

第15回日本加速器学会年会

J-PARC MRコリメータ下流部の 放射線モニタリング

Masashi J. SHIRAKATA, Junpei TAKANO,
Masaaki KAMIKAWA, Kazuhiro, YONEMOTO

KEK/J-PARC, KANDENKO CO., LTD

PASJ15 (7th to 10th August)

ハイブ長岡、新潟県長岡市

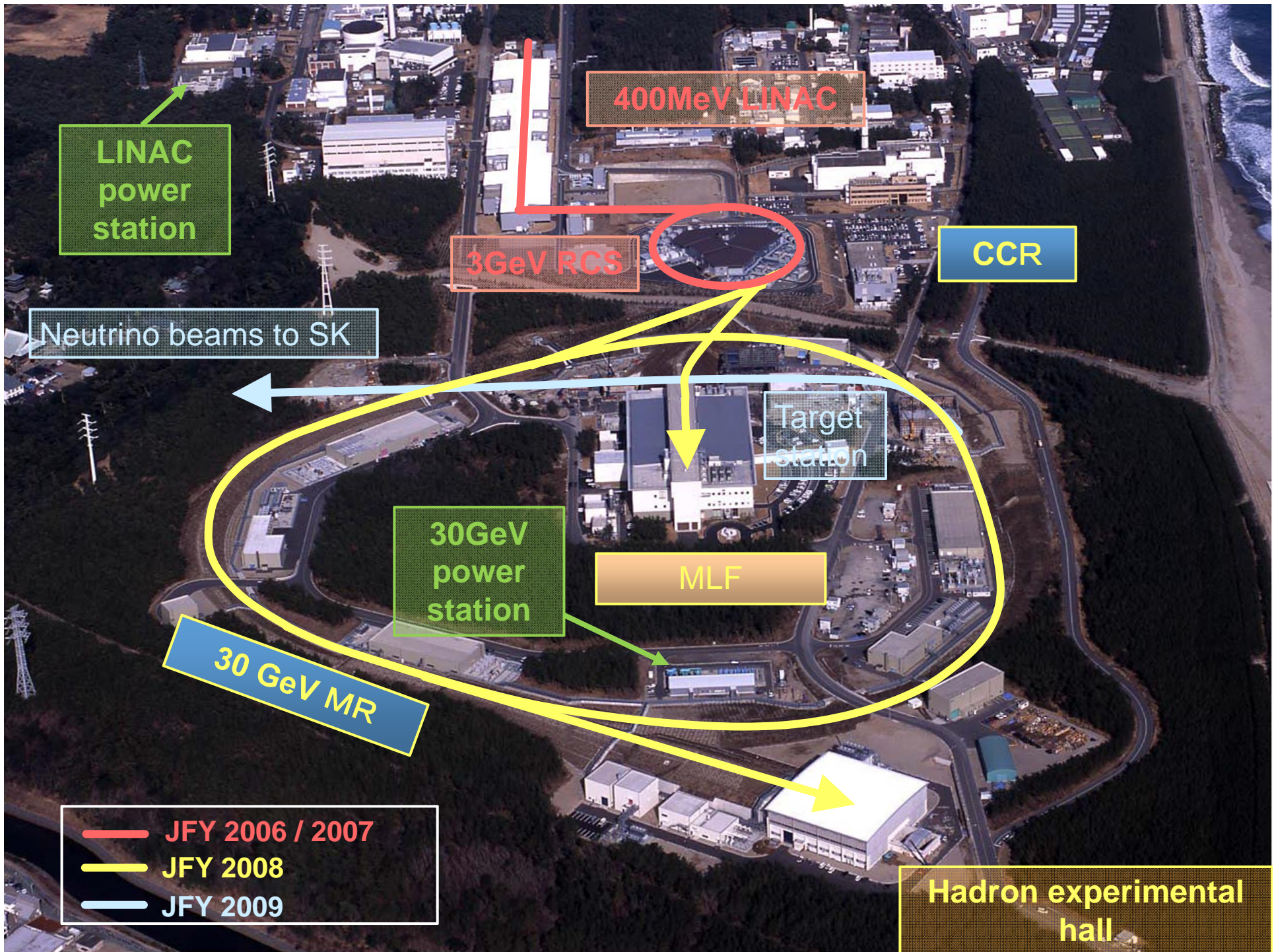


Contents

- **J-PARC MR 入射部の概観**
照射試験場の詳細
LED照明の設置状況と線量計の配置
- **コリメータ下流部での放射線分布予測**
中性子線、 γ 線のスペクトル
- **放射線測定**
アルミ板による中性子束密度の測定
OSL線量計による γ 線吸収線量の測定
- **SUMMARY**

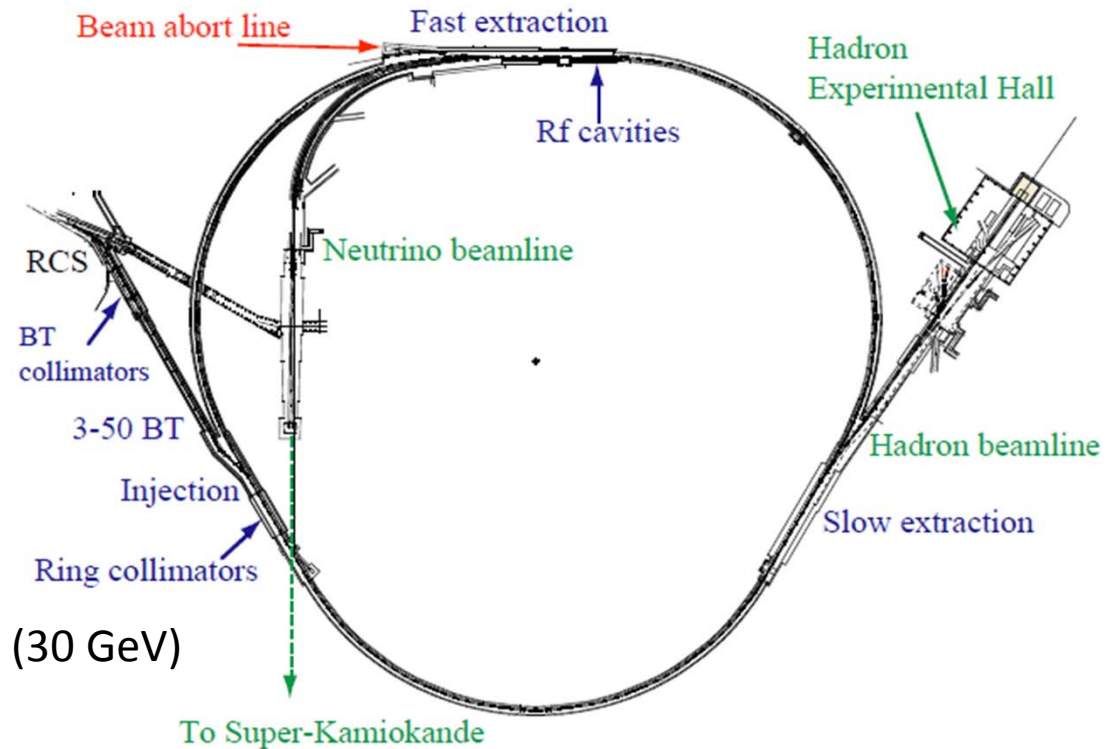
The background features a stylized logo composed of several green, fan-shaped segments arranged in a circular pattern around a central white circle. A blue oval is positioned at the top of the arrangement.

J-PARC MR 入射部の概観



Introduction of J-PARC Main Ring

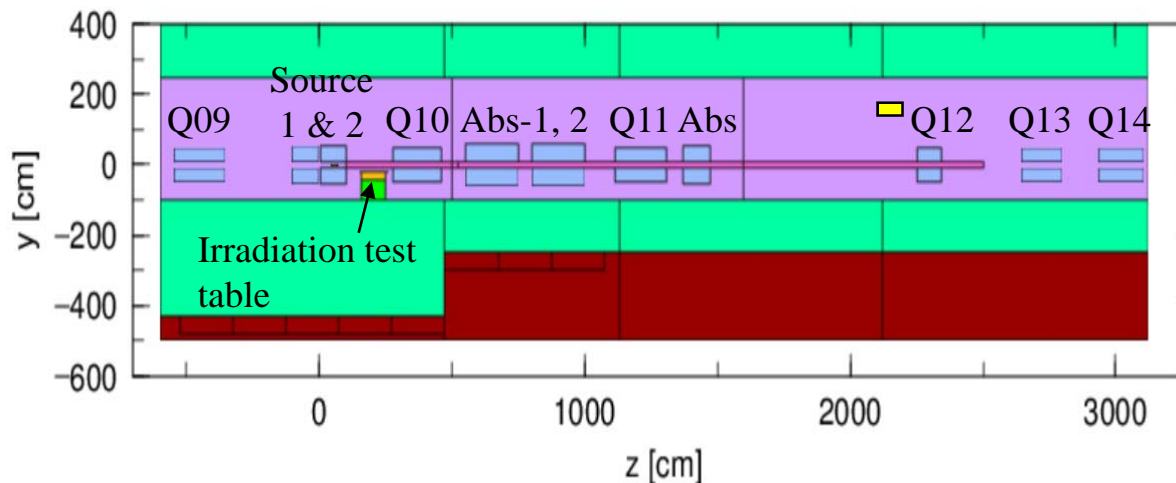
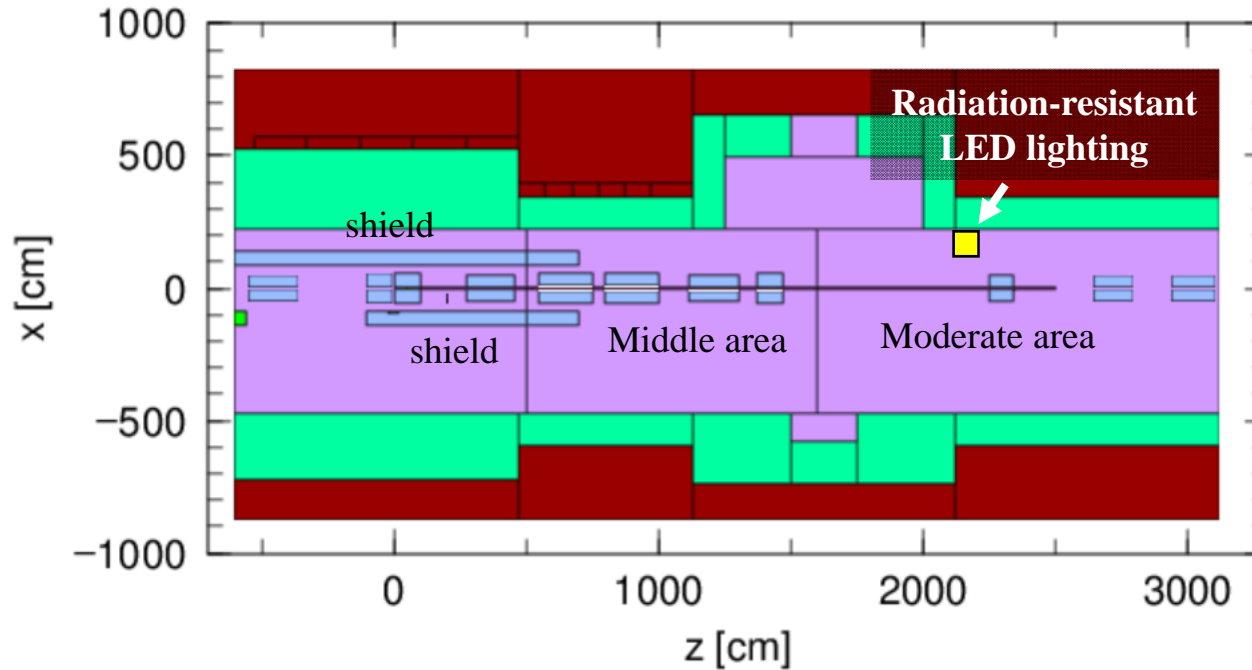
Circumference	1567.5 m
Repetition cycle	2.48 ~ 5.58 s
Injection energy	3 GeV
Extraction energy	30 GeV
Superperiodicity	3
harmonic #	9
No of bunches	8
Transition γ	j 31.7
Typical tune	(22.40, 20.75)
Transverse emittance	
At injection	$\sim 54 \pi$ mm mrad
At extraction	$\sim 10 \pi$ mm mrad (30 GeV)



Three dispersion free straight sections of 116 m long:

- Injection and collimator systems
- Slow extraction (SX)
 - to Hadron experimental Hall (Rare decay, hyper nucleus...)
- Rf cavities and Fast extraction (FX) (beam is extracted inside/outside of the ring)
 - outside: Beam abort line
 - inside: Neutrino beamline (intense ν beam is send to SK located 300 km west)

コリメータ下流部の照射試験場

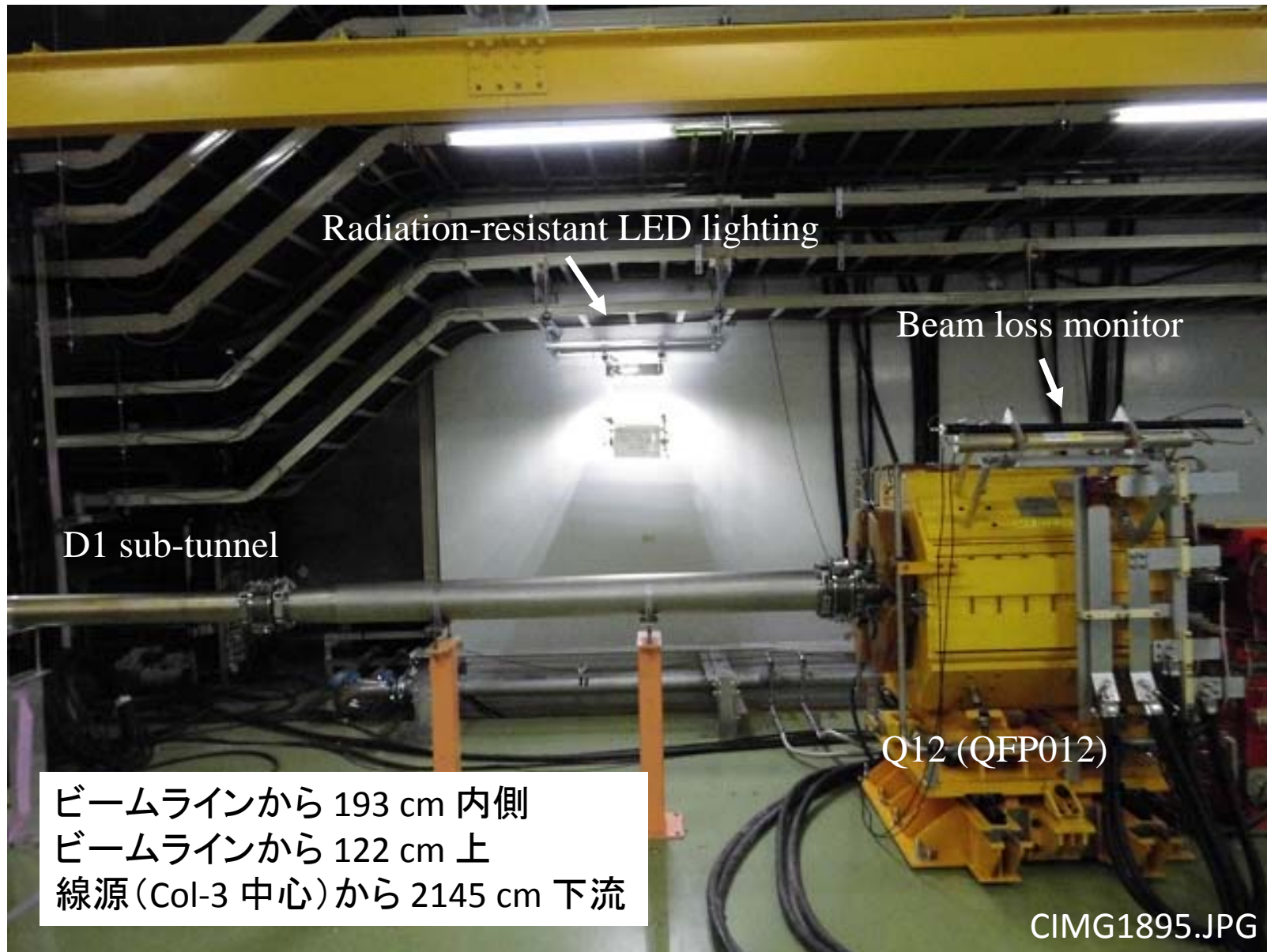


照射場の区分け

- ビームコリメータはMRTトンネル内において、最も強い線源となる
- 線源となる最下流コリメータの両側には、厚さ 50 cm、高さ 2.2 m の鉄壁がある
- コリメータの直下流の遮蔽体を照射テーブルとして利用
- アブソーバが並ぶ領域を中間エリア、その下流を穏健エリアと区分けする

耐放射線性LED照明は、穏健エリアに設置。ここはビーム停止から4時間後の残留線量が50~100 $\mu\text{Sv/h}$ 程度であり、照度測定や線量計交換作業による被曝が10 μSv 前後となる場所である。

耐放射線性LED照明の設置状況



線量測定用試料の配置



中性子用:
アルミ板
50 x 50 x t1 mm

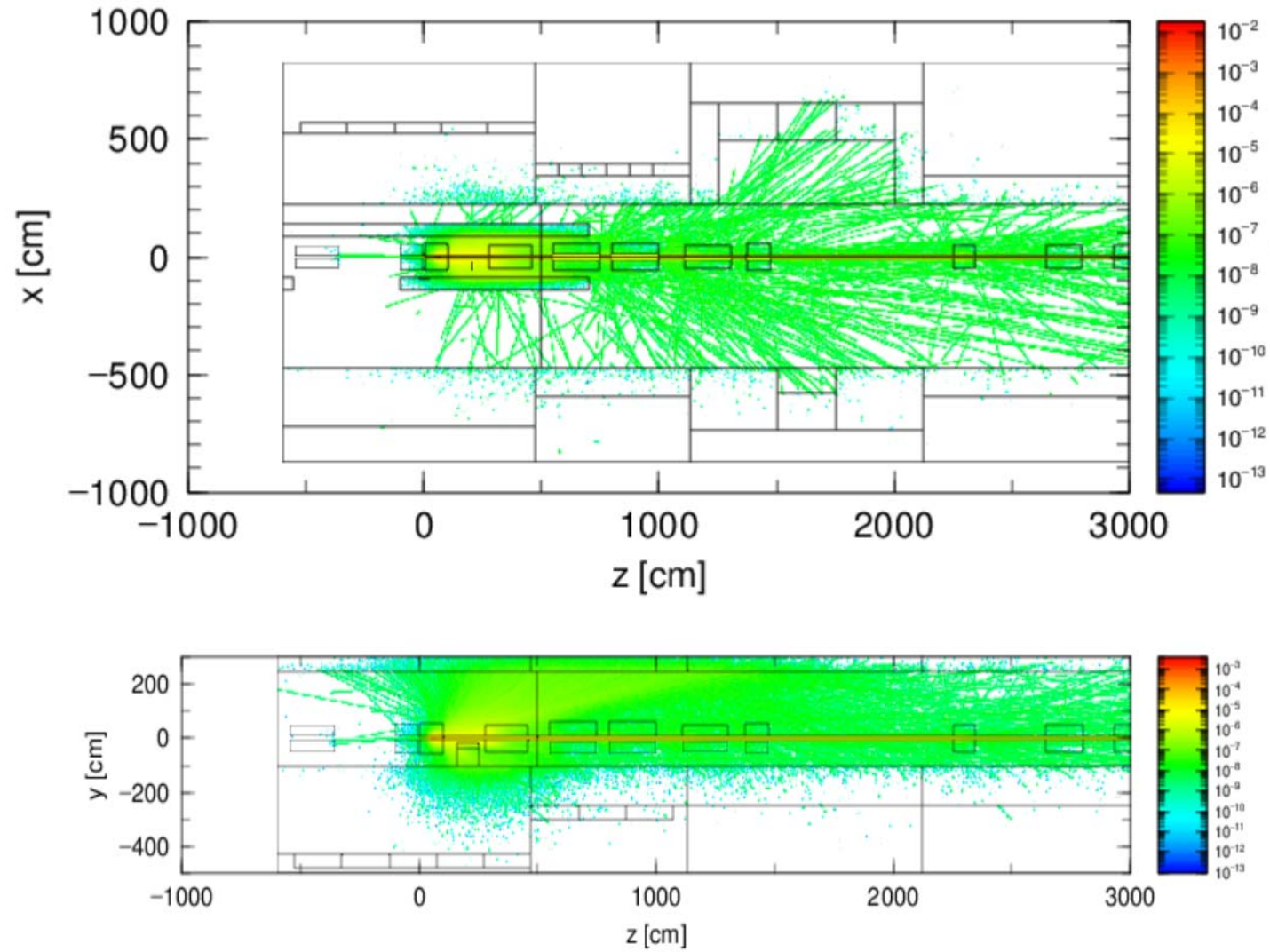
γ線用:
OSL線量計(nanoDot)
10 x 10 x t2 mm

2018/08/10 M. J. Shirakata

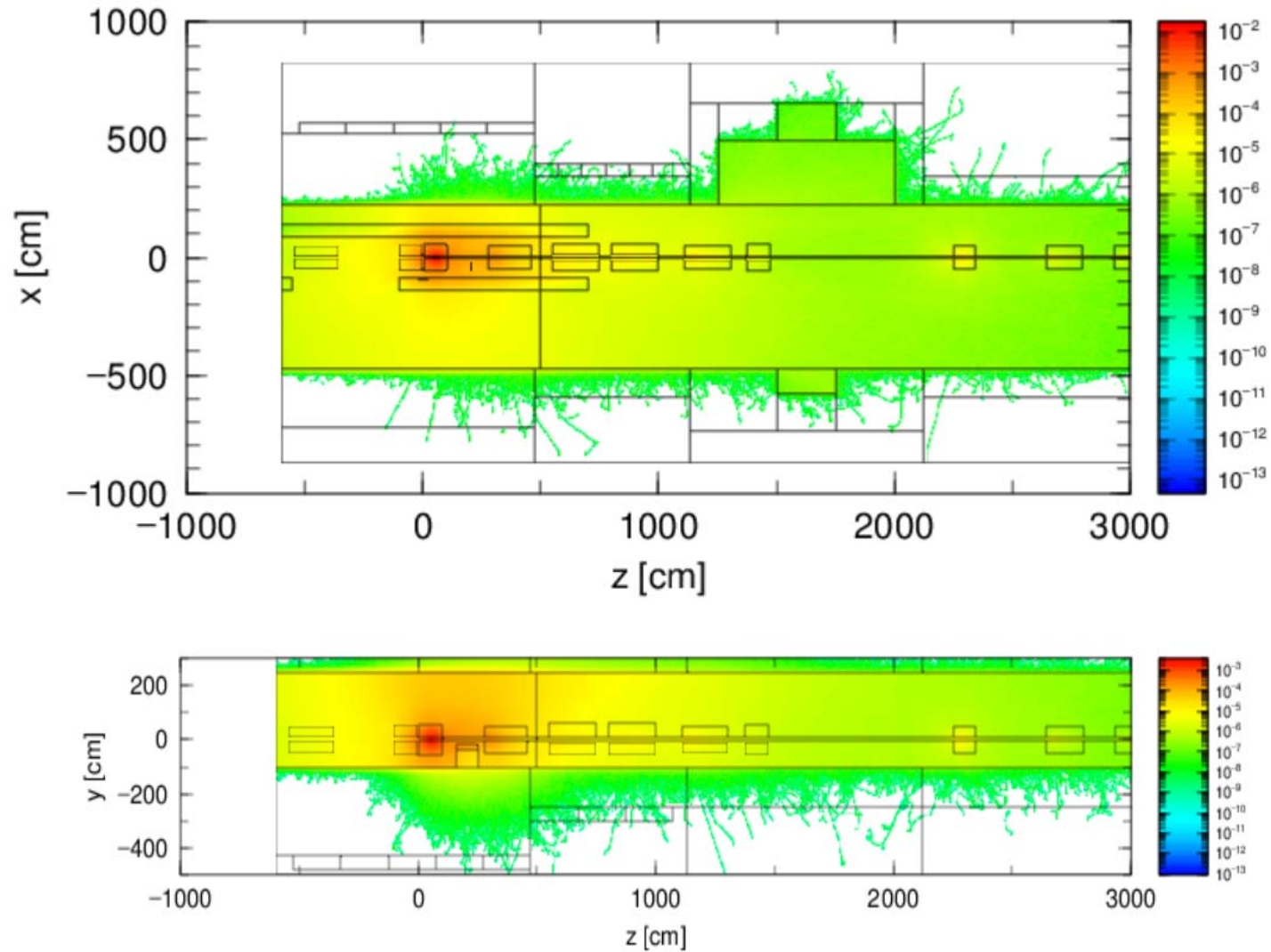
The background features a central white circle surrounded by several green, fan-shaped segments that radiate outwards. A single blue oval is positioned at the top center, above the white circle. The overall design is clean and modern.

コリメータ下流での放射線分布予測

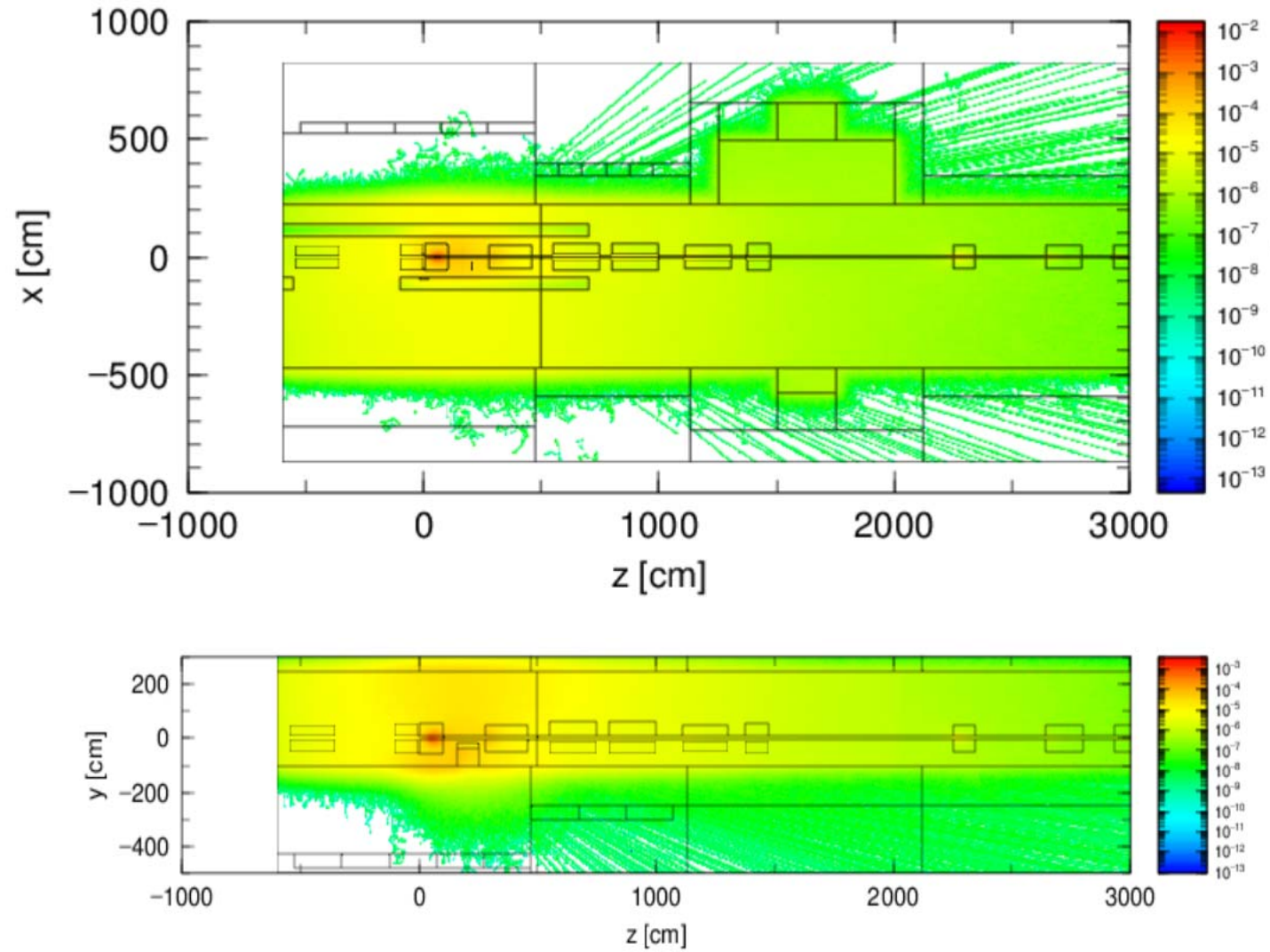
MRコリメータ周辺での陽子分布



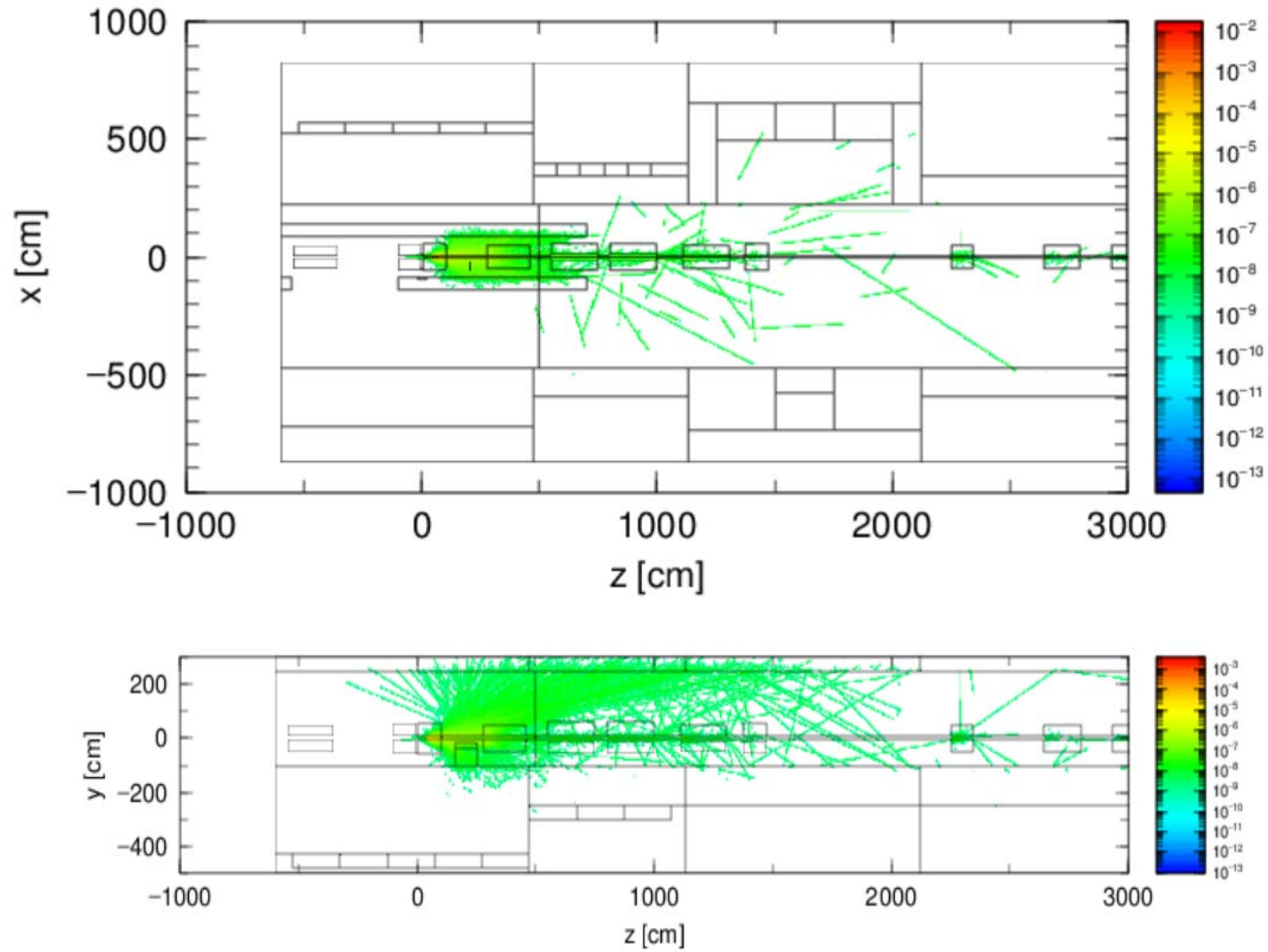
MRコリメータ周辺での中性子分布



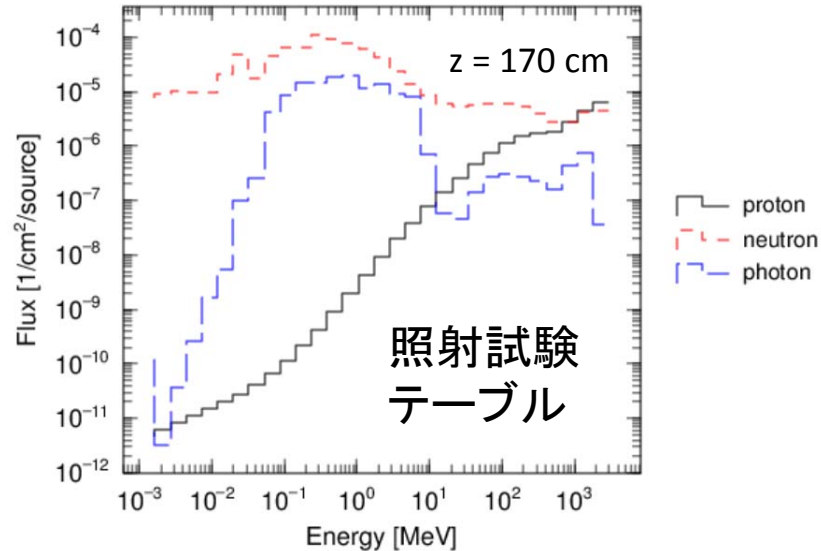
MRコリメータ周辺での光子分布



MRコリメータ周辺での π -分布



予測放射線スペクトル

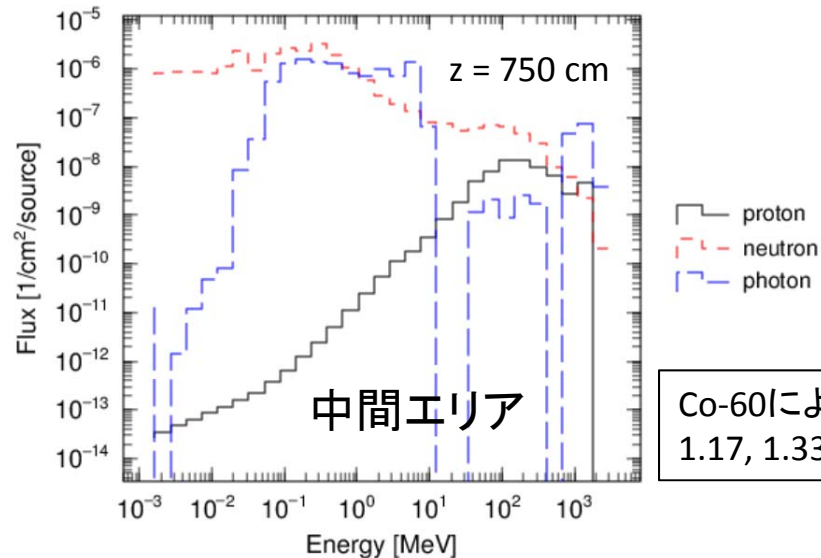


陽子、中性子、ガンマ線のスペクトル

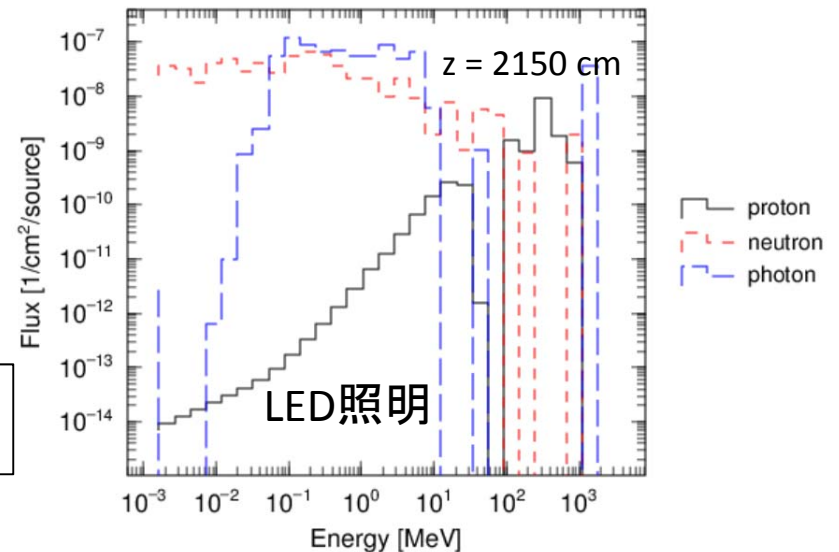
線源直後からほぼ同様な分布であるが、距離が離れるにつれてエネルギーの高い成分が若干落ちてくる

中性子は最も幅広いスペクトルを持ち、そのエネルギーが 23.4 MeV を超えると (n, 2n+α) 反応により Al-27 から Na-22 (半減期 2.6年) が生成される
照射試験テーブル上とLED照明にアルミ試料を設置して実測

γ線は 10 MeV を超えると、光核反応を起こして減少する



Co-60によるγ線は
1.17, 1.33 MeVのみ



The background features a stylized graphic composed of several green, fan-shaped segments radiating from a central white circle. A blue oval is positioned at the top of the graphic. The overall design is clean and modern.

放射線量測定

ビーム運転時間と線源強度の算出

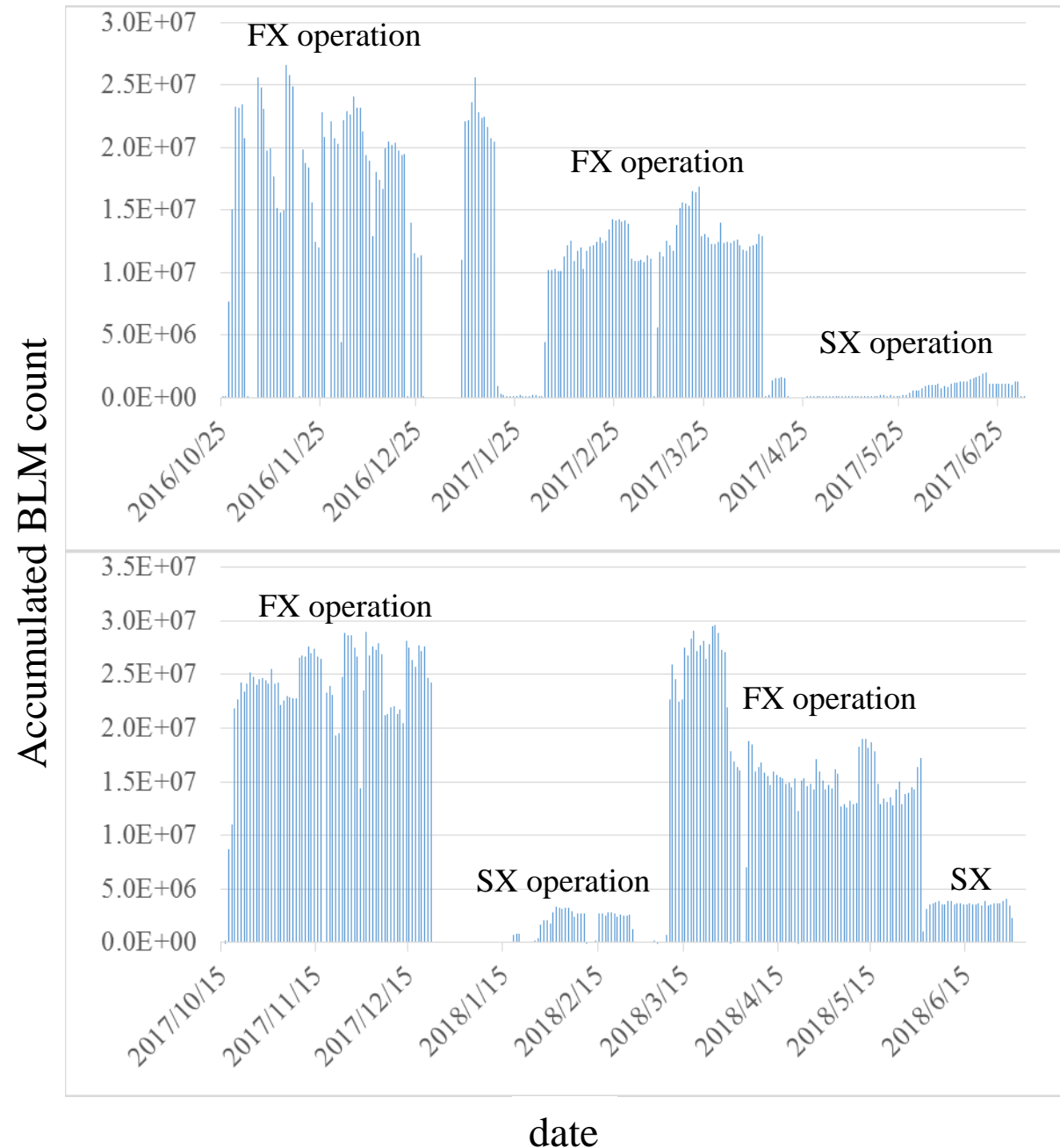
アルミ板設置期間

2016/10/11～2018/07/04

当該期間のコリメータ負荷とビーム運転時間の積を、QFR010に取り付けてあるBLM010のカウント値を積算して評価する。

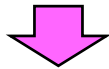
MRのビーム運転には速い取り出し運転と遅い取り出し運転があり、速い取り出し運転からの寄与がほとんどである。

PHITSの計算結果にコリメータでのロス量と運転時間を乗じて中性子束密度を見積もる。

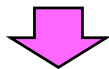


中性子束密度

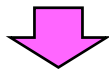
ビーム運転期間: 2年
Na-22 濃度: 5.9 [Bq/cc]
(except #001)
中性子束密度: $1.9e+13$ [cm⁻²]
予測値: $6.4e+12$ [cm⁻²]



予測値比べて測定値が多すぎる



線源直下流の照射テーブル上でもアルミ板による測定を実施しており、そこでの2016年10月～2017年7月までの線源の強さはほぼ想定通り



線源の下流からLED照明までの間(照明の近傍?)に、別の線源が存在する?

Table 1: Measured Na-22

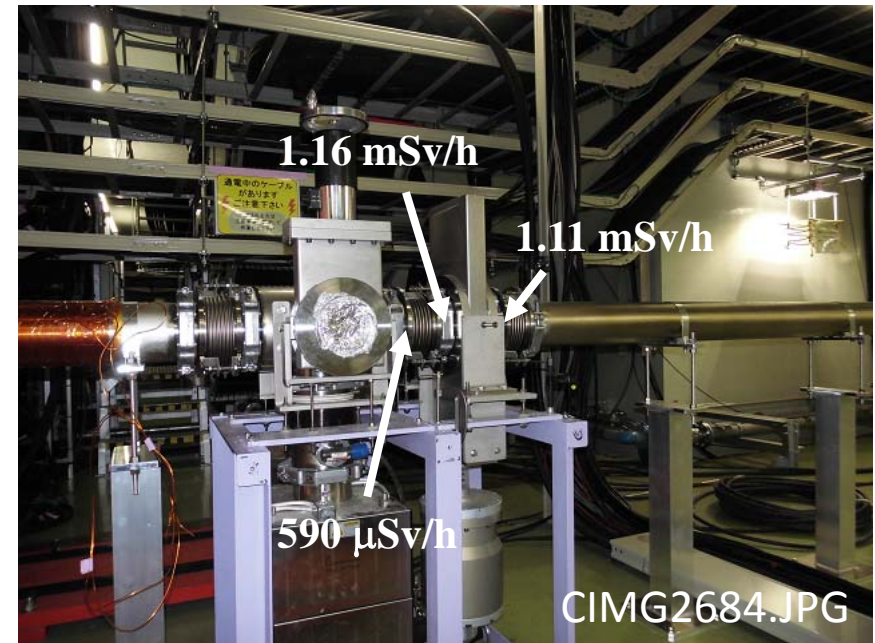
Measured position	Plate #	Volume [cm ³]	Dose [Bq]	Dose [Bq/cc]
Faced to beam line	002	2.75	16.6±0.85	6.04±0.31
Top upstream	003	2.97	17.3±0.86	5.83±0.29
Top downstream	004	2.80	15.9±0.83	5.68±0.30
Faced to downstream	001	2.28	9.8±0.65	4.30±0.29

Na-22 の半減期: 2.6 年
下流の面につけたものを除き、ほぼ同じ値

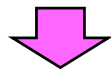
中性子束密度(つづき)

Table 2: Residual doses

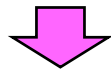
Measured position	Path	Dose [$\mu\text{Sv/h}$]		
		Top	Rack	Bottom
Pump port (u)	451	266	343	276
Pump port (d)	590	321	418	330
Gate valve (u)	1.16×10^3	481	776	529
Gate valve (d)	1.11×10^3	490	717	558



残留線量を検討したところ、ゲートバルブ上流の通路側にロススポットがある



ただし、これだけでは測定値には足りなさそう



2017年9月に線源となるコリメータを新型に交換している

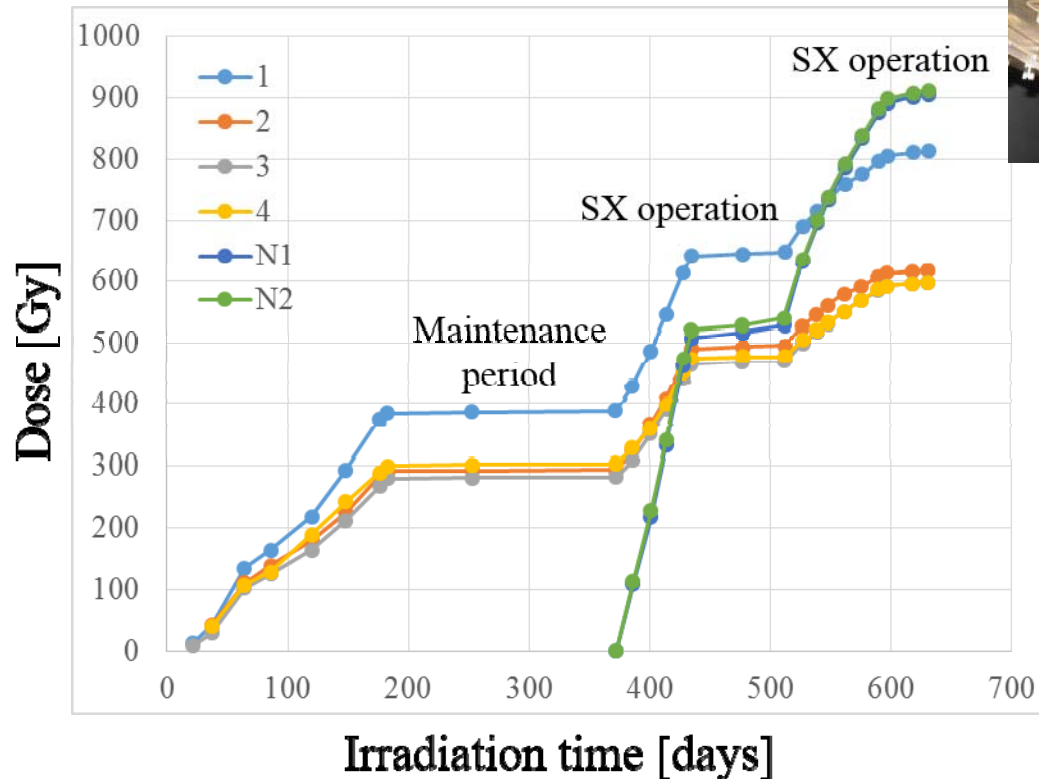
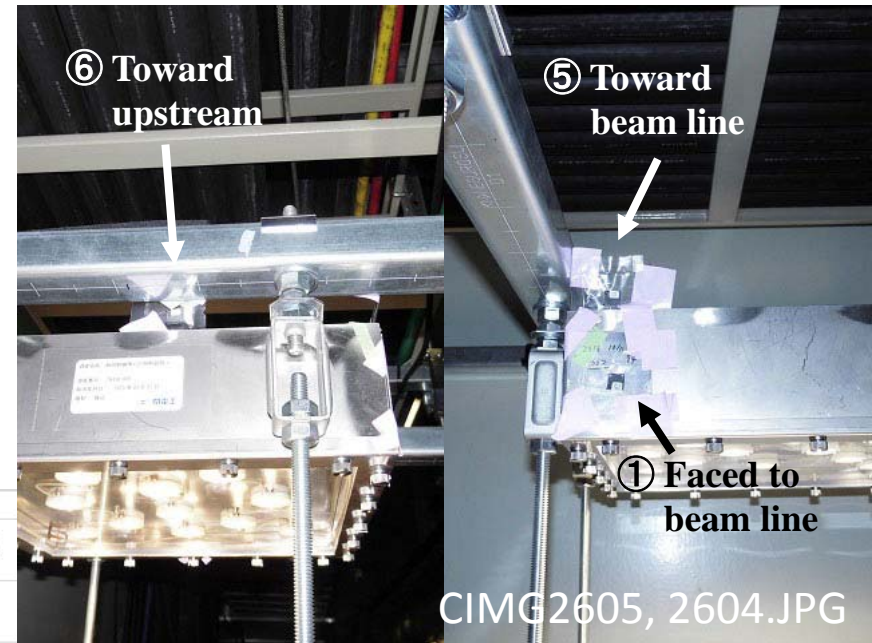
2017年10月～2018年7月までの、照射テーブル上における線量は現在測定待ち

γ線吸収線量

予想線量： 272 [Gy/year]

①の線量計のみ、他より有意に大きい

- 背面からの照り返し？
- 宙空に90度角度を持たせて配置⑤⑥
- ビームラインに面している方が高く出る



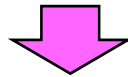
N1, N2

中間エリア (Abs-1 上部下流) は3倍の線量が見込める (これ以上になると、OSL線量計は使えない)

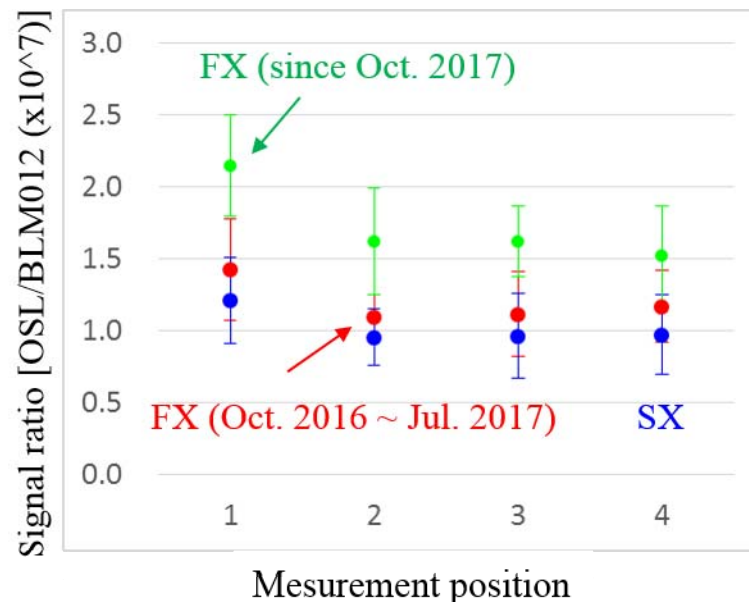
BLMを用いた常時モニタリングの検討

BLM012によるモニタリングのメリット

- 現場作業における、作業者の被曝量を低減する(線量計交換作業の省略)
- ビーム運転中に、吸収線量をリアルタイムで計測できる



- 加速器の運転モード(速い取り出し、遅い取り出し)、線源の構造によって差がある
- ばらつきが大きく(1 σ :30%)、現状では線量計の代わりにはならない

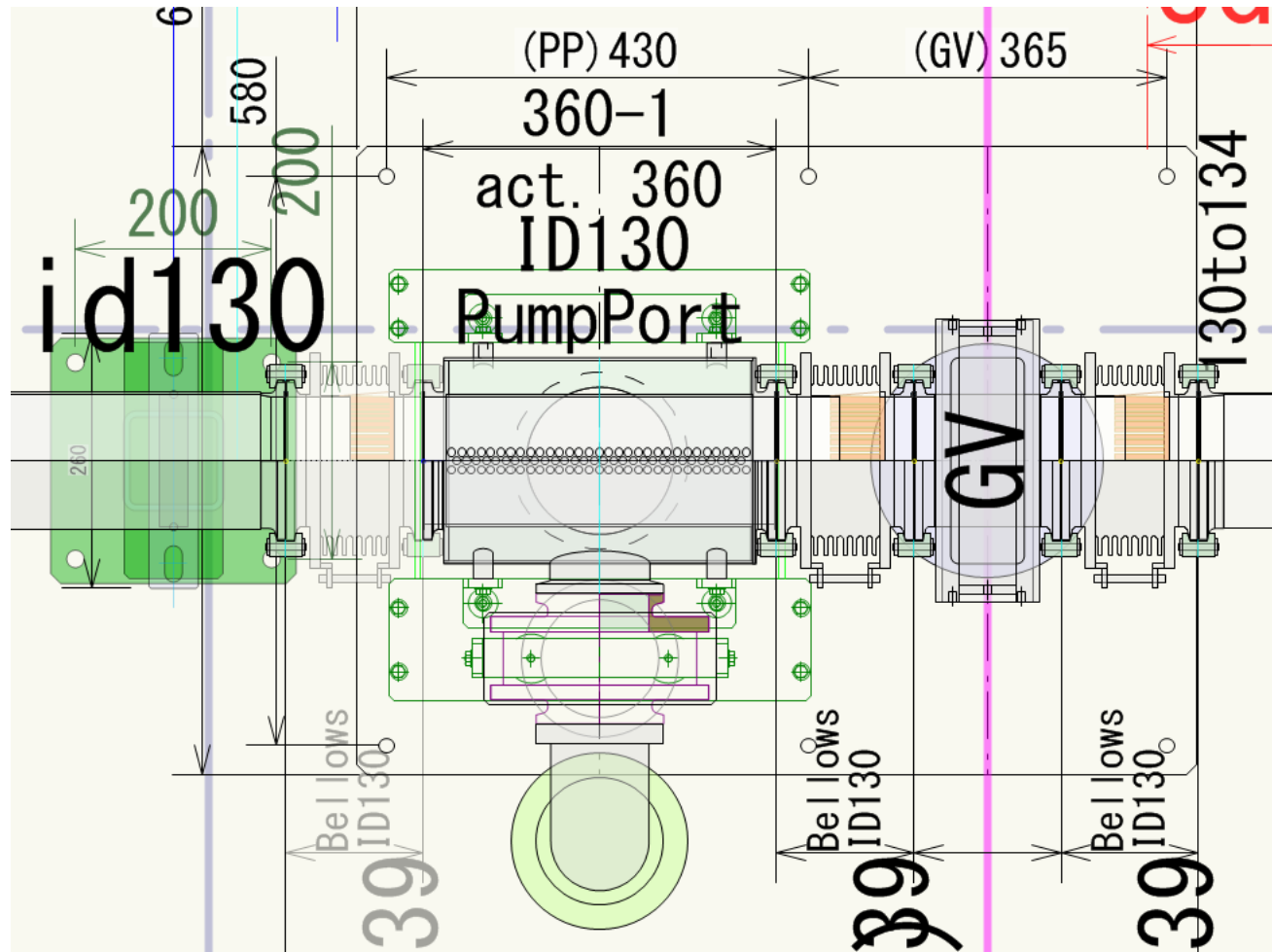


OSL線量計による実測値をBLM012の
カウント積算値で割ってみた

SUMMARY

- J-PARC MR のビームコリメータ下流部を、照射試験場として利用している。
- 耐放射線性LED 照明の試験を、穏健エリアにて2016 年10 月から継続中である。
- 吸収線量のモニタリングは、以下の手法をとる。
 - 中性子線量にはアルミ板によるNa-22 測定を利用。
 - γ 線量にはOSL 線量計を利用。
- BLM を使った常時モニタリングは、いまのところ誤差が大きい。
- LED 照明上流のゲートバルブが、意図しない二次粒子線源となっている。
- ゲートバルブ上流における、ロススポット発生の詳細については調査中。
- 2018 年7 月4 日に取り出したアルミ板の結果が出次第、CoI-H によるシミュレーションとの比較を行って線源の強さを確認する。

ポンプポート、ゲートバルブ前後の構成



ゲートバルブ周辺の の残留線量

ビーム運転期間中、GVの表面線量は最大で7.5 [mSv/h]を記録しており、ここでビームロスが起きている

