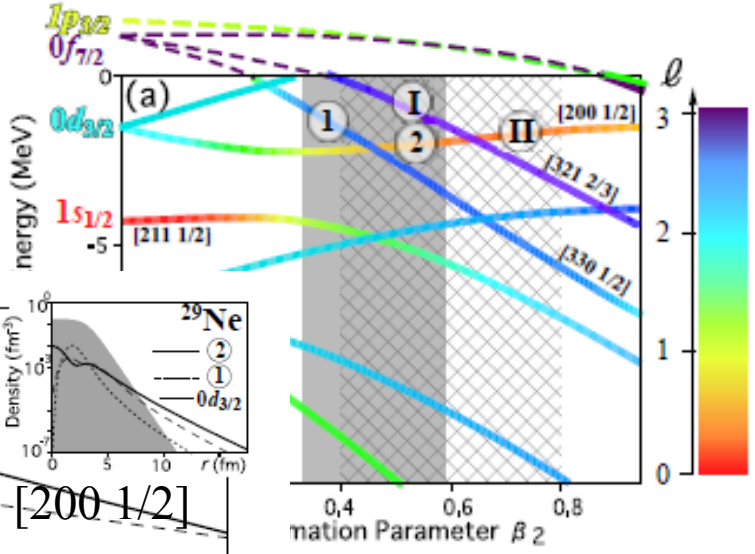
Takechi et al., Phys. Lett. B707, 357 (2012)

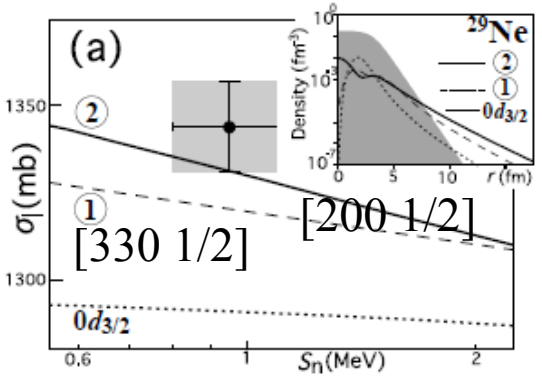
Ne+C

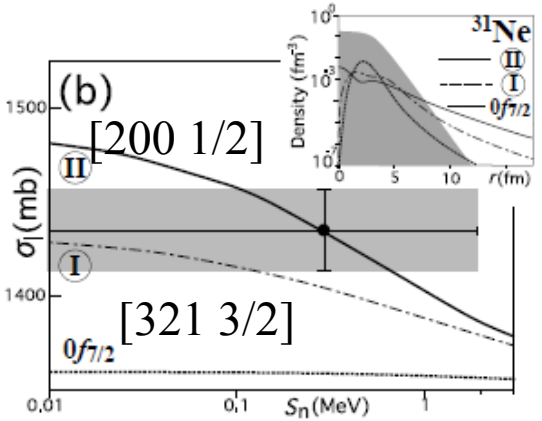


+def

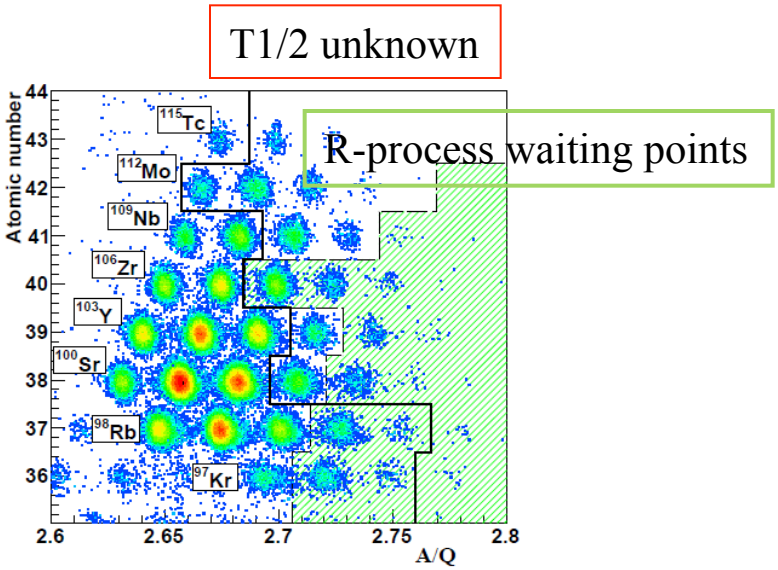
Stable
A^1/3





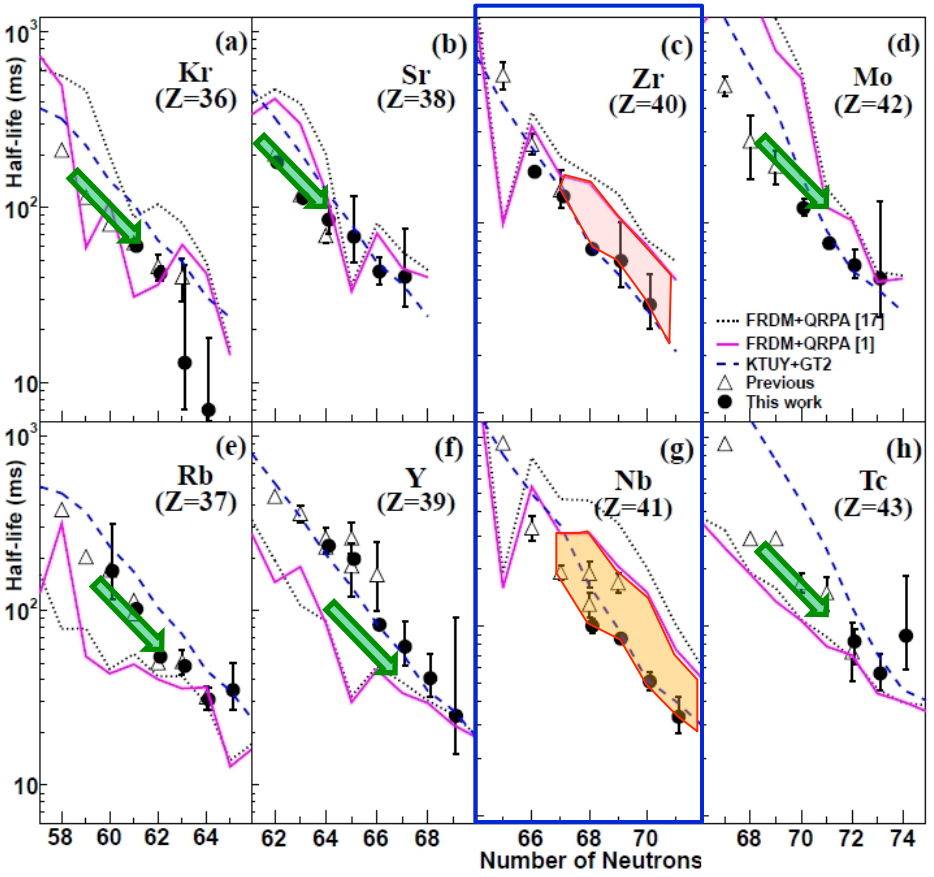


Brand-new half-life data for 18 isotopes



S. Nishimura et al., PRL 106 (11) 052502

1/3 ~ 1/2 Shorter Half-lives of Zr and Nb (A~110)



8 hour data acquisition

T1/2 data of 38 isotopes including first data for 18 isotopes

FRDM may underestimate Q-value for Zr and Nb by 1 MeV at A~110

More rapid flow in the rapid neutron-capture process than expected

Faster r-process synthesis in supernova explosion ?
ーnew half-life data for 18 neutron-rich nuclei

超新星爆発で重元素 再現

超新星爆発で重い元素が作られる様子を地上で再現したところ、一部の元素はこれまでの理論よりも多く作られることがわかった。理化学研究所が発表した。太陽系にあるいくつかの元素は理論予想より10倍多く、どう作られたのか20年間議論が続いていたが、超新星爆発が重元素の工場だった可能性が高まった。

理研の西村俊二先任研究員らは、埼玉県和光市の大強度重イオン加速器施設「ＲＩＢＦ」で、ウランを光速の70％に加速し、ベリリウムに毎秒10億個ぶつけた。ウランが分裂してできた元素のうち、18種類は世界で初めて寿命が調べられたという。（フィジカル・レビュー・レターズ）

産 経 新 聞
平成２３年（2011年）２月７日 月曜日 9

重元素は短時間で合成
超新星爆発の再現は世界初

超新星爆発によって鉄より重い元素が作られる過程で、一部の元素は従来の理論予測の2～3倍の速さで合成された証拠が、理化学研究所などの国際共同チームの実験で得られた。超新星爆発による重元素合成過程を再現したのは世界初。太陽系の一部の重元素が理論予測よりも多く存在する謎を解く糸口になるという。米科学誌「フィジカル レビュー レターズ」（電子版）に発表した。

自然界に存在する鉄からウランまでの元素の約半分は、巨大な恒星が寿命を迎えたときの超新星爆発でできたとする説が有力だ。恒星中心にあった鉄などの原子核が中性子過剰となり、中性子が陽子に変わる「ベータ崩壊」を繰り返してより重い安定した元素が合成されていくという。

国際チームは、理研の大強度重イオン加速器施設「ＲＩビームファクトリー」（埼玉県）で、光速の約70％まで加速したウラン原子をベリリウム原子にぶつけて中性子過剰な重い原子核を生成し、ベータ崩壊の過程を測定。その結果、中性子過剰なジルコニウムとニオブは理論の2～3倍も速く崩壊することが判明した。

理研仁科加速器研究センターの西村俊二先任研究員は「重元素合成の謎を少しだけはぎ取った。これから超新星爆発の過程を解明していきたい」と話す。（小野晋史）

２０１１年（平成23年）２月１１日（金曜日）
科 学 新 聞

理研仁科加速器研究センター櫻井ＲＩ物理研究室の西村俊二・先任研究員、櫻井博儀・主任研究員らの研究グループは、クリプトンからテクネチウムまでの放射性同位元素（ＲＩ）を作り出し、不安定核である中性子過剰なＲＩ38種の寿命を測定。質量数が１１０近傍の中性子過剰なＲＩの寿命が従来の理論予測よりも２～３倍短いことを発見した。「フィジカル・レビュー・レターズ」に掲載された。

38個の中性子過剰なＲＩの寿命を測定 理研

理論予想より2～3倍速く崩壊

私たちの周りにある鉄以上の重元素のうち、約半分はｒ過程（超新星爆発による元素合成）によって作られたと考えられている。安定した原子核は、元素とその同位体を含めこれまでに約３００種ほど見つかっている。理論的には約１万種の原子核が存在するが、ほとんどが不安定な原子核であるＲＩだ。

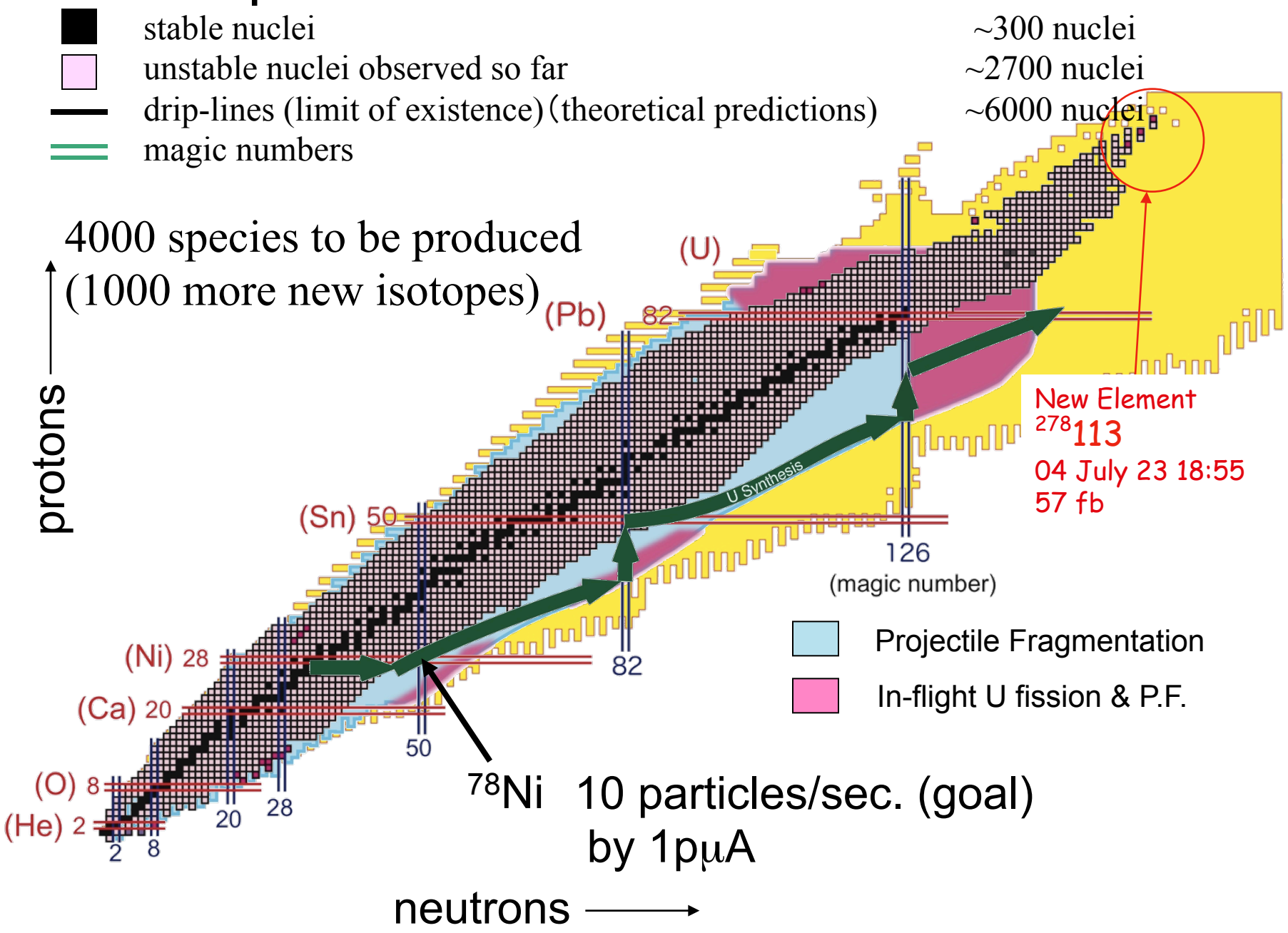
ｒ過程は、大量の中性子がある環境で、高速に連続して中性子を捕獲しながらβ崩壊を起こす。数千種の中性子過剰なＲＩが生成され、中性子の密度や温度の低下によるβ崩壊で、現在の環境に存在する安定した原子核に落ち着いたと考えられる。このメカニズムの詳細はわかっておらず、理論計算でも、その再現に成功していない。

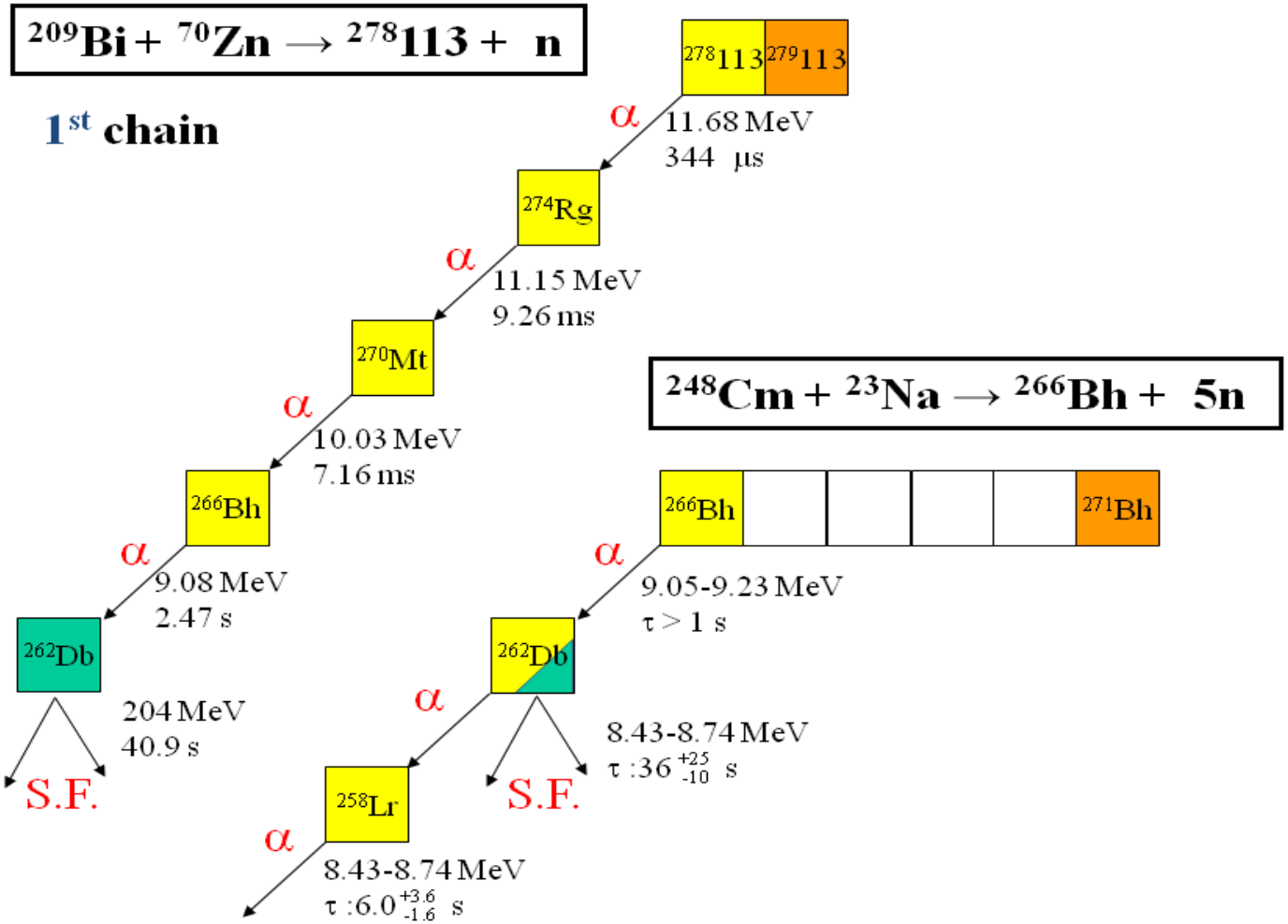
ｒ過程を解き明かすためには、数千種に及ぶ中性子過剰なＲＩの寿命や質量、中性子放出確率などのデータを集め、すでに消失してしまった中性子過剰なＲＩを再現することが必要だ。

研究グループでは、大強度重イオン加速器施設・ＲＩビームファクトリー（ＲＩＢＦ）を用い、３４５ＭｅＶに加速したウランビームを標的のベリリウムに照射し、このうちクリプトンからテクネチウムまでの中性子過剰なＲＩをビームとして取り出した。崩壊に伴い放出されるβ線を測定し、統計処理することで高精度に寿命を決定した。その結果、新たに38種の中性子過剰なＲＩの寿命の測定に成功。そのうち18種が世界で初めて寿命測定に成功した原子核だ。今回は、質量１１０近傍（中重核領域）の中性子過剰なＲＩも測定。この領域では、理論計算でｒ過程の時間や元素存在度が観測データと一致していなかった。

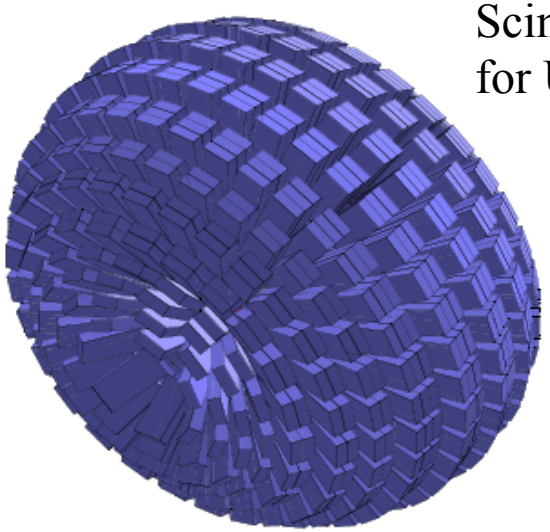
今回のデータと理論予想を比較すると２～３倍も崩壊が速くなっていた。超新星爆発で作られる元素の量は、中性子過剰なＲＩの寿命の関係と密接で、寿命が予想より短いという今回のデータは、ｒ過程が予想よりも速く重元素領域へ移行して、多くの重元素が生成されることを示唆している。理論予想でも謎だった、重元素生成量の不足問題の解決につながる可能性がある。今後は、ＲＩＢＦのビーム強度を現状の４０００倍にすることを目指しており、より多くのＲＩデータを取得していくという。

Exploration of the Limit of Existence




$^{209}Bi + {}^{70}Zn \rightarrow {}^{278}113 + n$
1st chain
$^{278}113$
$^{279}113$
α
11.68 MeV
344 μs
^{274}Rg
α
11.15 MeV
9.26 ms
^{270}Mt
α
10.03 MeV
7.16 ms
^{266}Bh
α
9.08 MeV
2.47 s
^{262}Db
204 MeV
40.9 s
S.F.
$^{248}Cm + {}^{23}Na \rightarrow {}^{266}Bh + 5n$
^{266}Bh
^{271}Bh
α
9.05-9.23 MeV
τ > 1 s
^{262}Db
α
8.43-8.74 MeV
τ :36 +25 -10 s
S.F.
^{258}Lr
α
8.43-8.74 MeV
τ :6.0 +3.6 -1.6 s

Next Generation Gamma-Detector System SHOGUN

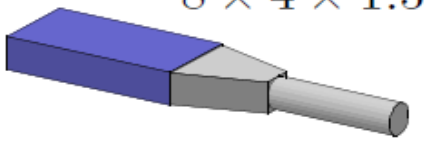


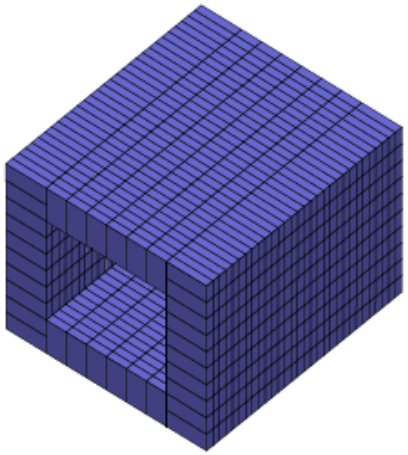
Scintilator based High resOlution Gamma-ray spectrometer for Unstable Nuclei

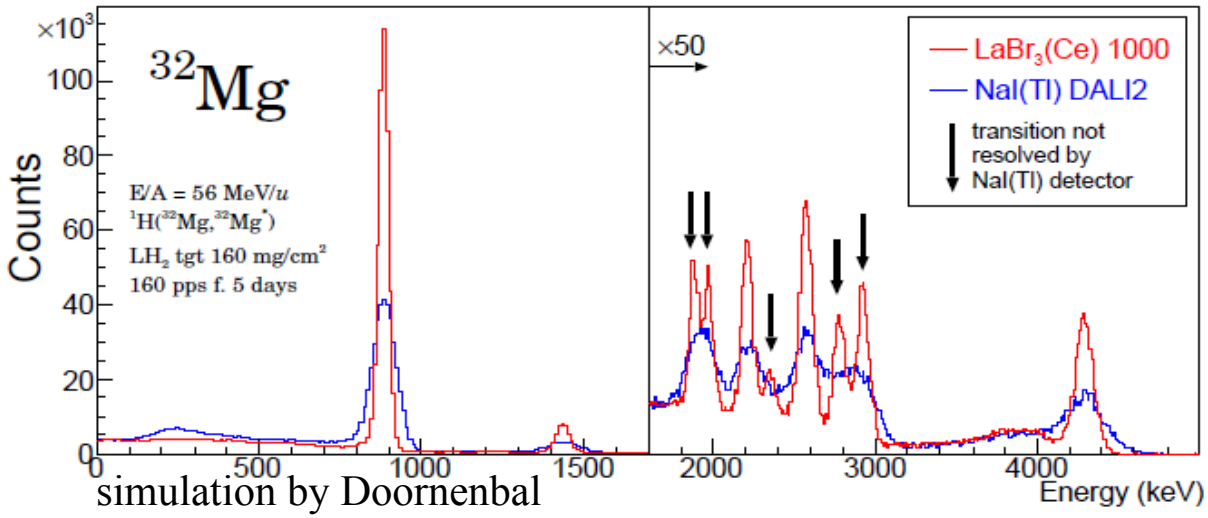
Doornenbal et al.

fast beam setup ($v = 0.6c$			
	$\frac{\Delta E}{E}$ (%)	ϵ_γ (%)	$\epsilon_{\gamma\gamma}$ (%)
NaI(Tl) DALI2	10.0	23.5	5.5
RISING	1.9	2.8	0.08
$LaBr_3$(Ce) 1000	**3.2**	**42.0**	**17.6**
slow/stopped beam setup			
	$\frac{\Delta E}{E}$ (%)	ϵ_γ (%)	$\epsilon_{\gamma\gamma}$ (%)
RISING	0.2	15.0	2.25
$LaBr_3$(Ce) 1000	2.4	**56.0**	**31.3**

$8 \times 4 \times 1.5$ cm^3

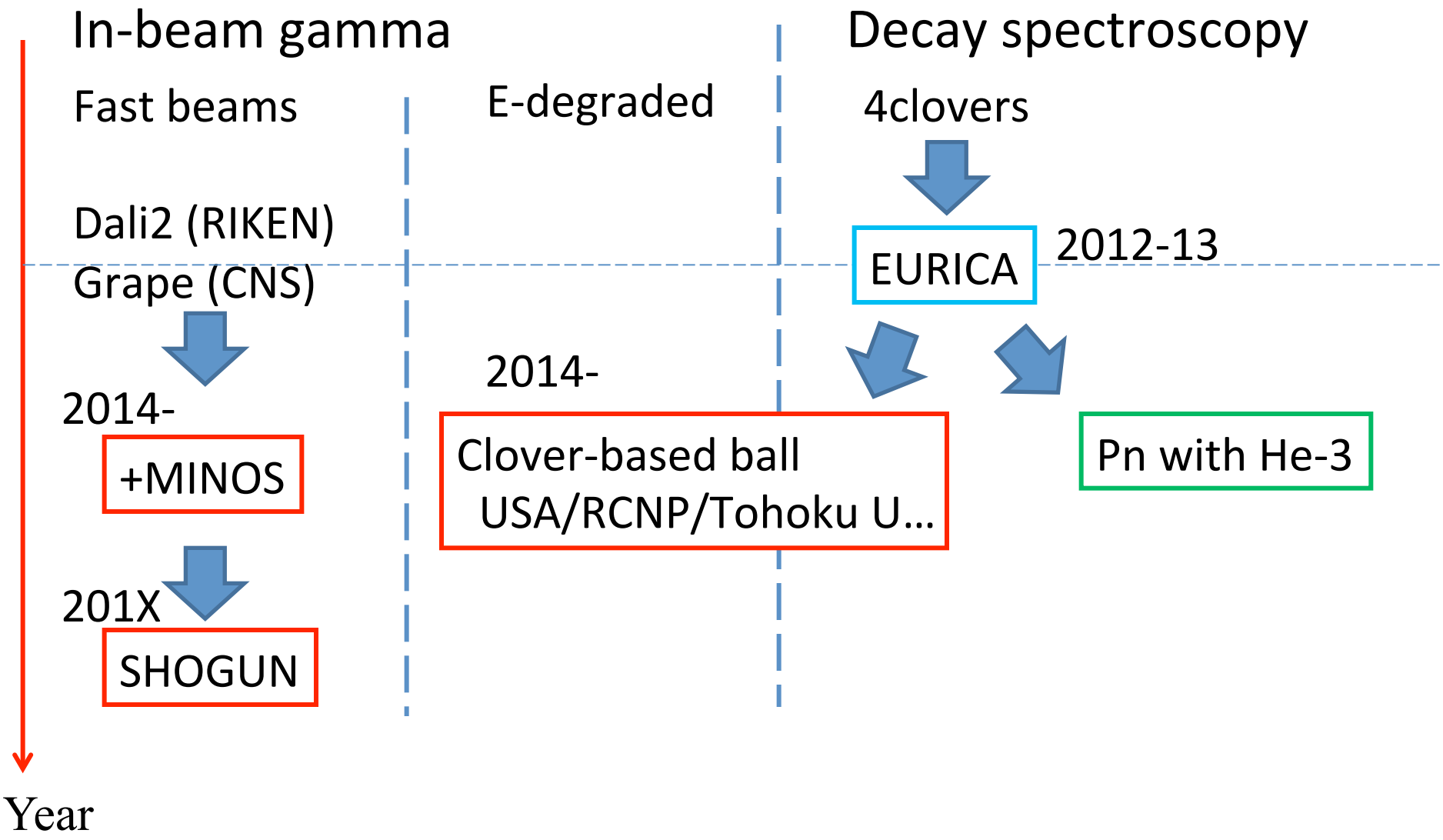






simulation by Doornenbal

Perspectives of gamma-spectroscopy for next 5 years



Achieved beam intensities

- pol-d(250 MeV/u):120 pnA:May2009
- ^{4}He(320 MeV/u):1000 pnA:Oct2009
- ^{14}N(250 MeV/u):80 pnA:May2009
- ^{18}O(MeV/u):500 pnA:Jun2010
- ^{48}Ca(345 MeV/u):230 pnA:Jun2010
- ^{70}Zn(345 MeV/u):80 pnA : July 2012
- ^{86}Kr(345 MeV/u):30 pnA(<1min):Nov2007
- ^{124}Xe(345 MeV/u):22 pnA: June 2012
- ^{238}U(345 MeV/u):0.8 pnA(short time):Dec2009

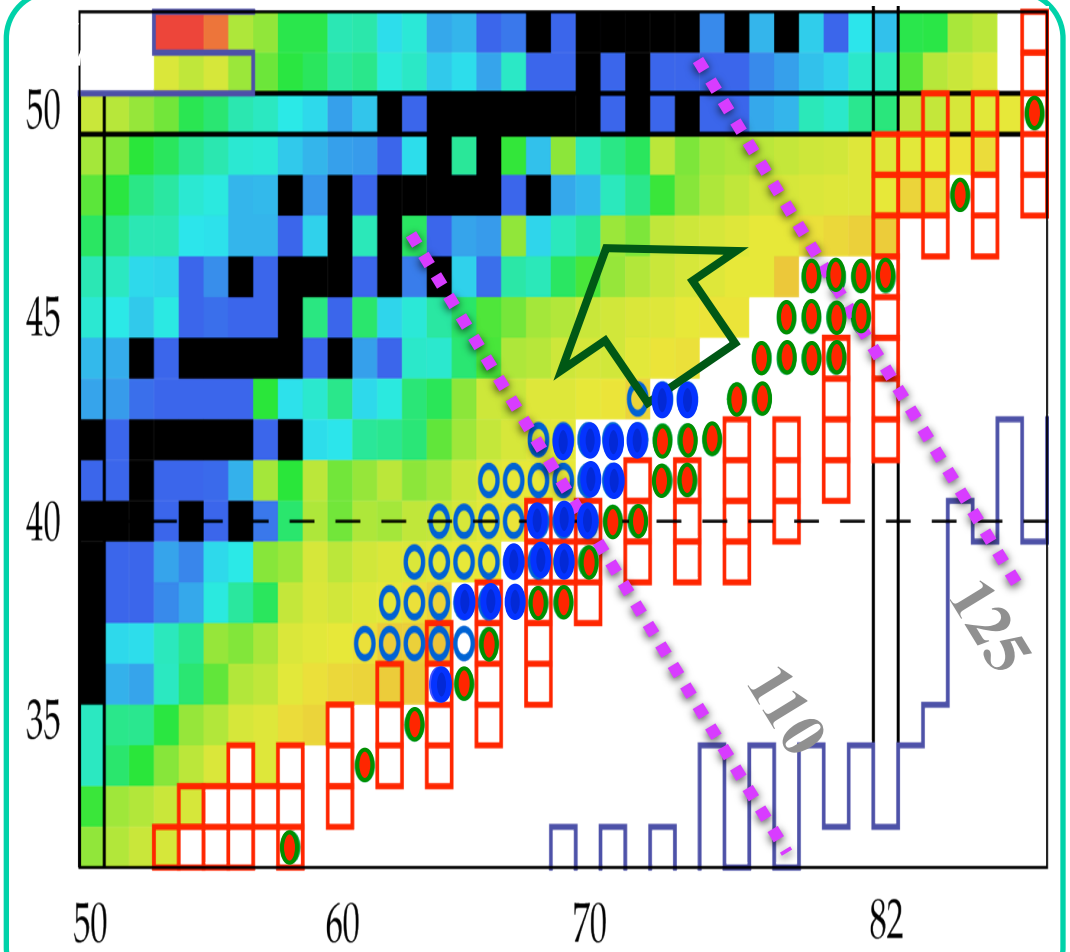
- ^{238}U(345 MeV/u):>5 pnA Oct-Nov in 2012

Half-Lives of Very Neutron-Rich Nuclei (Kr,Rb,Sr,Y,Zr,Nb,Mo,Tc) around 2nd R-Process Peak

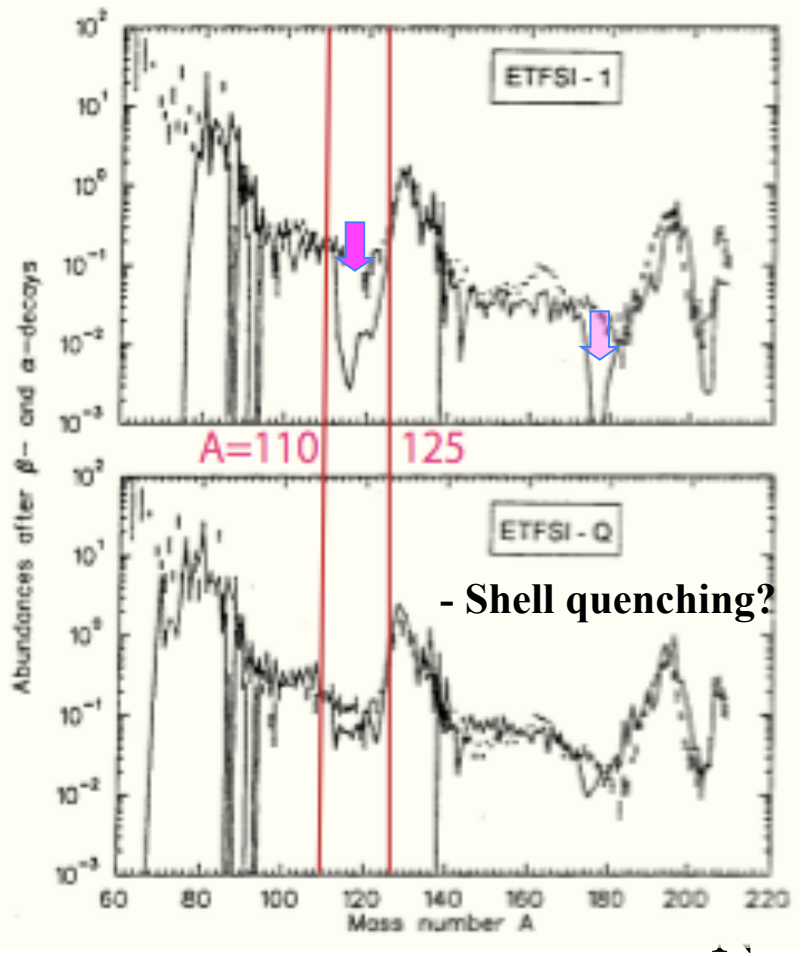
S. Nishimura et al.

T.Ohnishi, JPSJ 79 (2010).. 45 new isotopes

New half-lives (18 nuclei) are measured !



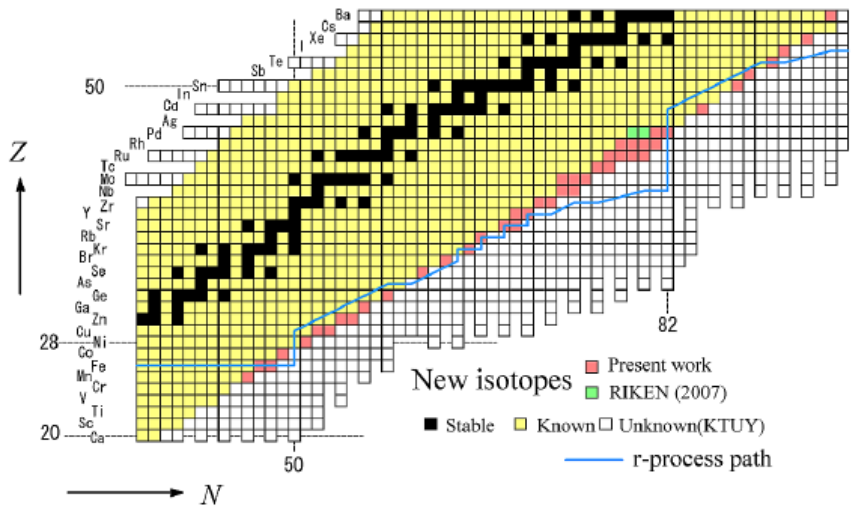
B.Pfeiffer et al. Z. Phys. A357 (1997)



Programs at the RIBF since 2007

2007	May	345A MeV U-238	Search for new isotopes	BigRIPS
2008	Nov.	345A MeV U-238	Search for new isotopes/isomers	BigRIPS
	Dec.	345A MeV Ca-48	Spectroscopy at N~20	BigRIPS/ZDS
2009	April	250A MeV pol.-d	3NF in d+p elastic	BigDpol
	May	250A MeV N-14	SHARAQ Commissioning	SHARAQ
20days	Oct	320A MeV He-4	(t,3He) IVSMR	SHARAQ
	Nov	345A MeV U-238	Decay Spectroscopy	ZDS
	Dec	345A MeV Ca-48	total cs	BigRIPS
			test for in-beam gamma	ZDS
2010	May	345A MeV Ca-48	Missing mass spectroscopy	ZDS
			Two-step Spin-Aligned RI beams	BigRIPS
	June	345A MeV O-18	(p,2p)	Kappa Spec.
	Oct.	250A MeV N-14	Charge exchange	SHARAQ
70days		250A MeV d	($d,^3He$) deeply-bound pionic states	BigRIPS
	Nov.-Dec.	345A MeV Ca-48	in-beam gamma, total cs. Inclusive Coulomb breakup Decay-spectroscopy	BigRIPS/ZDS
2011	June	250A MeV O-18	(p,n) in inverse reaction	SHARAQ
20days	Oct	345A MeV U0238	Search for new isotopes	BigRIPS
	Nov.		In-beam gamma Spectroscopy	BigRIPS/ZDS

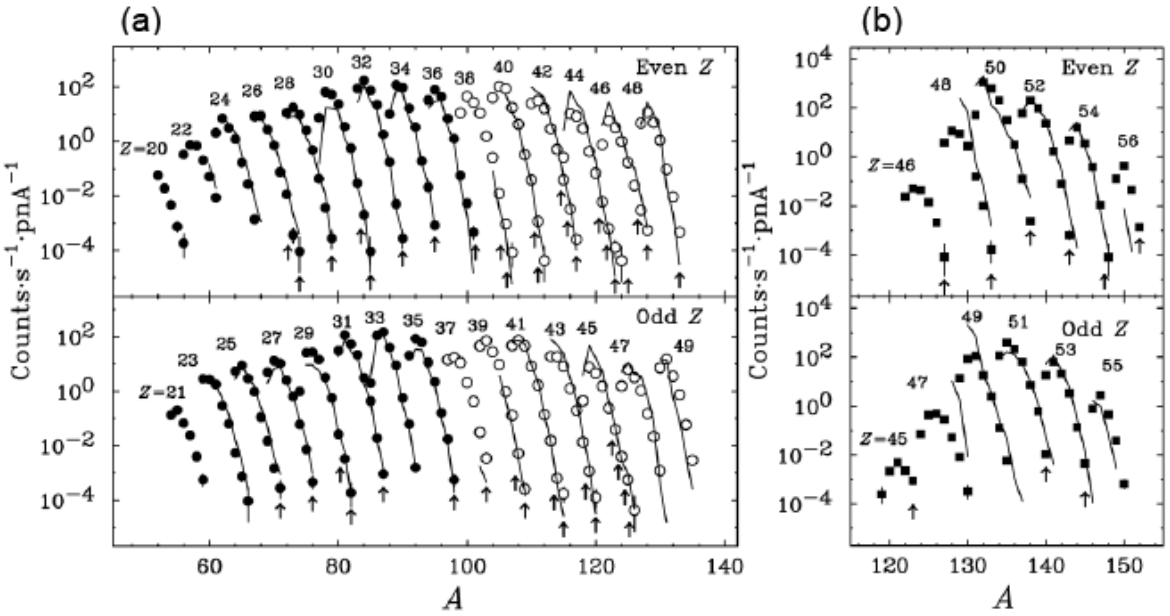
Identification of 45 New Neutron-Rich Isotopes Produced by In-Flight Fission of a ^{238}U Beam at 345 MeV/nucleon



T. Ohnishi, et al., JPSJ 79, 073201 (2010).

Nov., 2008
Averaged beam intensity ~0.2 pnA
Maximum intensity 0.4 pnA

Mn (Z=25) to Ba (Z=56)
Covered by three Brho settings
Be and Pb targets
Total dose 1-2x10^{14} for each Brho setting



Yield rates reasonably reproduced by LISE++

Low-lying Excited States in ^{24}O via (p,p')
- The First Missing Mass Spectroscopy at RIBF -

RIKEN NISHINA CENTER

Spokespersons : Valerie Lapoux and Hideaki Otsu

May, 2010

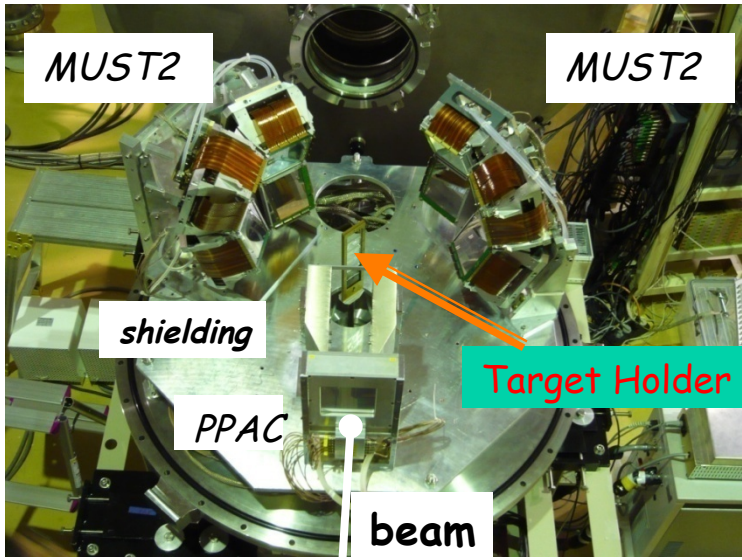
The state-of-art detector MUST2 from France coupled with BigRIPS/ZDS setup

GOAL

Characteristics of the N=16 new magic number ?
… in O isotopes
Structure of a drip-line nucleus,
possible neutron-skin or halo

EXCITATION ENERGY SPECTRUM FOR ^{24}O → ^{24}O(p,p')^{24}O*

^{24}O E(2+) > S_n = 3.7 MeV
+ states above S_{2n} = 6.35 MeV ?



TOOLS

Particle spectroscopy of UNBOUND states

SET- UP

Kinematics,
(p,p') reactions
Beam time

RIBF beam (unique intensities)
+ high-performance telescope array
+large-acceptance spectrometer