

宇宙機搭載用機器に対する 高エネルギー陽子線照射技術の開発 (乗鞍観測所利用)



(公財) 若狭湾エネルギー研究センター 久米恭
(国研) 日本原子力研究開発機構 鳥居建男
東京大学宇宙線研究所 瀧田正人
(ド) ハセテック 長谷川崇

H27東京大学宇宙線研究所共同利用研究成果発表会

内容

- 1、共同利用研究費の使途報告
- 2、研究の動機
若狭湾エネルギー研究センター(WERC)における
イオンビーム利用研究開発
- 3、雷由来放射線計測システムを用いた
イオンビーム線束技術開発
- 4、まとめ

1、共同利用研究費の使途報告

共同利用課題として採択下さり
ありがとうございました。

共同利用研究費10万円の使途＝旅費

鳥居先生（東京・乗鞍）

久米（公用車で移動中に高山で宿泊）

久米（敦賀・柏（本発表会））

2、研究の動機

若狭湾エネルギー研究センター(WERC)における イオンビーム利用研究開発

若狭湾エネルギー研究センター 多目的イオン加速器システム

大強度イオン注入器

5 MVタンデム加速器

マイクロビーム分析コース

イオン源

イオン分析コース

陽子線がん治療コース

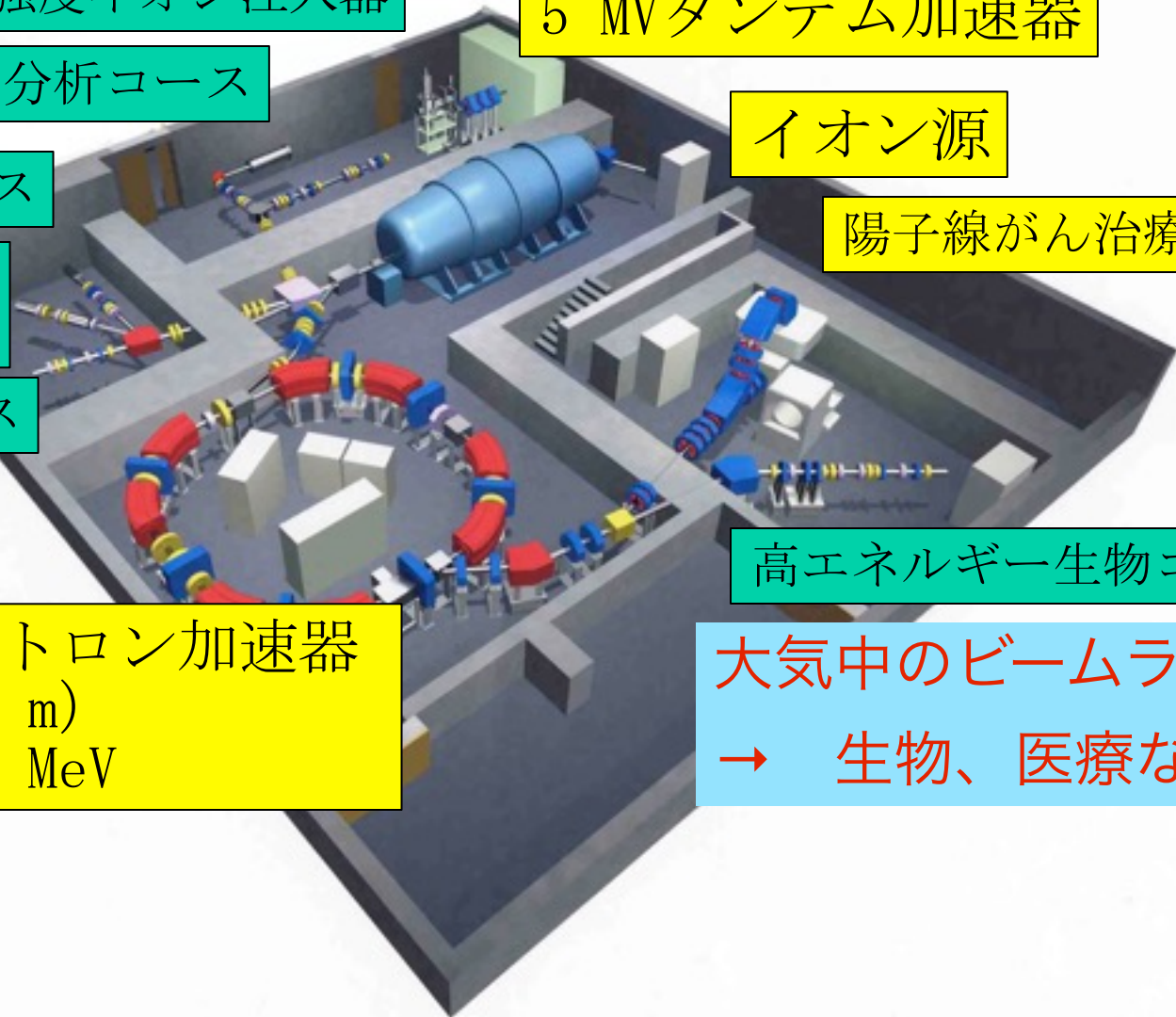
マイクロビーム
生物コース

イオン注入コース

高エネルギー生物コース

シンクロトロン加速器
(直径10 m)
陽子 200 MeV

大気中のビームライン
→ 生物、医療など



WERC加速器



シンクロトロン
陽子 \sim 200MeV



タンデム加速器

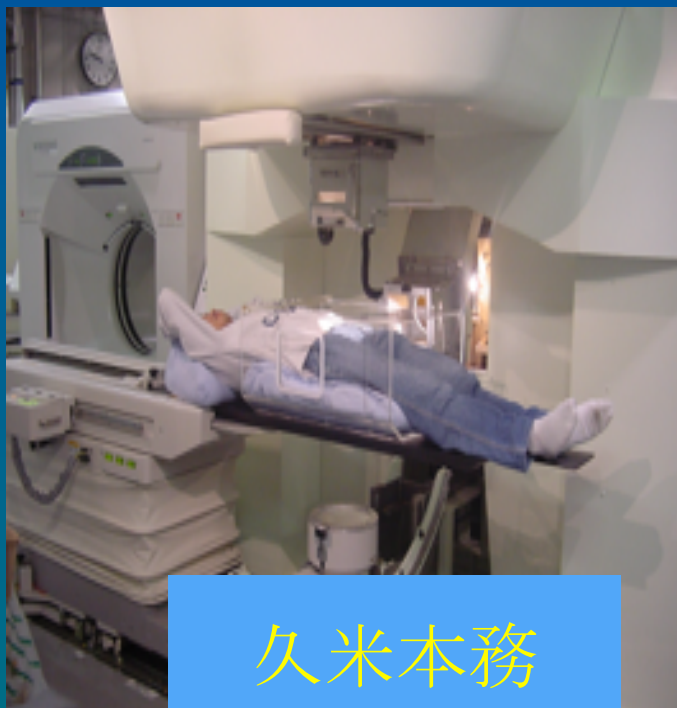


ビーム輸送系
(がん治療)



ビーム輸送系
(高エネルギー生物)

陽子線治療、品種改良→ 大気中での照射技術

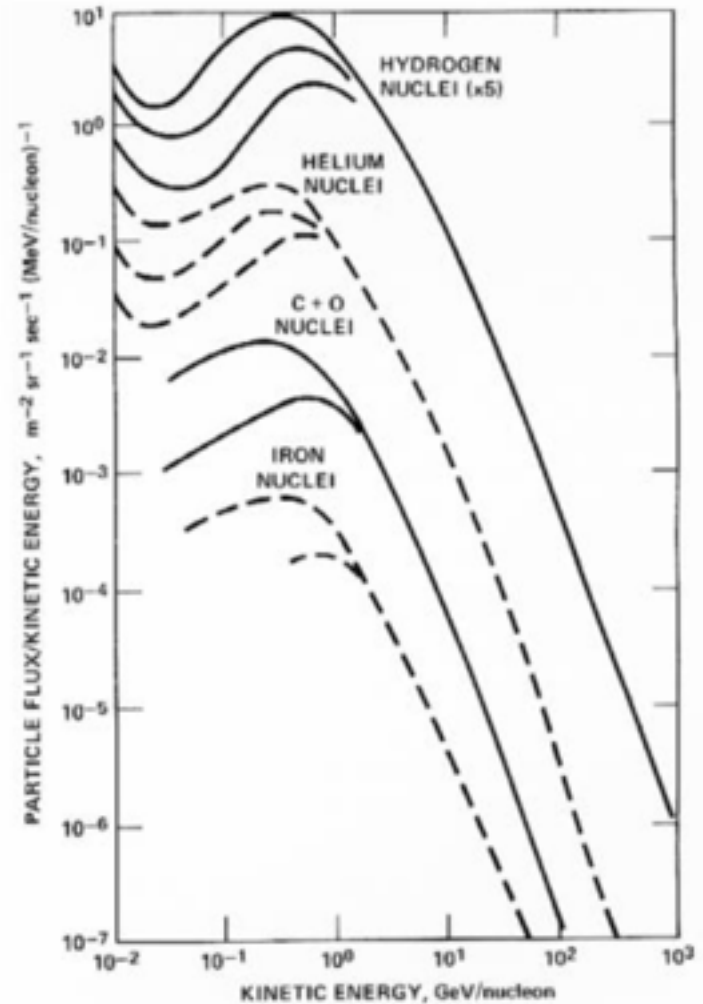


臨床研究で62名照射・治療
専用施設建設、運転開始

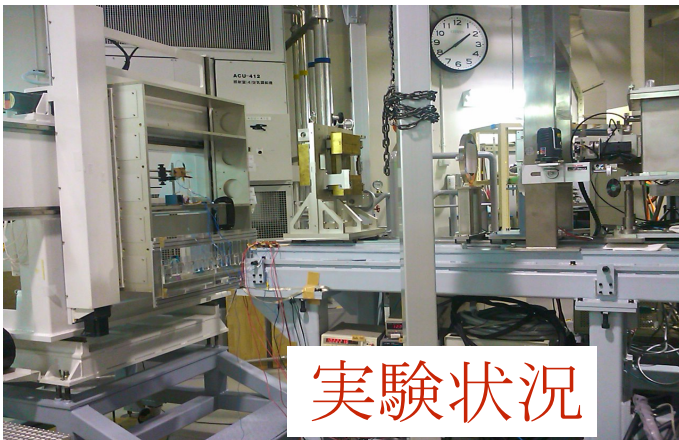
品種登録、
市場での販売

WERC高エネルギー生物コース 人工衛星搭載機器の宇宙線模擬実験実施状況

- 宇宙線の主成分は陽子。
200 MeV近傍にピーク
- WERC加速器は宇宙空間で使用するデバイスの評価に適している。(宇宙線模擬)
- これまでに電子部品の放射線耐性評価、光学部品の陽子線応答評価等の実験を実施。企業ニーズ大。

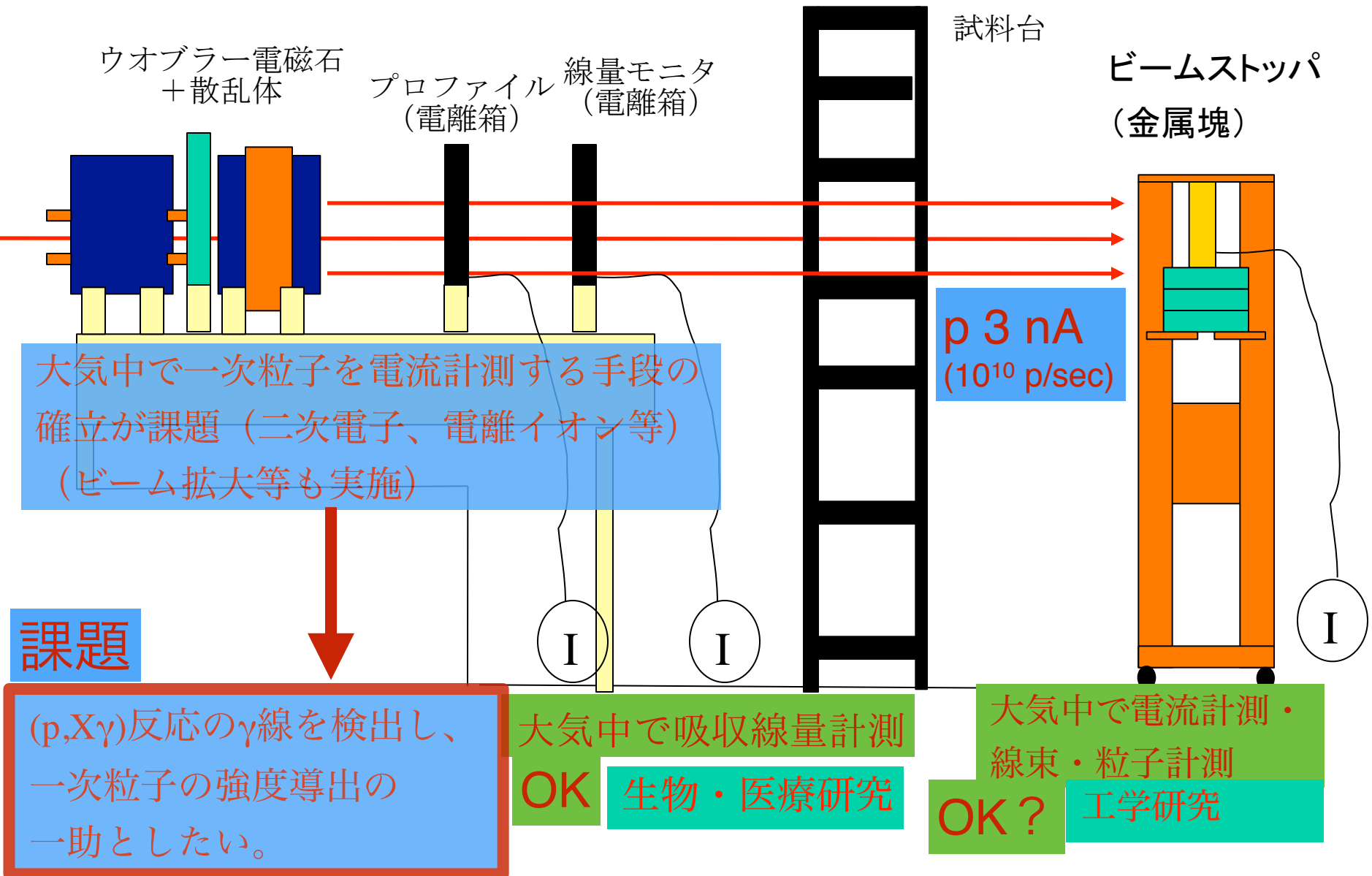


宇宙線のエネルギー分布。



実験状況

WERC高エネルギー生物コース 装置配置



3、雷由来放射線計測システムを用いた イオンビーム線束技術開発

目的

課題

100 MeV程度の陽子線を加速器から出射して大気中を輸送する際に、二次粒子（ $(p, X\gamma)$ 反応等の γ 線）を検出し、一次粒子（陽子線）強度を非破壊的に決定する手段を開発する。

γ の発生場所はターゲット位置に限定せず、
ビームライン全体を対象とする。

手段

ビーム搬送時の光子線スペクトルを活用する。

できれば雷由来放射線測定にも労力を有効活用したいので、
雷由来放射線計測システムの動作検証も兼ねる。

（どっちが主任務かは人によって違う）

使用機器など

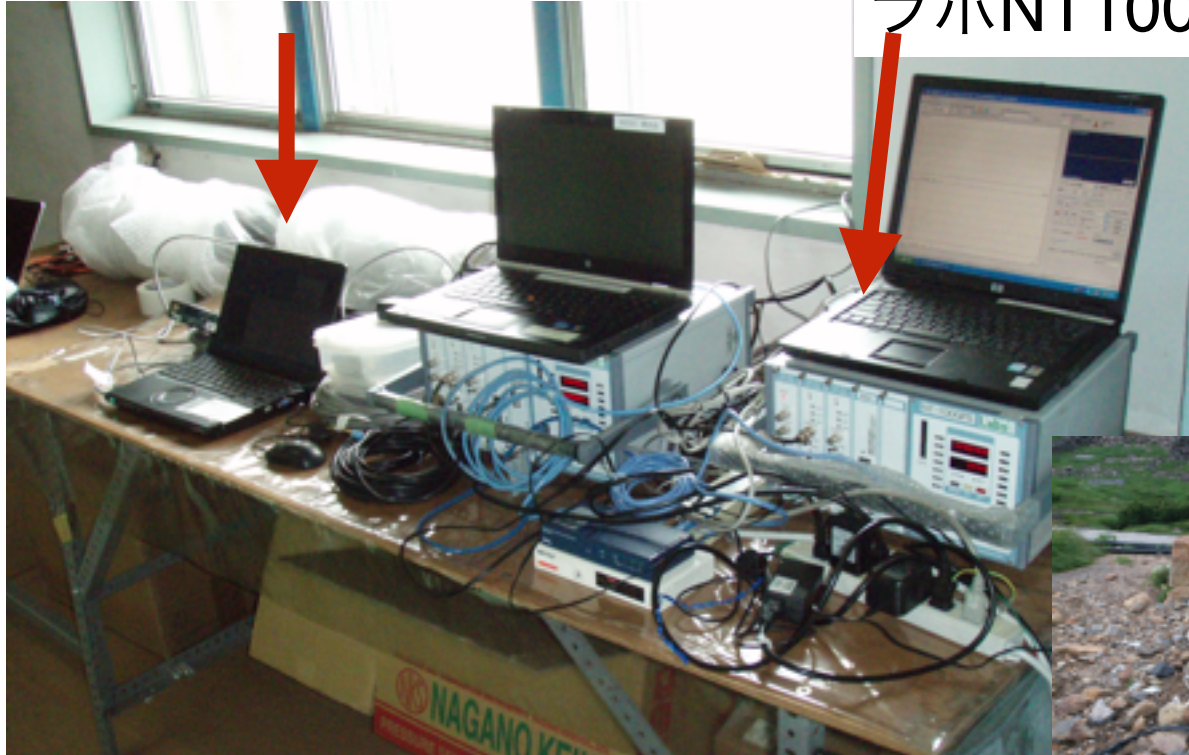
鳥居先生が使用中の可搬式雷測定システムを有効利用

γ 線検出器 NaI $\Phi 5'' \times 4''$

ADC GPS付

ラボNT100-GPS

ついでに電場計も
(こちら雷用、
未解析)



WERC加速器運転休止中

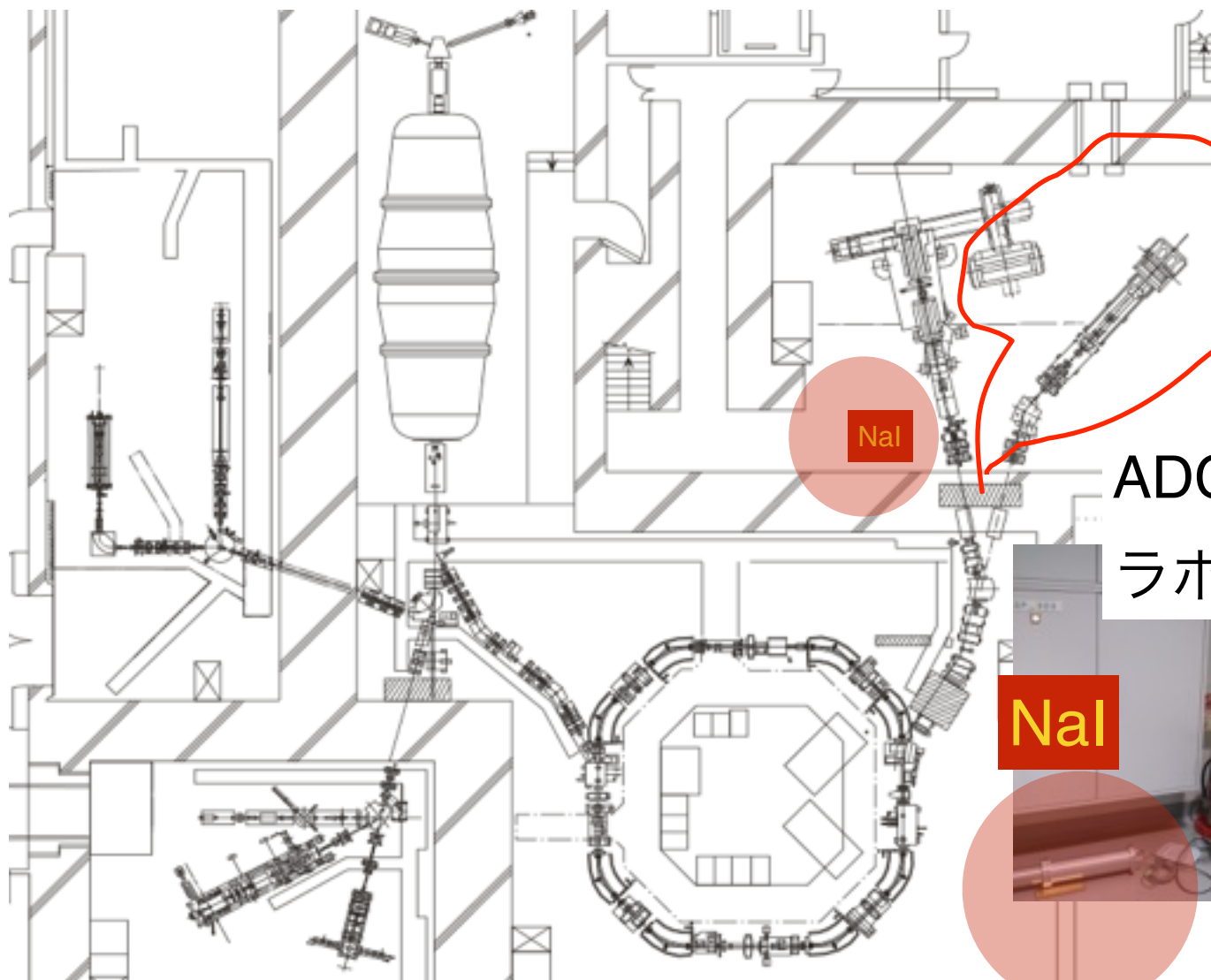
計測システム動作確認のために乗鞍観測所使用

H27/7-9

使用機器など WERCでビーム使用時に測定

高エネルギー
生物コース

ビーム p
エネルギー 50-200 MeV
最大3 nA (10^{10} p/sec)



ADC クロック付
ラボNT24-DUAL

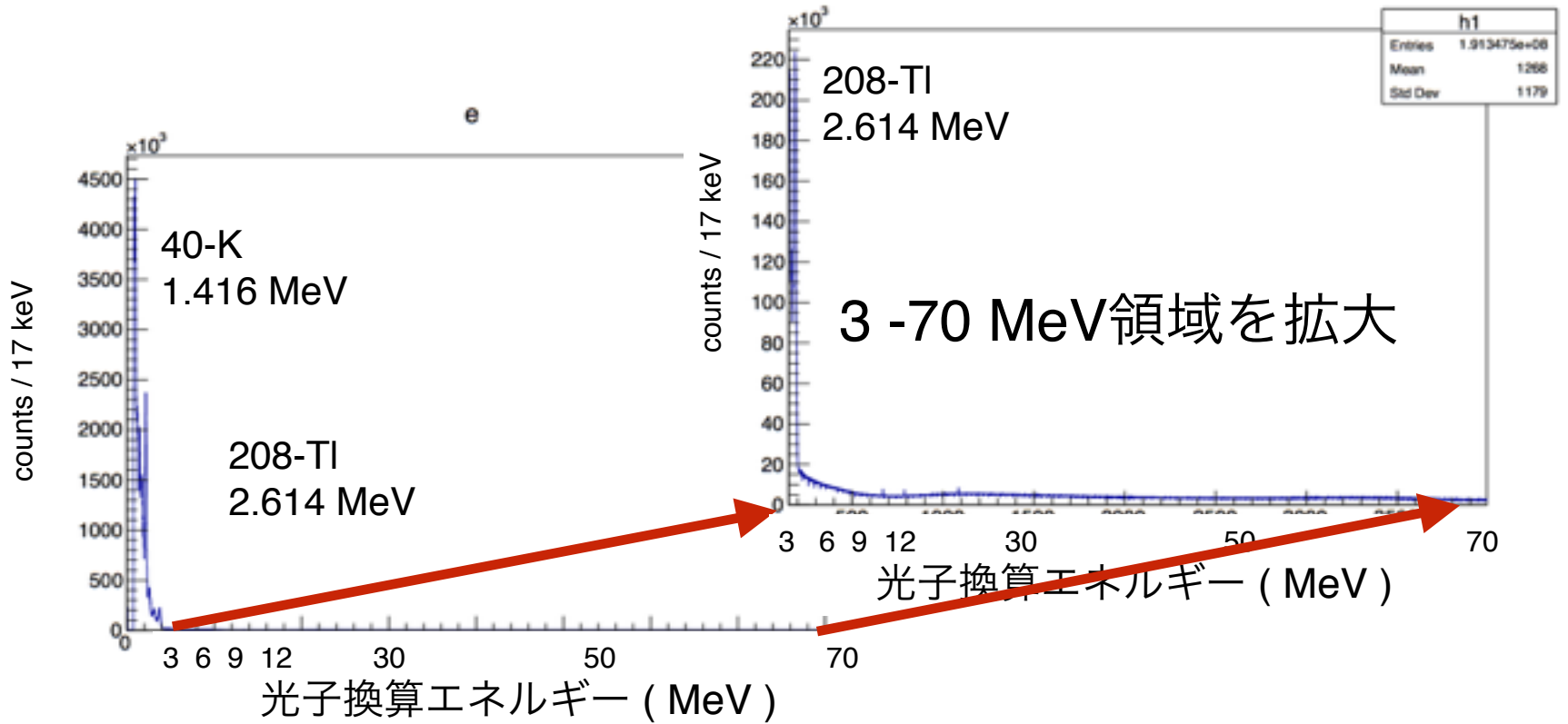
NaI

1 スピル2秒 遅い取り出し



結果

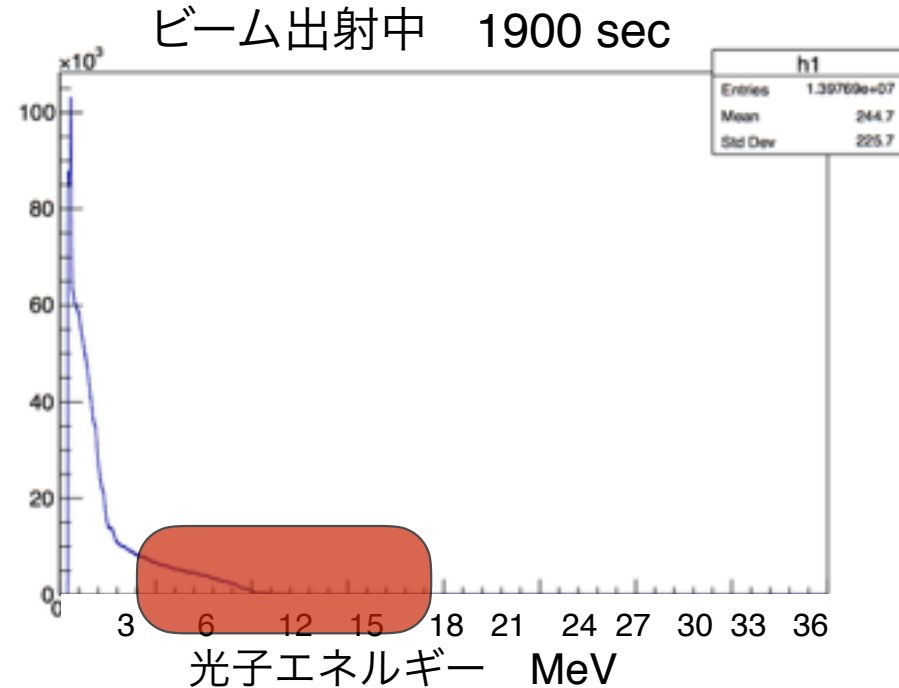
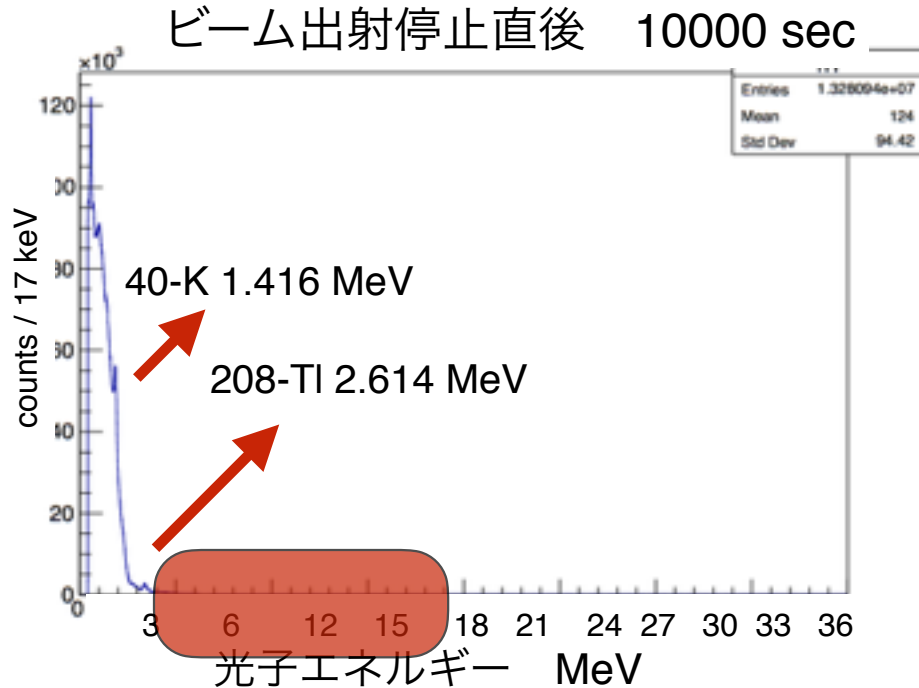
光子線エネルギースペクトル@乗鞍 (8-9月1ヶ月間)



- 高エネルギー領域 (10 MeV超) の光子を観測している
- 雷測定機器(ADC)に種々不具合が発生
(今回は報告省略)
- まだ電場計データと突き合わせていない

結果 光子線エネルギースペクトル@WERC H27/11/24

$E_p = 80 \text{ MeV}$

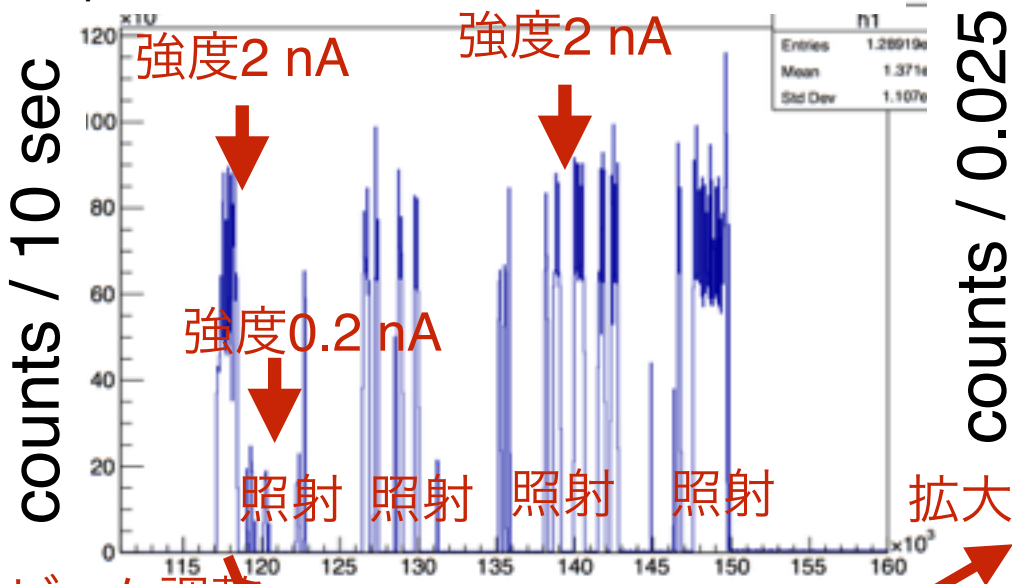


- 出射中と運転停止後の光子エネルギースペクトルには 3 MeV以上の領域に大きな違いがある。
- 出射中の光子エネルギースペクトルは連続的。

結果 時間分布@WERC H27/11/24

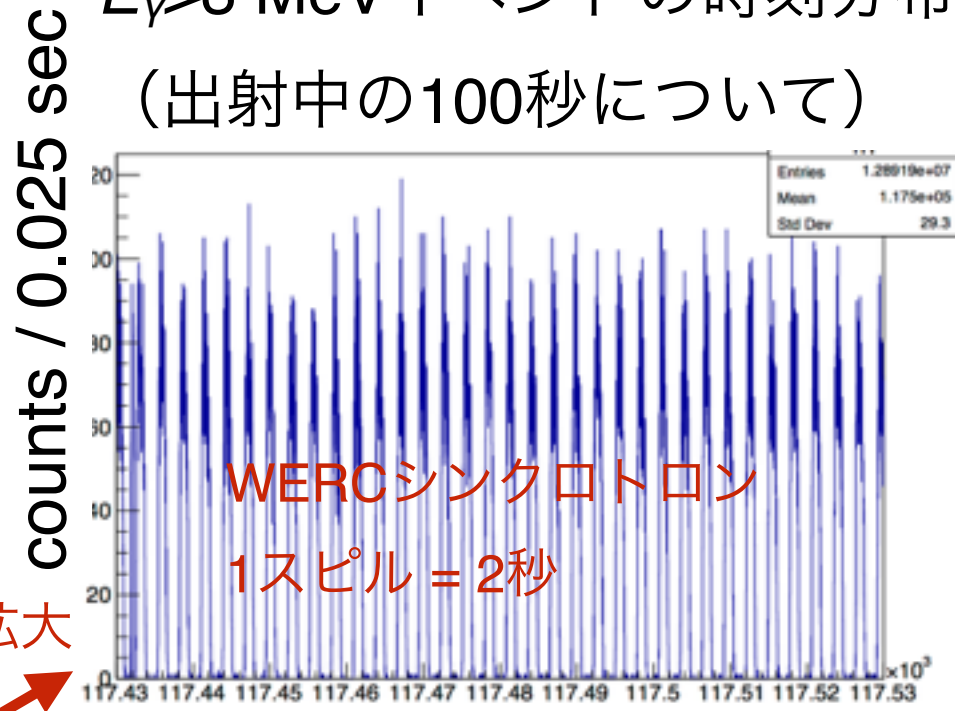
$E_p = 80 \text{ MeV}$

$E_\gamma > 3 \text{ MeV}$ イベントの時刻分布



11/22 00:00からの経過時間sec

$E_\gamma > 3 \text{ MeV}$ イベントの時刻分布
(出射中の100秒について)



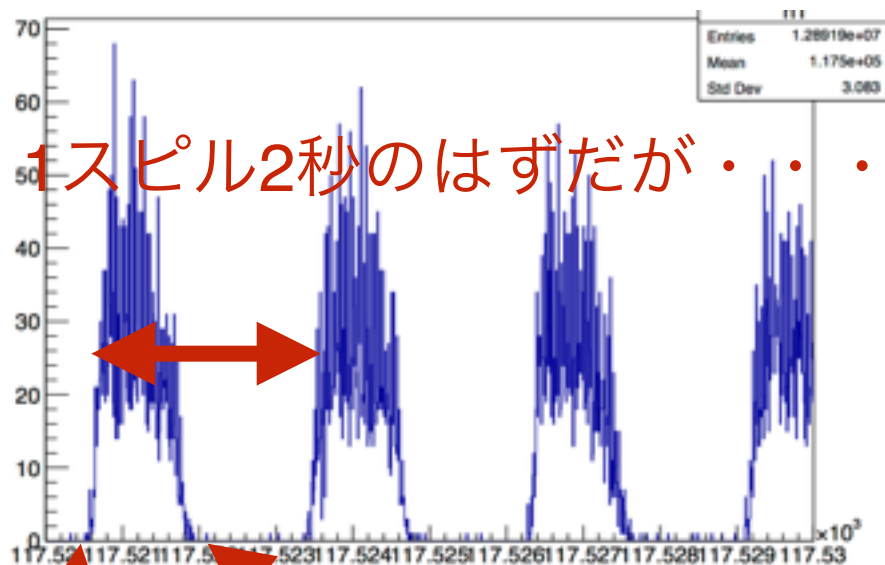
11/22 00:00からの経過時間sec

- ・ 3 MeV以上のイベント有無がビーム出射時間帯を示している。
(ビームストッパー開閉時刻を示している)
- ・ ビーム強度に応じて3 MeV以上の γ 線強度が違う。
- ・ シンクロトロンのスピル構造が見える。

$E_\gamma > 3$ MeV イベントの時刻分布をさらに拡大

$E_p = 80$ MeV

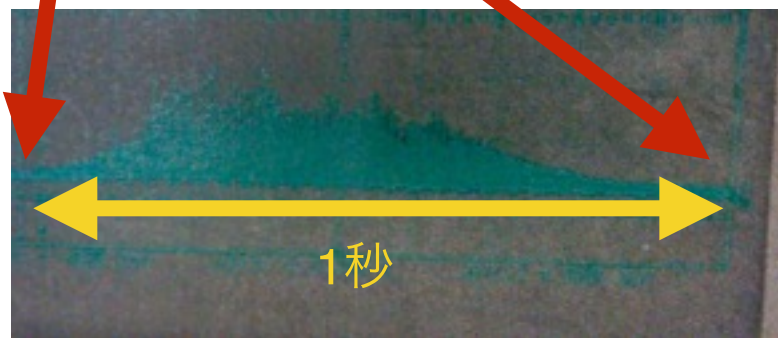
counts / 0.02 sec



1スピル2秒のはずだが . . .

・ 1スピル2秒で運転しているが1スピルが2.5秒程度に見える。ビーム出射中には計測システムのクロック動作が正常ではなさそう。デッドタイムと関係があると思われる。

11/23 00:00からの経過時間sec



・ 大気中電離箱の出力との相関はあるように見えるが、定量性は今後追求する。

ビームライン上の大気中電離箱から取得した電離信号分布画像

考察

- ・ 乗鞍においては宇宙線起源の光子線等のエネルギースペクトル計測によって、計測システムの検証を行った。利用したADCには連続運転で一部不具合が発生した。
- ・ WERC加速器実験の結果で加速器運転状況のモニターは可能であること、ビーム強度と γ 線強度の間には関連があること、がわかる。定量性については課題がある。



測定現状

JAEAふげん

雷測定

NaI + NT100GPS + 電場計

(乗鞍組)

WERC加速器

(p, Xγ)測定

NaI + NT24DUAL

2箇所で計測実施中。

4, まとめ

- ・宇宙線模擬のためのイオンビーム実験では、一次粒子強度を大気中で計測する必要がある。二次粒子である γ 線の情報を利用して一次粒子強度を決定する技術を開発する。
- ・雷由来高エネルギー光子線計測システムを利用して、高エネルギー光子線を期待できる自然環境＝乗鞍で動作検証の後、WERC加速器で光子線情報の取得試験を実施した。自然放射線よりも大きいエネルギー領域により、加速器運転状況については明白な情報を得た。今後、強度の定量に向け取り組んでいく。
- ・雷測定についても今後研究活動を進展させていく。

ご清聴ありがとうございました。



敦賀・乗鞍間はWERC公用車を自分で運転。

(基本的に久米の乗鞍移動には交通費発生せず)

松本警察署・高山警察署から通行許可取得。