

# ダブルハイパー核実験用原子核乾板の 神岡地下施設の鉛ブロック箱内での保管

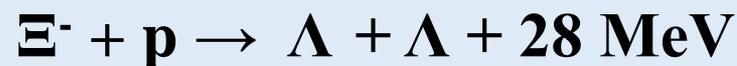
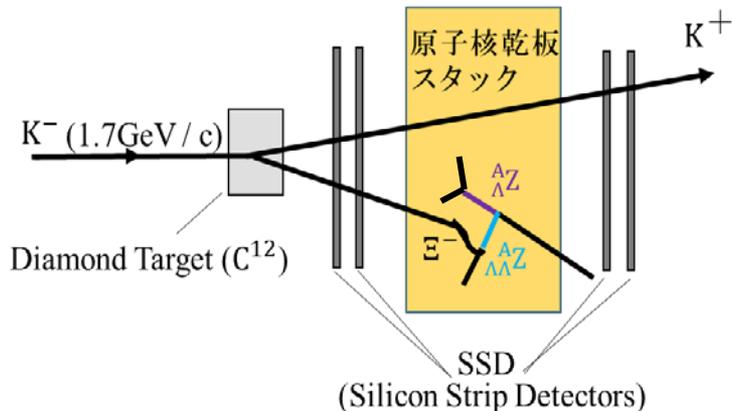
平成26年度 東京大学宇宙線研究所共同利用研究成果発表会  
2014年 12月13日

岐阜大学 教育学部 理科教育物理学講座  
伊藤宏紀 仲澤和馬 金原慎二

# 原子核乾板を用いたダブルΛハイパー核実験

原子核乾板中でダブルΛハイパー核の生成・崩壊事象を検出し、その質量から、Λ-Λ間に働く相互作用を明らかにする。

## Hybrid Emulsion experiment Set up



原子核乾板中に2つのΛ粒子をもつダブルΛハイパー核を生成する。

過去に見つかったダブルΛハイパー核は世界で9例。

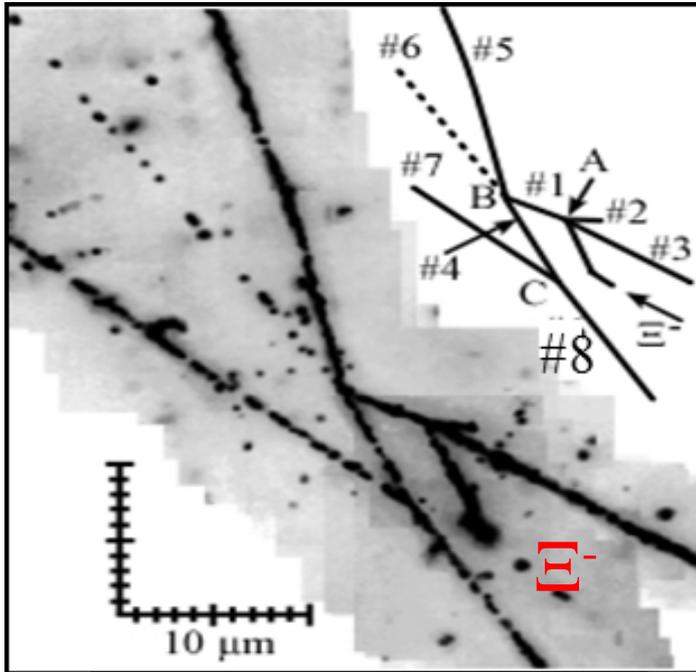
その内の8例(KEK PS-E176:1例 E373:7例)の発見に岐阜大学が中心的役割

# of Ξ Stop events (# of double-hypernuclear event)

Experiment	E176	E373	E07
Scanning method			
Automatic + semiautomatic	77 ± 9 (1)	~10 <sup>3</sup> (7)	~10 <sup>4</sup> (~10 <sup>2</sup> )
Overall scan	—	~10 <sup>4</sup> (~10 <sup>2</sup> )	~10 <sup>5</sup> (~10 <sup>3</sup> )

# 原子核乾板を用いたダブル $\Lambda$ ハイパー核実験

## ●NAGARA event (E373)



H.Takahashi et al.,PRL87 (2001) 212502

世界初： $\Lambda\Lambda$ 相互作用が単一に同定( ${}_{\Lambda\Lambda}^6\text{He}$ )



$\Lambda$ - $\Lambda$ 相互作用は弱い引力的!!

$$(\Delta B_{\Lambda\Lambda} = 0.67 \pm 0.17 \text{ MeV})$$

Ξ 追跡によって観測されたEvent

# of  $\Xi$  Stop events (# of double-hypernuclear event)

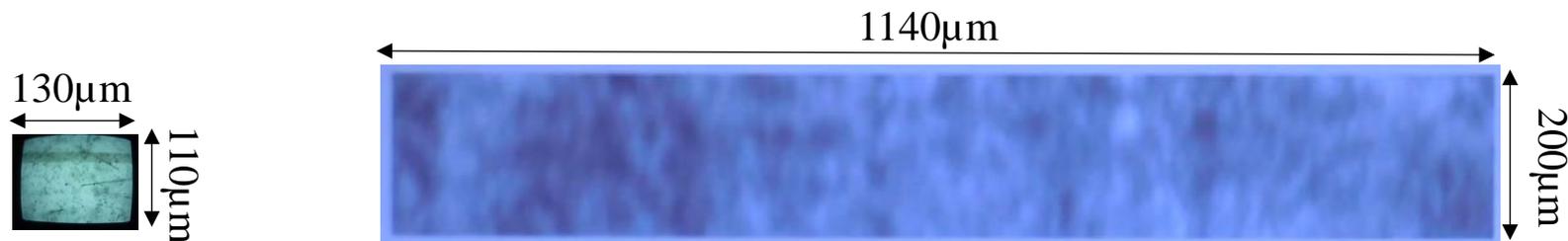
Experiment	E176	E373	E07
Scanning method			
Automatic + semiautomatic	$77 \pm 9$ (1)	$\sim 10^3$ (7)	$\sim 10^4$ ( $\sim 10^2$ )
Overall scan	—	$\sim 10^4$ ( $\sim 10^2$ )	$\sim 10^5$ ( $\sim 10^3$ )

# 原子核乾板を用いたダブル $\Lambda$ ハイパー核実験

## Overall scan

乾板全面を撮影し、トリガーにかからなかった $\Xi$ 粒子によって生成されるダブルハイパー核の探索。 $\Xi$ 追跡による探索に対し約10倍の統計量が期待。

	<u>Present</u>	<u>New</u>
Obj. Lens	$\times 50$	$\times 20$
Camera	100Hz	800Hz
Area	$130 \mu\text{m} \times 110 \mu\text{m}$	$1140 \mu\text{m} \times 200 \mu\text{m}$

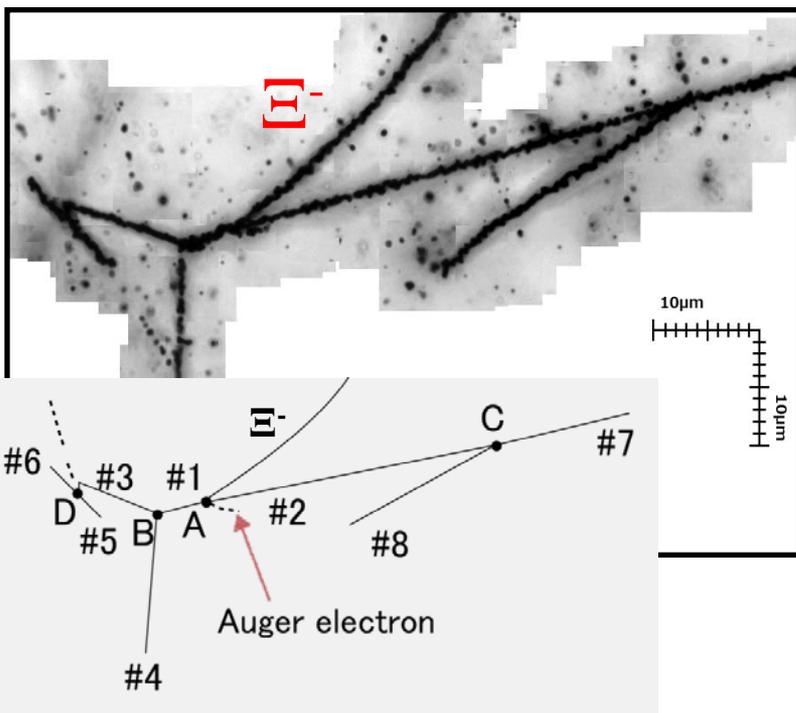


# of  $\Xi$  Stop events (# of double-hypernuclear event)

Experiment	E176	E373	E07
Scanning method			
Automatic + semiautomatic	$77 \pm 9$ (1)	$\sim 10^3$ (7)	$\sim 10^4$ ( $\sim 10^2$ )
<b>Overall scan</b>	—	$\sim 10^4$ ( $\sim 10^2$ )	$\sim 10^5$ ( $\sim 10^3$ )

# 原子核乾板を用いたダブル $\Lambda$ ハイパー核実験

## ●KISO event (E373)



Submitted PTEP (2014)

世界初： $\Xi$ ハイパー核の生成を確認



**$\Xi$ -N相互作用は引力的!!**

( $B_{\Xi} = 4.38 \pm 0.25 \text{ MeV}$ )

Overall scan によって観測されたEvent  
(test operationで撮影した800万枚  
の画像から検出)

# of  $\Xi$  Stop events (# of double-hypernuclear event)

Experiment	E176	E373	E07
Scanning method			
Automatic + semiautomatic	$77 \pm 9$ (1)	$\sim 10^3$ (7)	$\sim 10^4$ ( $\sim 10^2$ )
<b>Overall scan</b>	—	$\sim 10^4$ ( $\sim 10^2$ )	$\sim 10^5$ ( $\sim 10^3$ )

# 原子核乾板製作

実験に使用する原子核乾板は全て岐阜大学で製作。  
(2013年12月～2014年5月)



ダブルハイパー核実験棟

原子核乳剤	2100 kg		
乾板の概要	面積	345 × 350 mm <sup>2</sup>	
	厚み	厚型	940μm (乳剤:450μm, PS-film 40μm)
		薄型	380μm (乳剤:100μm, PS-film:180μm)
	枚数	厚型	1302枚
薄型		222枚	

## 製作の手順

### Pouring



700 × 710 mm<sup>2</sup>



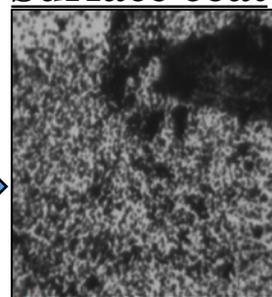
### Drying



2days



### Surface coat



× 2 Cycle



### Cutting



345 × 350mm<sup>2</sup>

# 原子核乾板製作

実験に使用する原子核乾板は全て岐阜大学で製作。  
(2013年12月～2014年5月)



ダブルハイパー核実験棟

原子核乳剤	2100 kg		
乾板の概要	面積	345 × 350 mm <sup>2</sup>	
	厚み	厚型	940μm (乳剤:450μm, PS-film 40μm)
		薄型	380μm (乳剤:100μm, PS-film:180μm)
	枚数	厚型	1302枚
薄型		222枚	

## 製作の手順

### Pouring



700 × 710 mm<sup>2</sup>



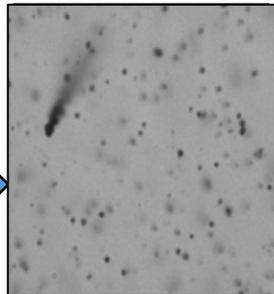
### Drying



2days



### Surface coat



× 2 Cycle



### Cutting



345 × 350mm<sup>2</sup>

# 原子核乾板製作

実験に使用する原子核乾板は全て岐阜大学で製作。  
(2013年12月～2014年5月)

原子核乳剤	2100 kg		
乾板の概要	面積	345×350 mm <sup>2</sup>	
	厚み	厚型	940μm (乳剤:450μm, PS-film 40μm)
		薄型	380μm (乳剤:100μm, PS-film:180μm)
	枚数	厚型	1302枚
		薄型	222枚



ダブルハイパー核実験棟

原子核乾板製作はBeam timeに合わせて日程設定。  
製作した乾板から順にBeam照射を進める計画。

**Beam照射は2014年1月予定だった (放射能漏れ事故)→ 2016年度(?)に延期**

- ※宇宙線、 $\gamma$ 線の影響によるバックグラウンド増加 → **神岡の鉛箱中で保管**
- ※高温保管での品質低下 (写真カブリ、カビなど) → **低温保管**

1999年, KEK-PS E373実験においてBeam lineの故障により  
神岡鉱山坑内において1年間原子核乾板を保管。(1999～2000)

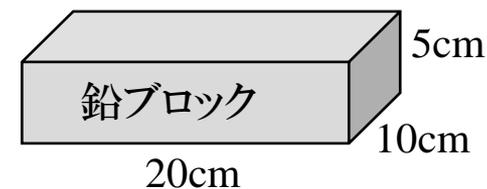
# 原子核乾板保管用鉛ブロック箱



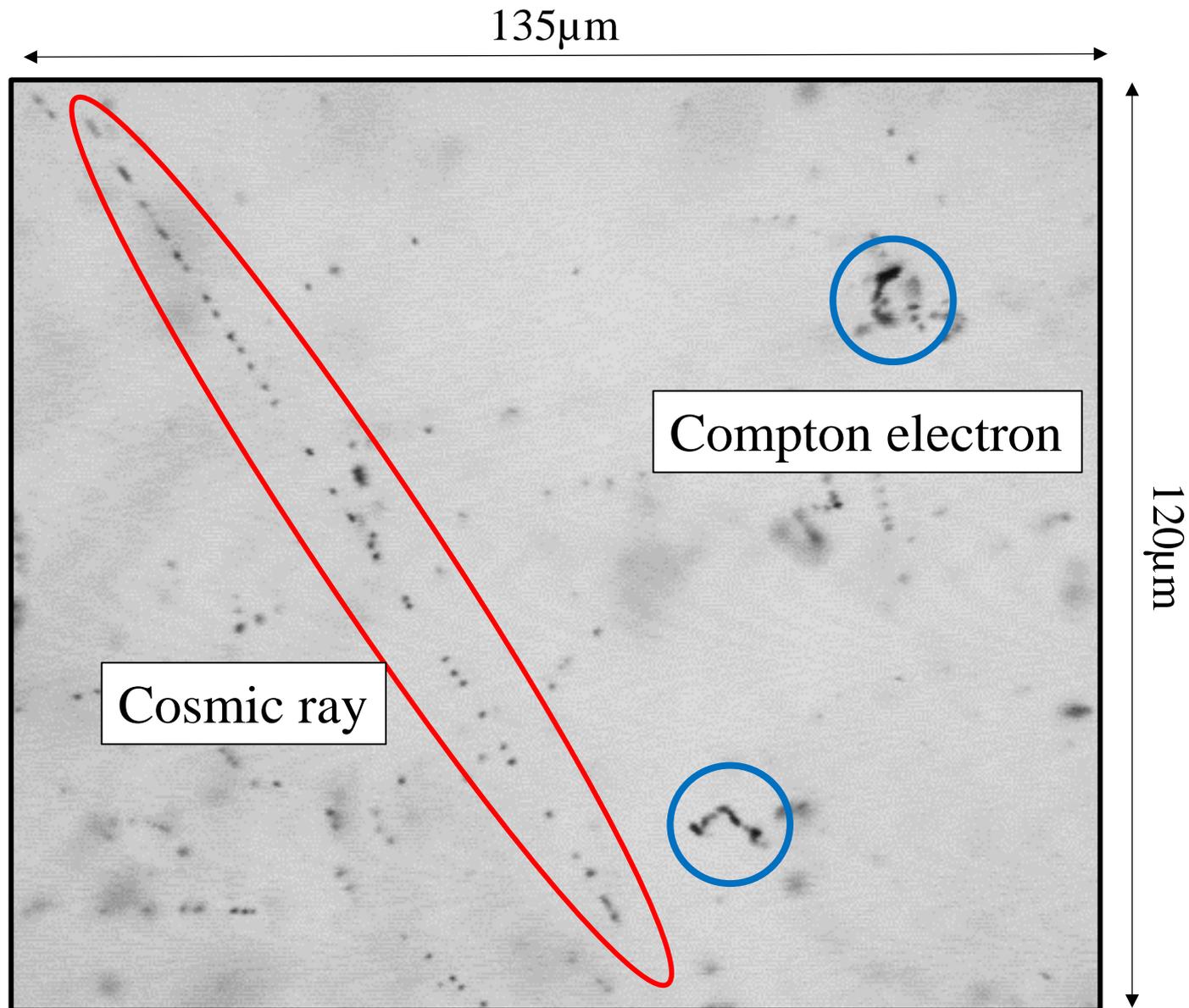
## 保管している乾板

- \* 厚型乾板 1302枚
- \* 薄型乾板 222枚
- \* 保存状態確認のためのモニター乾板

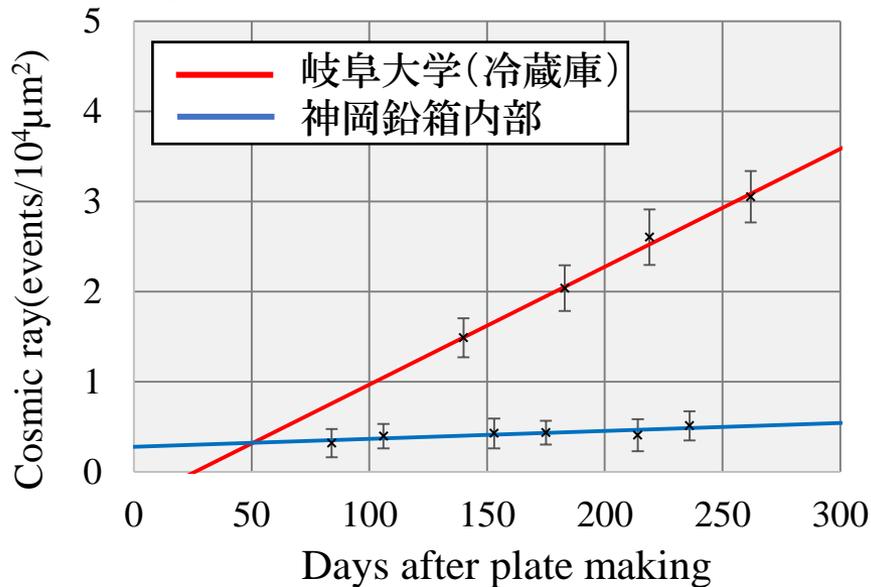
乾板16枚を1パックに梱包。  
製作後の乾板18パックを毎月搬入。



# 鉛箱中における原子核乾板への影響



•乾板中で記録される宇宙線数



岐阜大学冷蔵庫内

$13.1 (\pm 2.8) \times 10^{-3} \text{ Days} / 10^4 \mu\text{m}^2$

神岡鉛箱内

J-PARC E07 保管 (2014~)

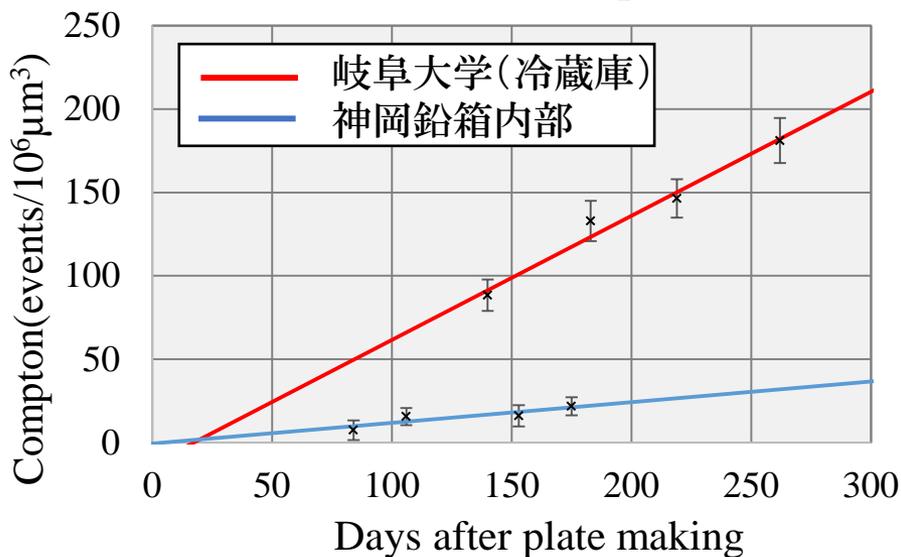
$0.88 (\pm 1.18) \times 10^{-3} \text{ Days} / 10^4 \mu\text{m}^2$

KEK-PS E373 保管 (1999~2000)

$0.45 (\pm 0.00) \times 10^{-3} \text{ Days} / 10^4 \mu\text{m}^2$

**(Consistent)**

•乾板中で記録されるCompton電子数



岐阜大学冷蔵庫内

$0.74 (\pm 0.13) \text{ Days} / 10^6 \mu\text{m}^3$

神岡鉛箱内

J-PARC E07 保管 (2014~)

$0.12 (\pm 0.08) \text{ Days} / 10^6 \mu\text{m}^3$

KEK-PS E373 保管 (1999~2000)

$0.14 (\pm 0.01) \text{ Days} / 10^6 \mu\text{m}^3$

**(Consistent)**

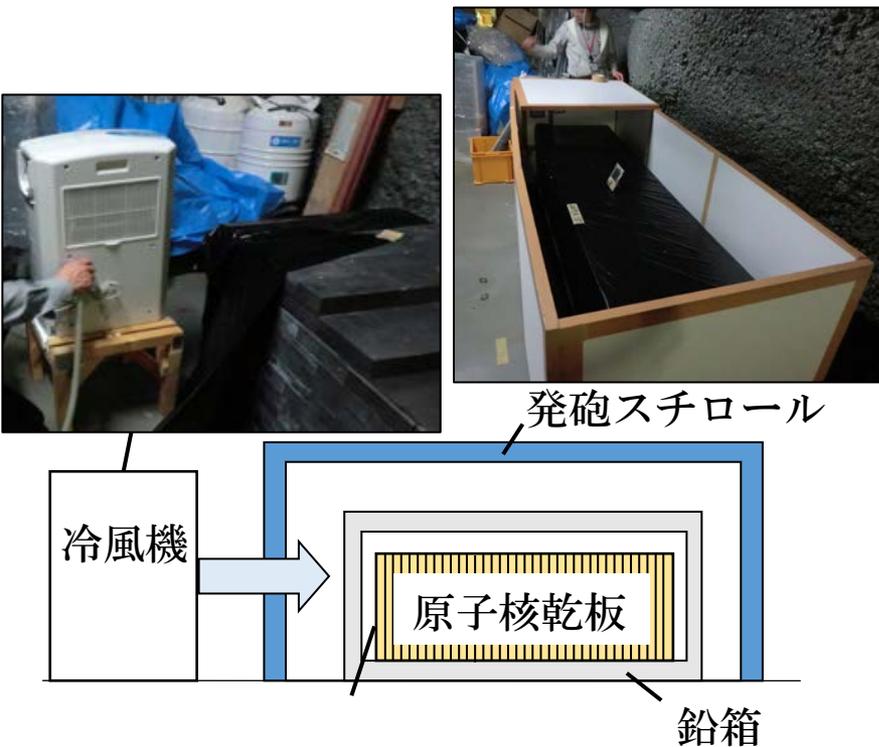
# 鉛箱中の温度管理

1999年に原子核乾板を保管した環境温度が17~18℃  
2014年からの環境は26℃前後

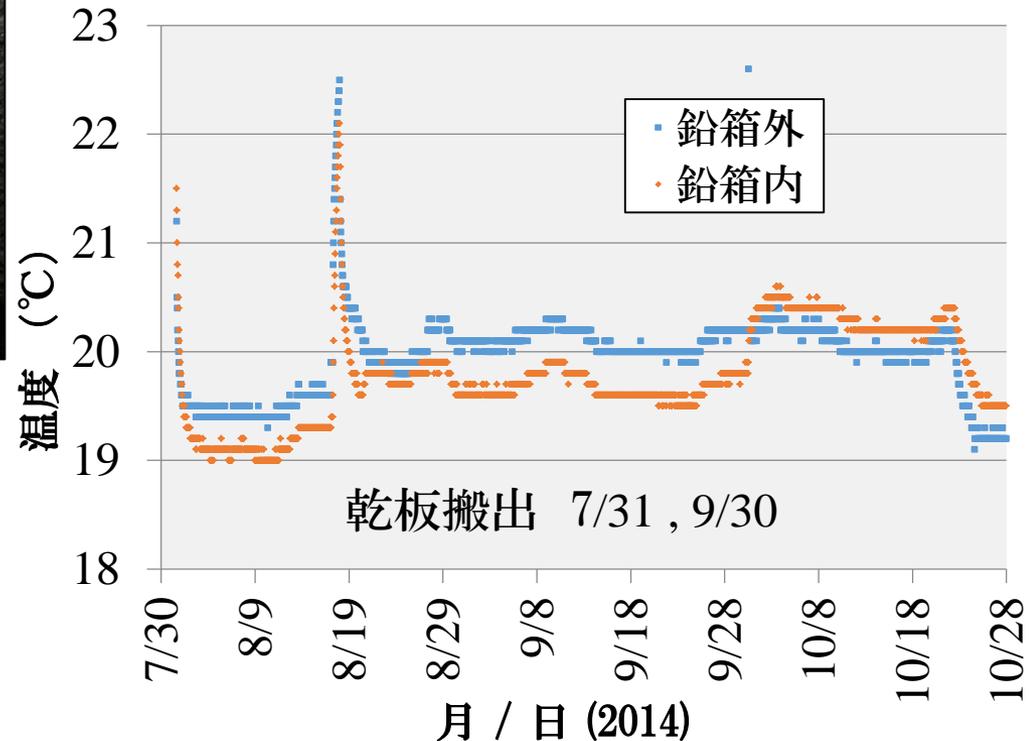
温度管理のため

\* 発砲スチロールで断熱し、冷風機で冷却

\* 温度ロガーを設置し、モニター乾板回収時（2か月に1度）に温度推移を確認



発砲スチロール内の温度推移 (2014/7/28~10/28)

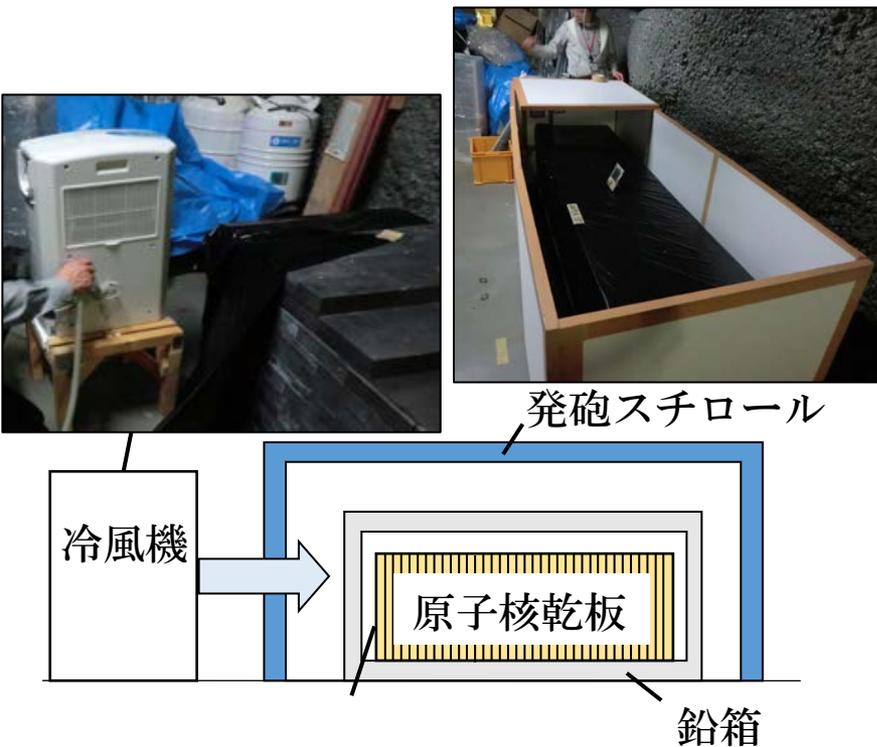


# 鉛箱中の温度管理

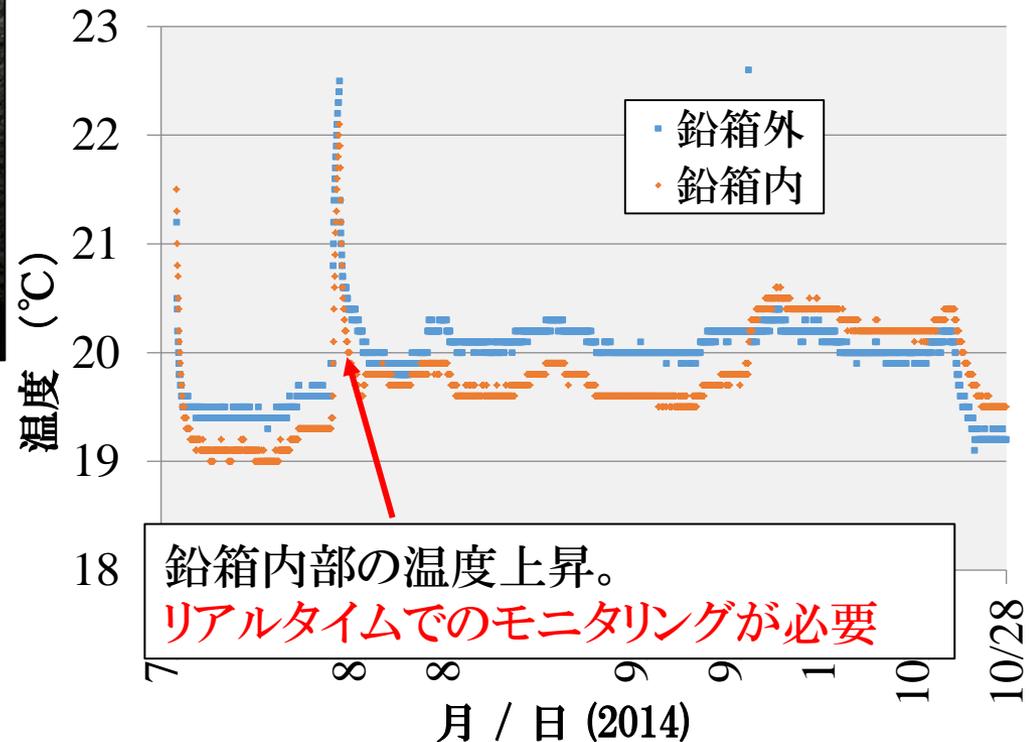
1999年に原子核乾板を保管した環境温度が17~18℃  
2014年からの環境は26℃前後

温度管理のため

- \* 発砲スチロールで断熱し、冷風機で冷却
- \* 温度ロガーを設置し、モニター乾板回収時（2か月に1度）に温度推移を確認



発砲スチロール内の温度推移 (2014/7/28~10/28)

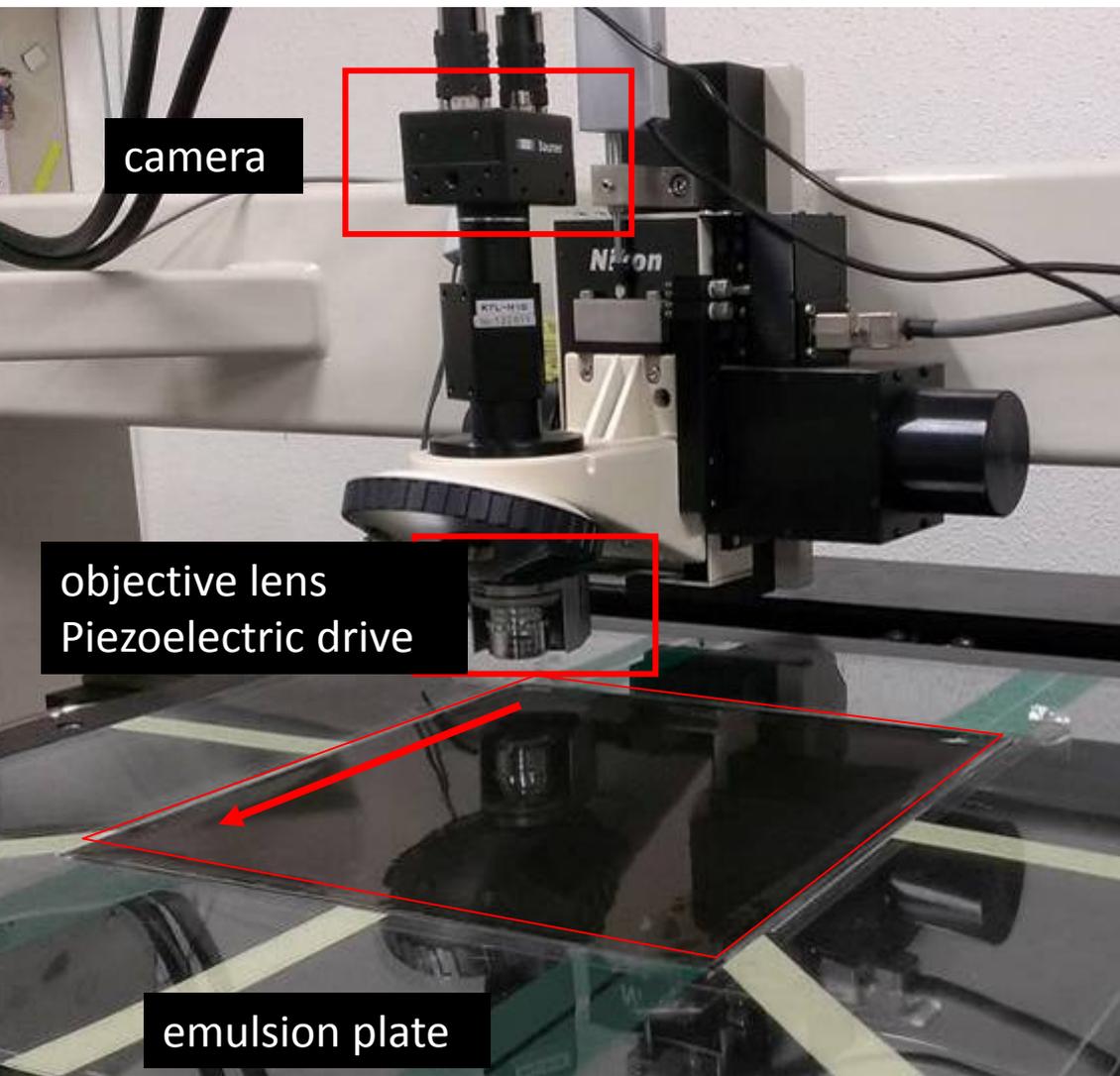


## まとめと今後

- J-PARC E07実験で使用する原子核乾板の製作を完了
- Beam timeが2016年以降に延期。  
乾板への影響を最小限にするため神岡鉱山内に鉛箱を設営し、Beam照射まで鉛箱内で乾板を保管。(厚型：1302枚、薄型：222枚)
- 乾板に蓄積するバックグラウンドの測定。  
2016年のBeam照射まで乾板の性能を維持できる予定。
- 温度ロガーを用いて鉛箱中の温度変化を定期的に記録。(～20°C)  
→リアルタイムでのモニタリングが不可欠(至急に要求予定)



# New System for overall scanning (Stage#7,8) collaborate with UNIOPT Co.



high resolution CMOS  
2048\*358 pixels

wide F.O.V.  
x20 dry lens (NA0.35)  
1142\*200 micron<sup>2</sup>

high frame rate  
800fps

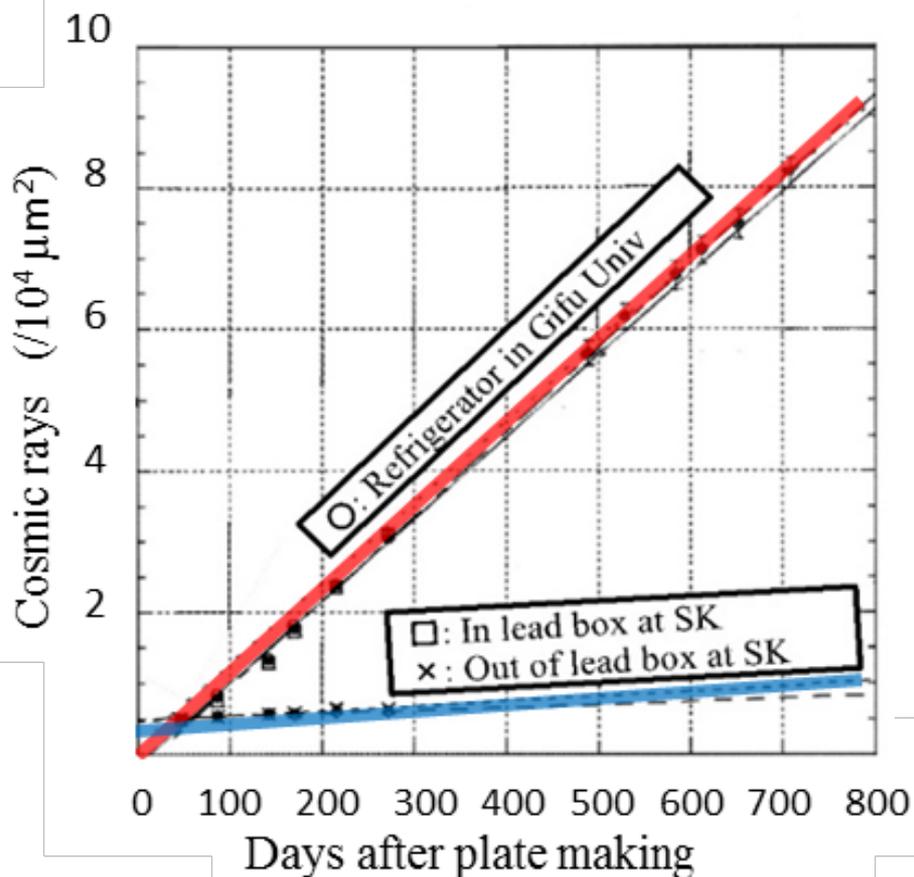
Piezoelectric drive  
stroke 500 micron  
period 5Hz  
picture 40picts /cycle

Continuously stage moving

Designed speed:  
10mm\*10mm\*0.9mm /2min.

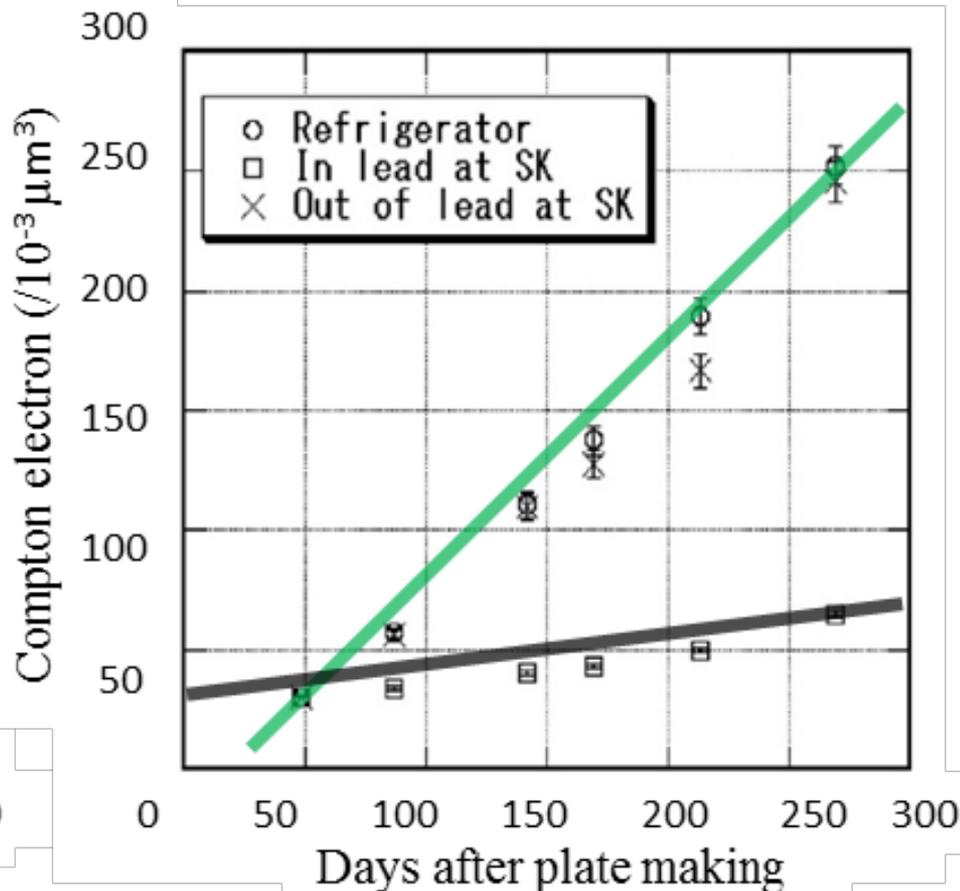
# 鉛箱中における原子核乾板への影響

## 乾板中で観測される宇宙線

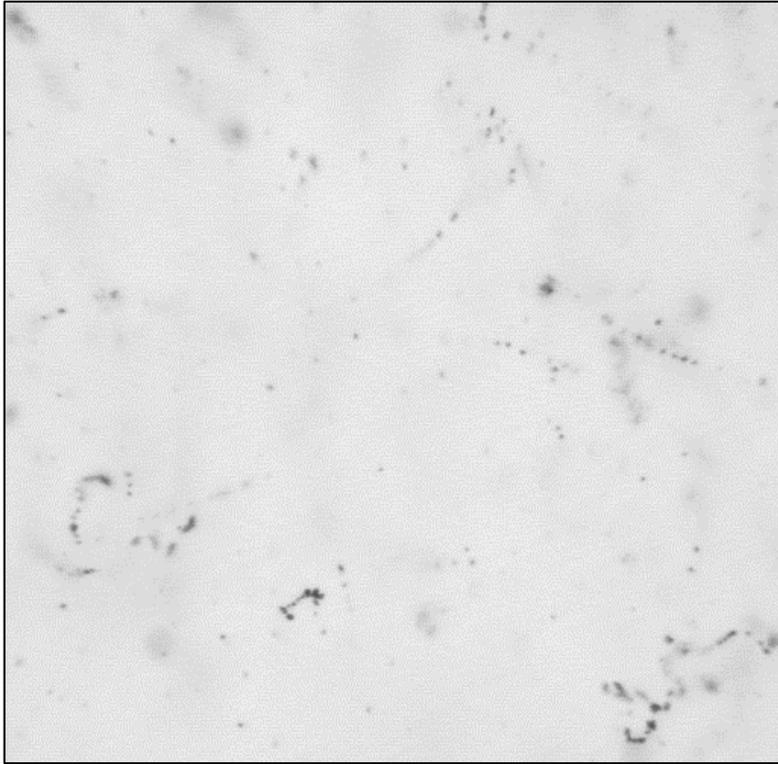


— 岐阜大学の冷蔵庫内  
— KAMIOKNDE

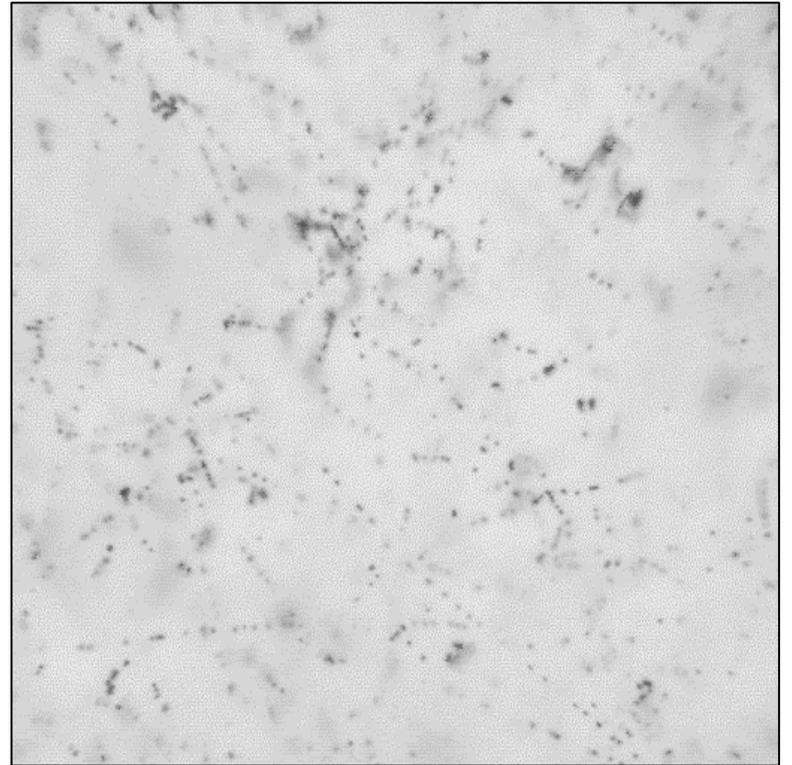
## 乾板中で観測されるコンプトン電子



— 鉛箱の外部 (KAMIOKANDE)  
— 鉛箱の内部 (KAMIOKNDE)



岐阜大学 26日  
神岡坑内 236日



岐阜大学 262日