

日本物理学会
22aSM10

Multi-purpose Aerogel Cherenkov Counter の開発と性能評価

千葉大^A, JAXA^B

伊藤博士^A, 飯島周多郎^A, 河合秀幸^A, 児玉諭士^A, 雲越大輔^A, 間瀬圭一^A, 田端誠^{A,B}

Chiba Univ.^A, JAXA^B

H.ITO^A, S.IJIMA^A, H.KAWAI^A, S.KODAMA^A, D.KUMOGOSHI^A, K.MASE^A, M.TABATA^{A,B}

2013.09.22

発表者: 伊藤博士

hiroshi@hepburn.s.chiba-u.ac.jp

Introduction

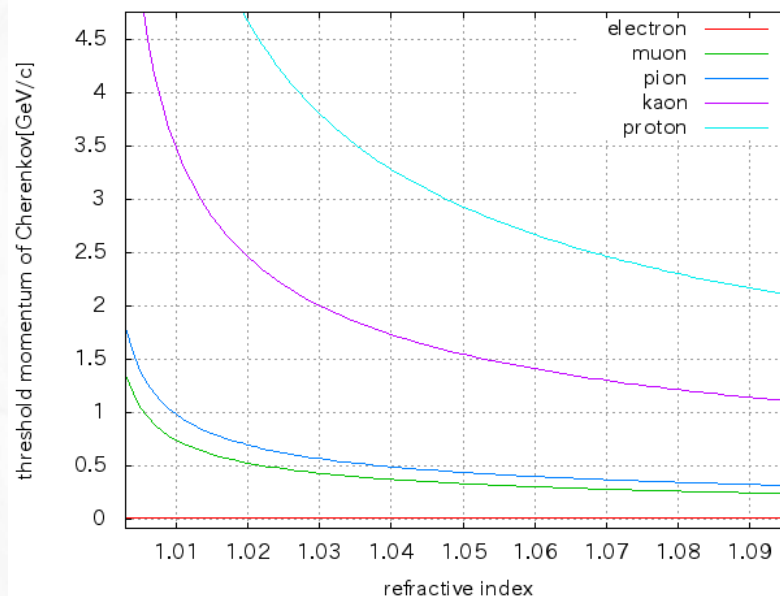
Aerogel Cherenkov Counter

荷電粒子が通過したとき、チェレンコフ光を放出したかどうかで粒子識別を行う装置です。しきい値は粒子の速度とエアロゲルの屈折率による。

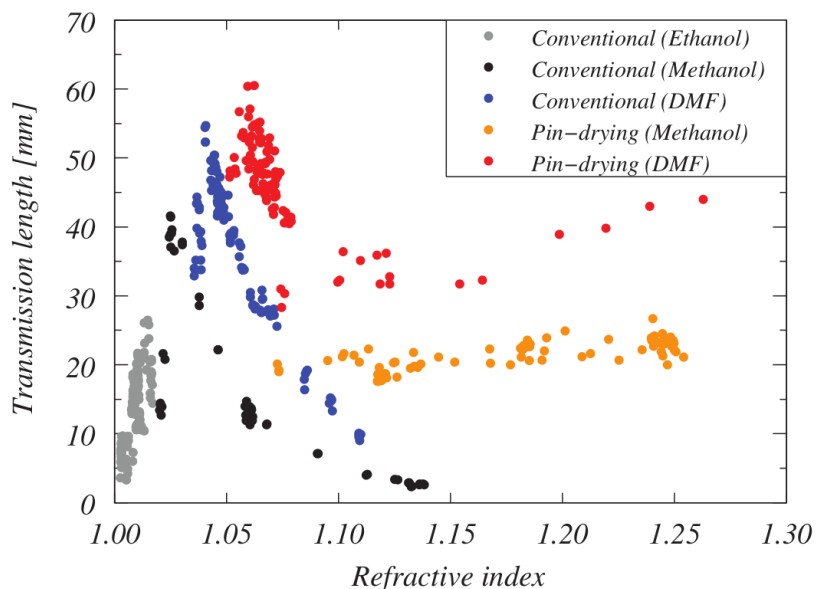
チェレンコフ光発生条件

$$n\beta > 1$$

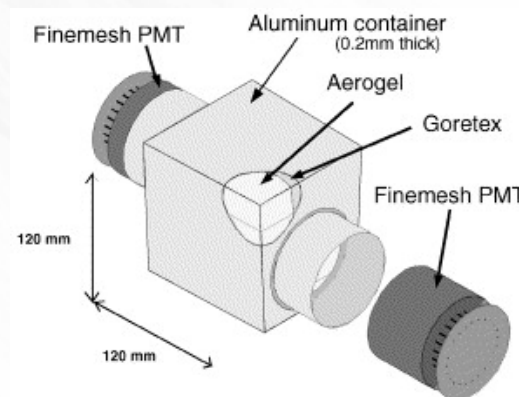
n:屈折率
 $\beta = v/c$:速度



The momentum threshold that Cherenkov light in the refractive index of radiator.



Makoto Tabata et al.(2012)



Belle ACC

T. Ijima et al. / Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A 453 (2000) 321-325

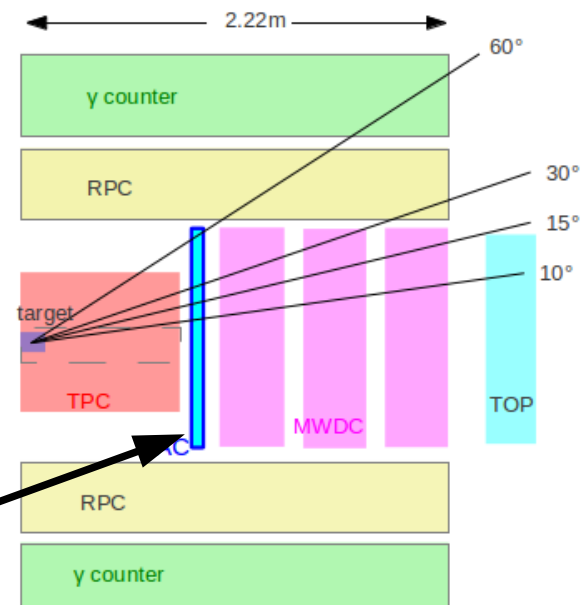
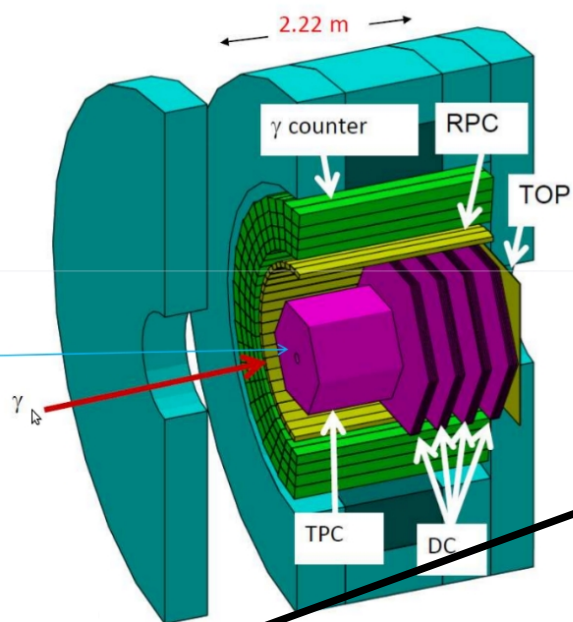
一般に光検出器は側面
 薄型化が困難
 有効面積を大面積 → PMTを多量・大型化

LEPS2メイン検出器とACC設計



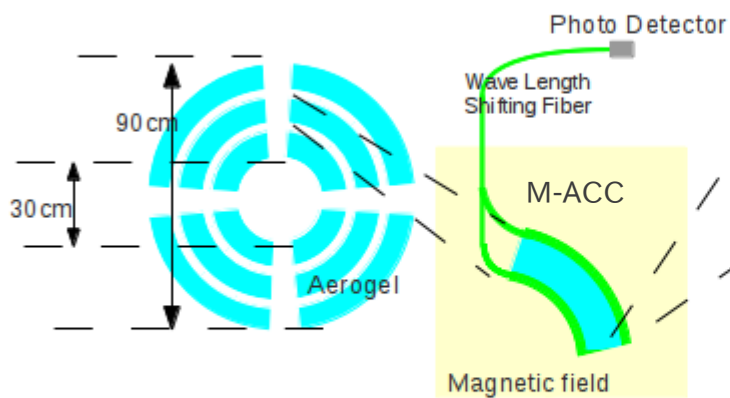
LEPS (BL33LEP)

大型放射光施設Spring-8
©RIKEN/JASRI

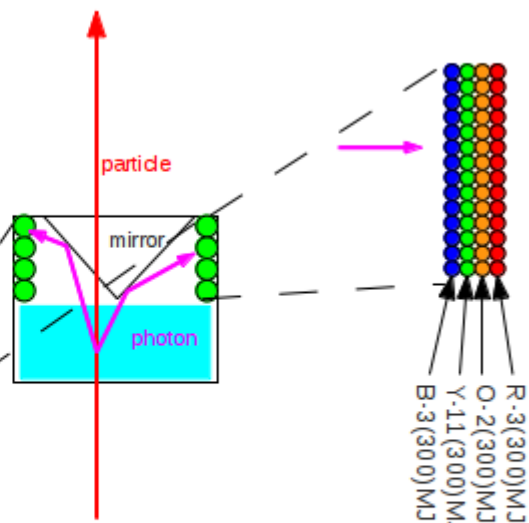


LEPS2 メイン検出器完成予想図デザイン(2013)

LEPS2 ACC

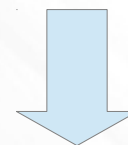


千葉大提案M-ACCデザイン



狭い空間、ドーナツ型、
磁場中

M-ACCの導入



M-ACC

M-ACC = Multipurpose Aerogel Cherenkov Counter

どんな場所にも設置できる粒子識別装置を開発することで、全体の検出器のデザインを大きく変える。

[特徴]

4種類の波長変換ファイバー

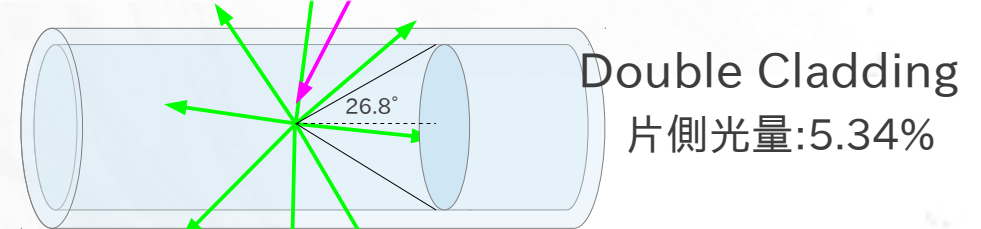
メリット

- ファイバーを伸ばす分だけ面積拡張
- 任意形状
- Efficiency一様性
- 光検出器の小型化

問題点・課題点

- 読出光量がひくい

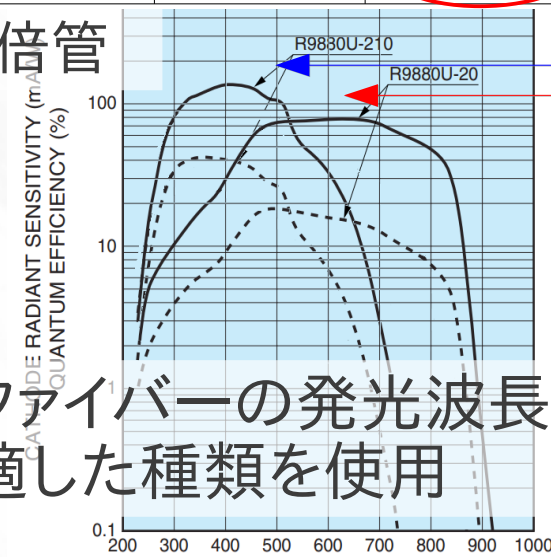
波長変換ファイバー(WLSF)



各ファイバーの吸収・発光波長[nm]

	absorption	emission
B-3	300-350	400-450
Y-11	400-450	470-500
O-2	470-500	550-600
R-3	550-600	600-650

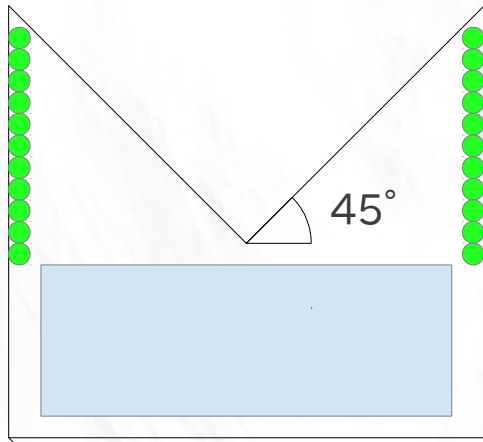
光電子増倍管



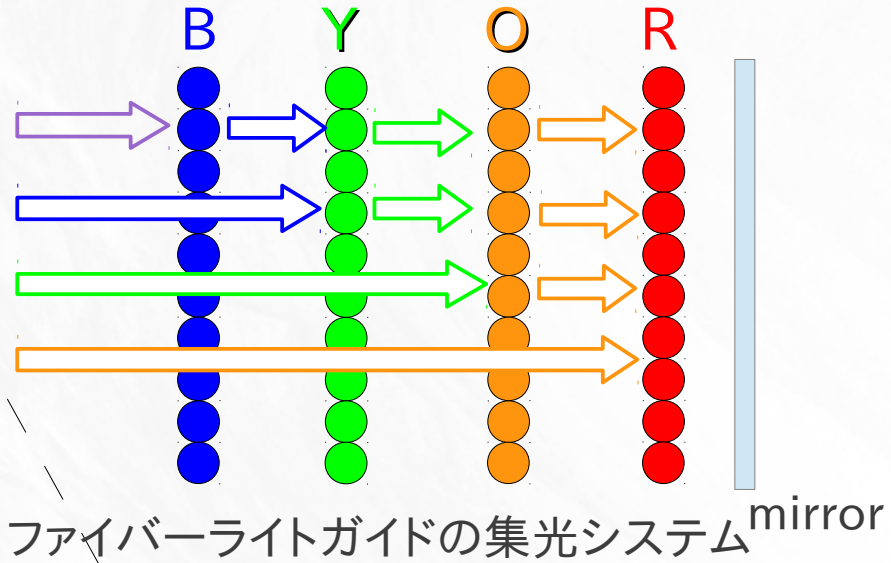
ファイバーの発光波長に適した種類を使用

WAVELENGTH (nm)

M-ACCの原理

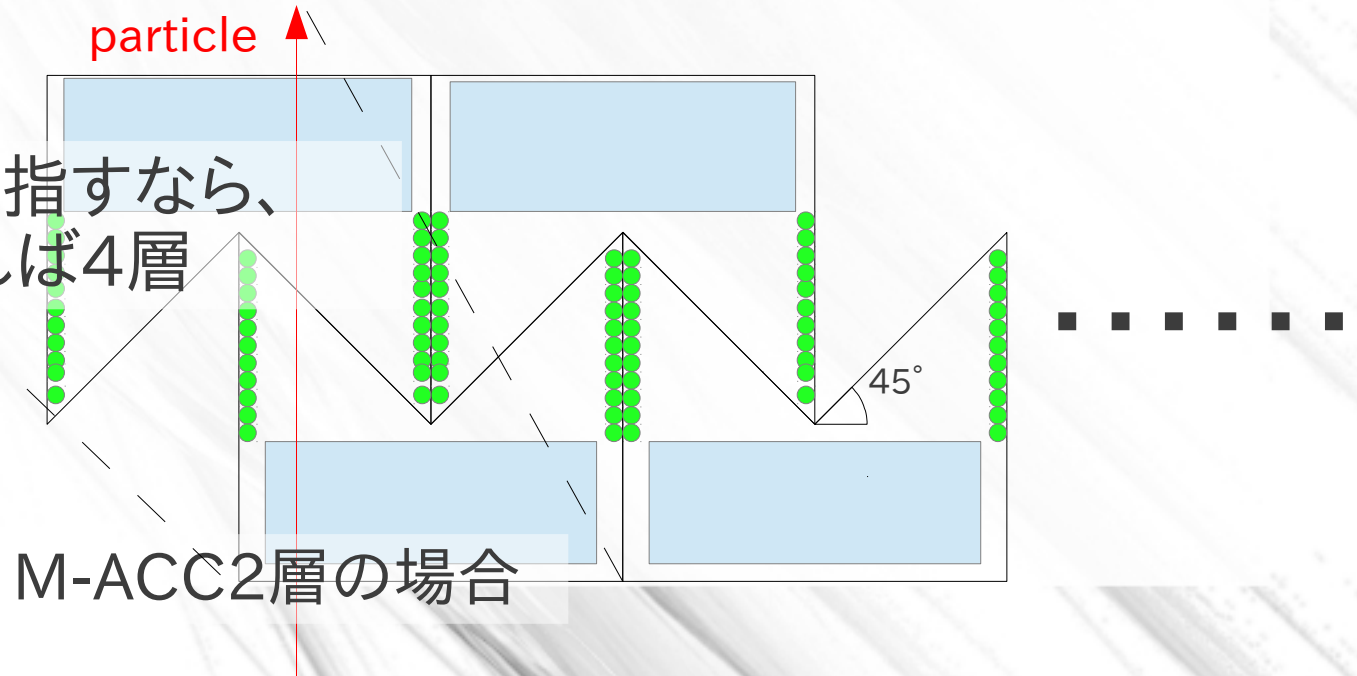


M-ACC1層



ファイバーライトガイドの集光システム mirror

Total eff. 97%を目指すなら、
1層あたり1p.e.あれば4層



M-ACC2層の場合

M-ACC開発状況

2010年 **Seint-Gobain社 WLSシート**

ビームテストの結果、シートでは全反射による伝播がなかった

2011年 **Seint-Gobain社 WLSファイバー(1mmΦ)**

ファイバーを並べてシート状。測定光量は理論予想と一致したが、まだ不十分。

2012年 **Kuraray社 4色・ダブルクラッドのWLSファイバー(1mmΦ)**

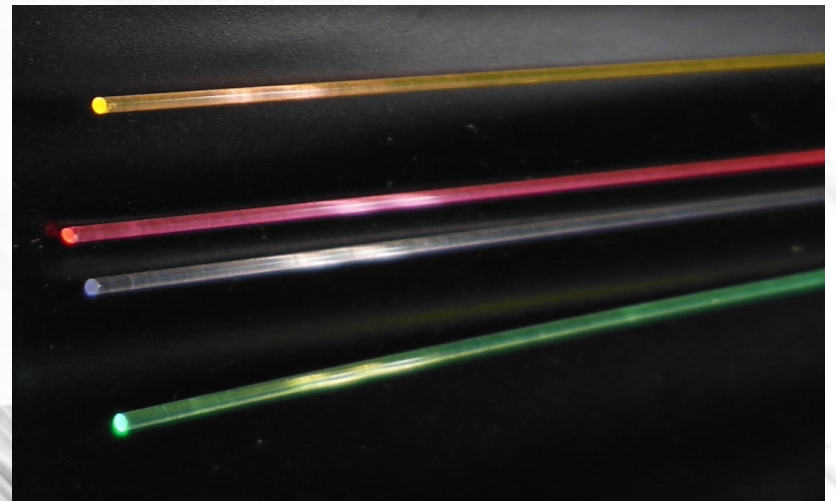
ファイバー1種類より4種類の方が光量が多い。4色の組合せ方で光量に差があった。
PMTの感度波長が各ファイバーの発光波長にあっていない

2013年 3月 **Kuraray社 4色WLSFファイバー(0.2mmΦ)**

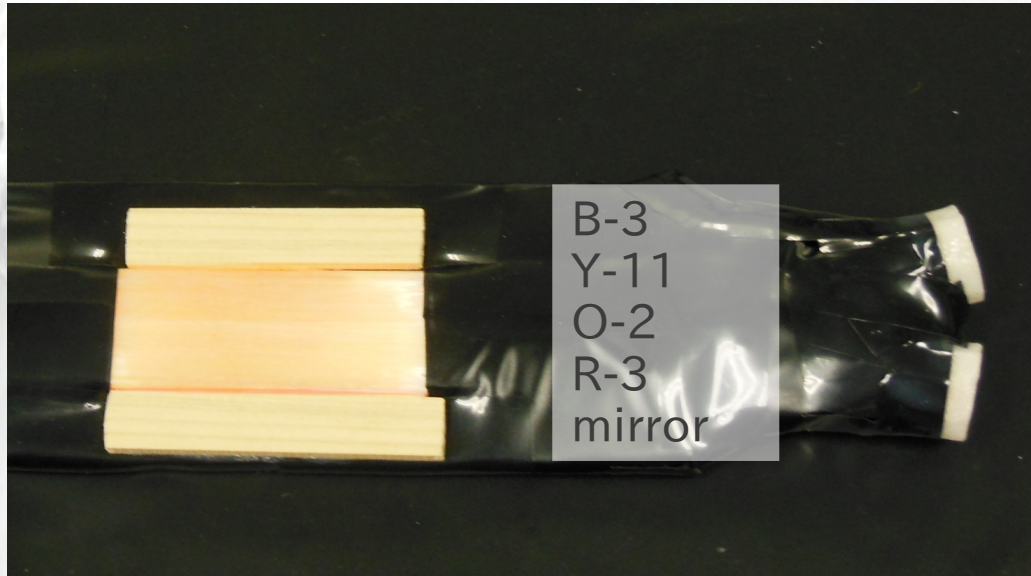
LEDテスト、PMTをファイバーの波長に合わせて2種類使用
組み合わせはBYORがY1色に比べ最も光量が多い

7月 ビームテスト
今回の実験

0.2mmΦファイバーで試作したM-ACC
小型プロトタイプのパフォーマンス評価

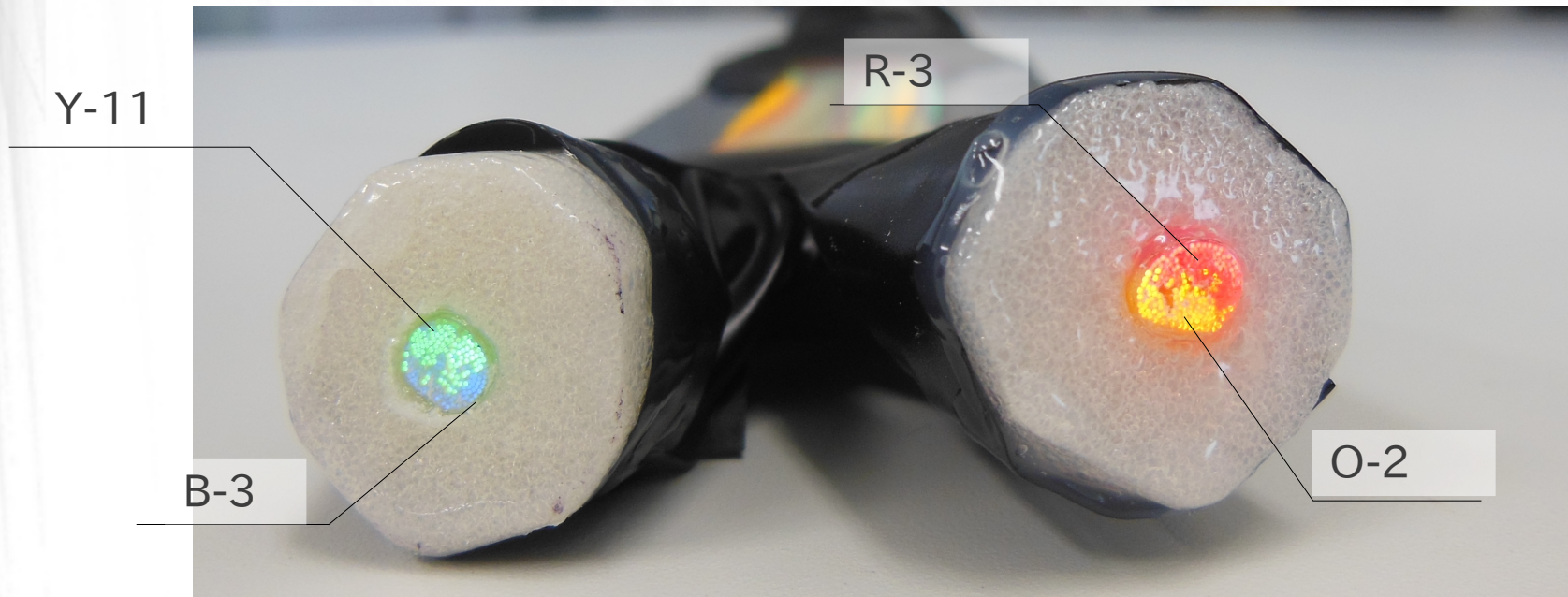


ファイバーライトガイド



WLSファイバー

	absorption	emission
B-3	300-350	400-450
Y-11	400-450	470-500
O-2	470-500	550-600
R-3	550-600	600-650

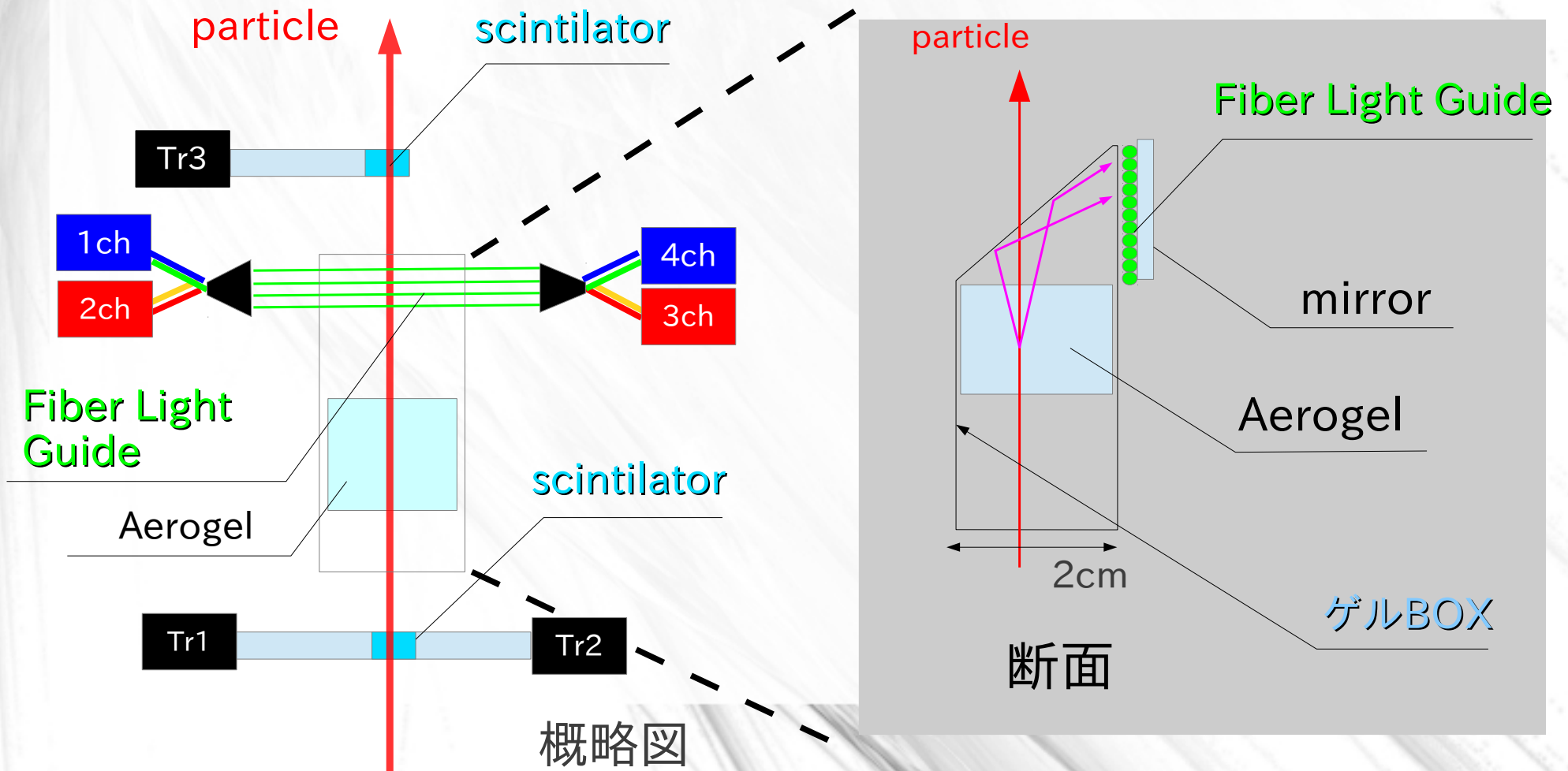


ビームテスト実験@LEPS

M-ACC Efficiency評価測定

目的

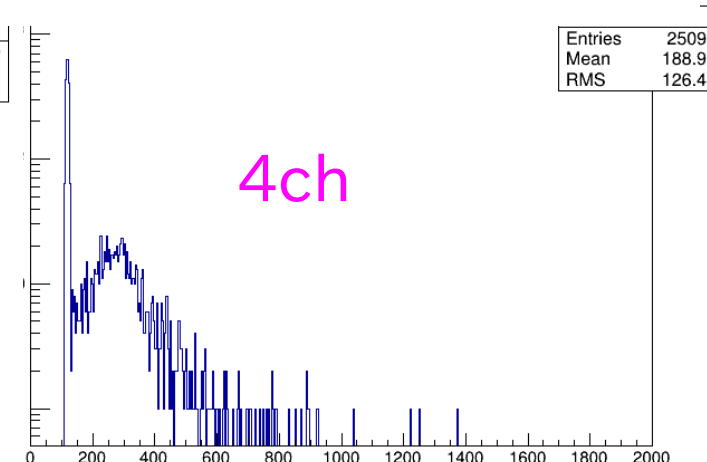
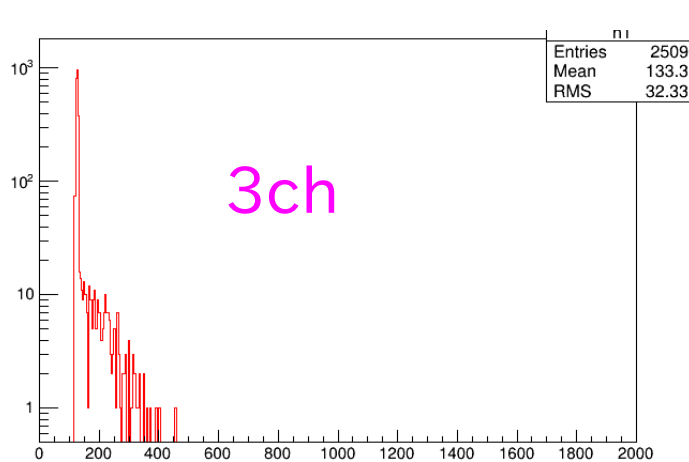
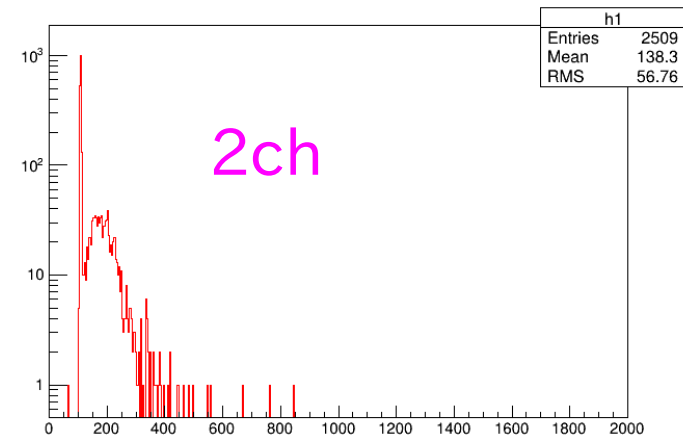
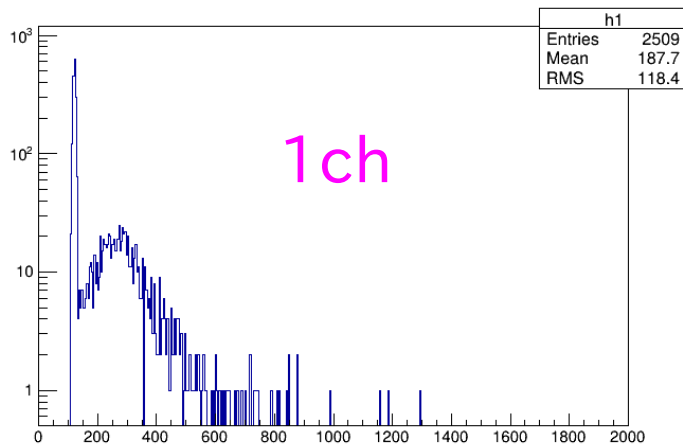
- ファイバーでチェレンコフ光が読めるのか
- M-ACCの性能評価



ビームテスト実験@LEPS

解析結果

Fiber	PMT	Entries	Nin Pedestal	Efficiency	error	p.e.
BY	1ch	2509	915	36.5%	$\pm 1.0\%$	0.45
OR	2ch	2509	785	31.3%	$\pm 0.9\%$	0.38
OR	3ch	2509	269	10.7%	$\pm 0.6\%$	0.11
BY	4ch	2509	913	36.4%	$\pm 1.0\%$	0.45
	1or2or3or4	2509	1688	67.3%	$\pm 0.9\%$	1.12



ビームテスト実験@LEPS

M-ACC 1層あたりのEfficiency

	Aerogel[mm]	fiber layer	efficiency	photoelectron
raw data	60	8	67.3%	1.12

$e^+(1\text{GeV}/c)$



	efficiency	photoelectron
expectation	59%	0.9

$\pi^+(1\text{GeV}/c)$

4層M-ACC (厚さ34cm) のEfficiency

particle	ε	eff
positron	67%	98.6%
pion	59%	96.7%

まとめ

- M-ACC小型プロトタイプで性能評価をした。
- 波長変換ファイバーでチェレンコフ光を読み出せた。
1層あたり1.12p.e.を確認
- 4層M-ACCの性能が推定できる。
運動量0.7-1.5GeV/c(π /K)識別97%

今後の課題

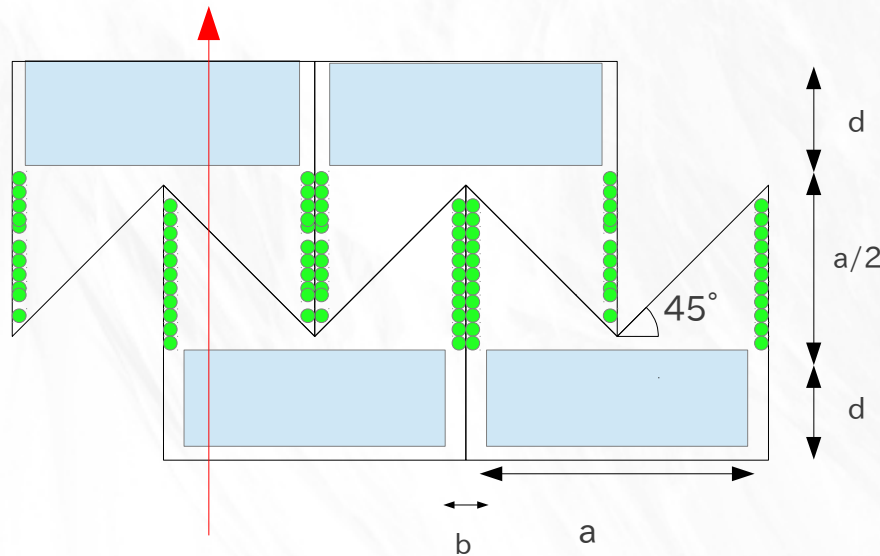
- リアルサイズの検出器の製作
大型のファイバーライトガイドの作成
- 宇宙線による測定
- 陽子・Kaonに対するmiss-IDの評価

Back Up

M-ACCの原理

M-ACCのサイズと検出効率

M-ACC2層の場合



M-ACC 2層 におけるefficiencyの計算方法

$$\text{eff} = \left\{ 1 - \frac{b}{a} \right\} \left\{ 1 - (1 - \epsilon)^2 \right\} + \frac{b}{a} \epsilon$$

$$L = 2d + a/2$$

a : Aerogel Width

b : Fiber Light Guide layers

d : Aerogel Thickness

ϵ : 1 Segment M-ACC eff.

L : Total M-ACC Thickness

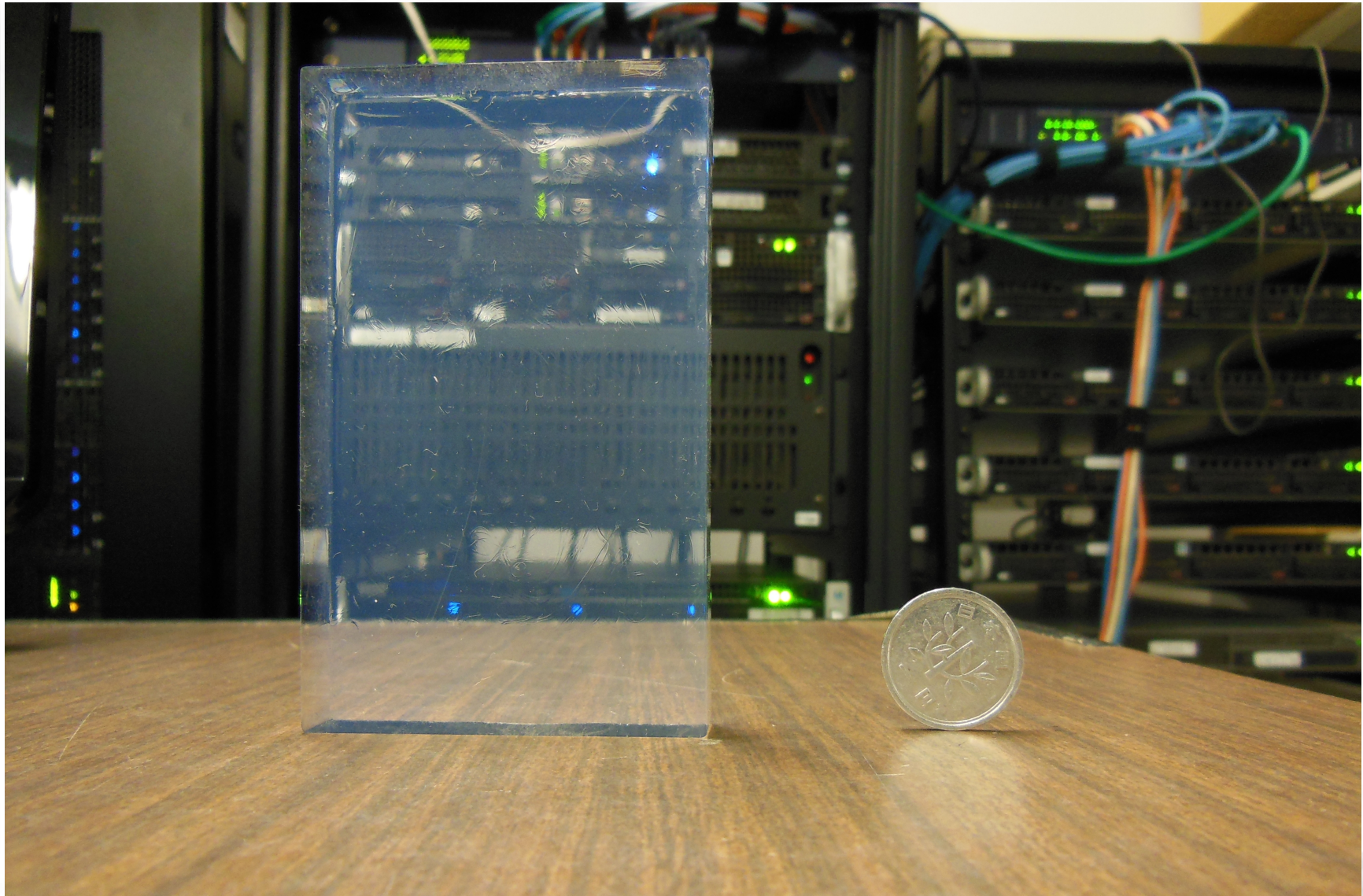
M-ACC n層 におけるefficiencyの計算方法

$$\text{eff} = \left\{ 1 - n \frac{b}{a} \right\} \left\{ 1 - (1 - \epsilon)^n \right\} + n \frac{b}{a} \left\{ 1 - (1 - \epsilon)^{(n-1)} \right\}$$

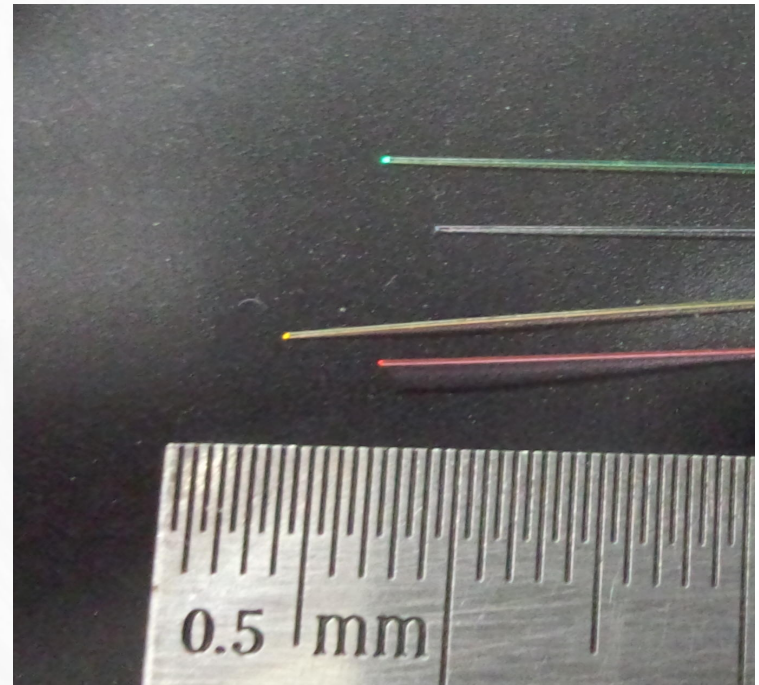
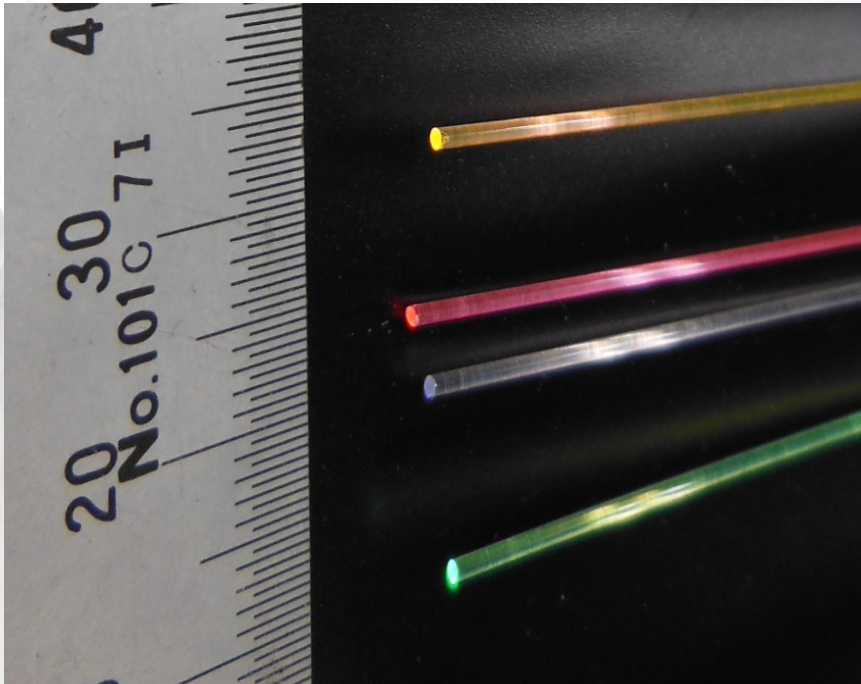
$$L = nd + \begin{cases} \frac{a}{2} n & \cdots n = \text{odd} \\ \frac{a}{2} (n-1) & \cdots n = \text{even} \end{cases}$$

n	a[cm]	b[cm]	d[cm]	ϵ	eff	L[cm]
2	10	0.32	6	67%	87.7%	17
3	10	0.32	6	67%	95.7%	23
4	10	0.32	6	67%	98.5%	34
4	10	0.32	6	49%	92.4%	34
4	10	0.32	3	63%	97.7%	22
4	10	0.32	3	48%	91.8%	22
4	8	0.32	3	48%	91.6%	20

シリカエアロゲル



WLSF (波長変換ファイバー)



クラレ社製造 直径1mmWLSF
型番は上から

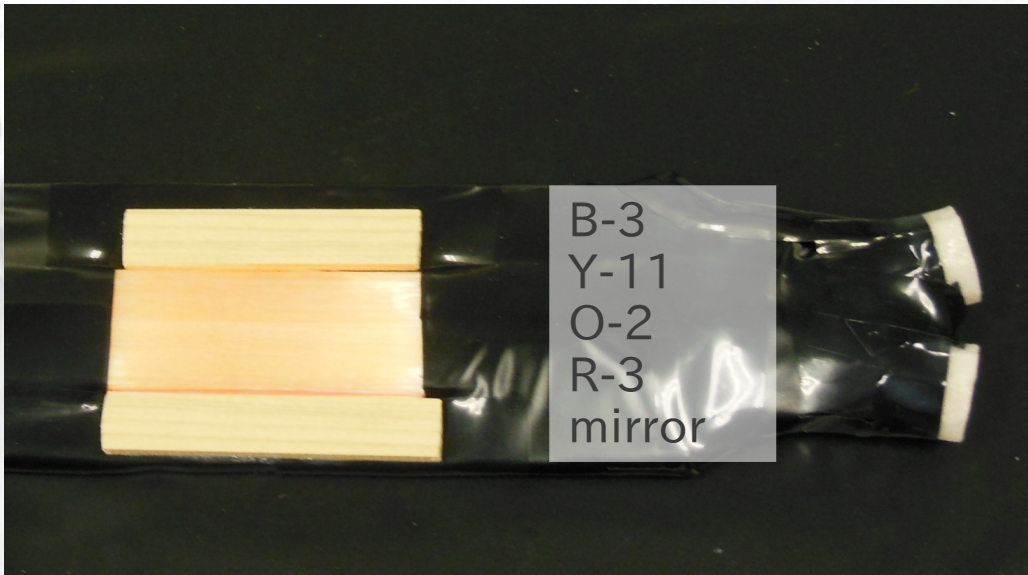
O-2(100)MS
R-3(100)MS
B-3(200)MS
Y-11(200)MJ

クラレ社製造 直径0.2mmWLSF
型番は上から

Y-11(300)J
B-3(300)J
O-2(300)J
R-3(300)J

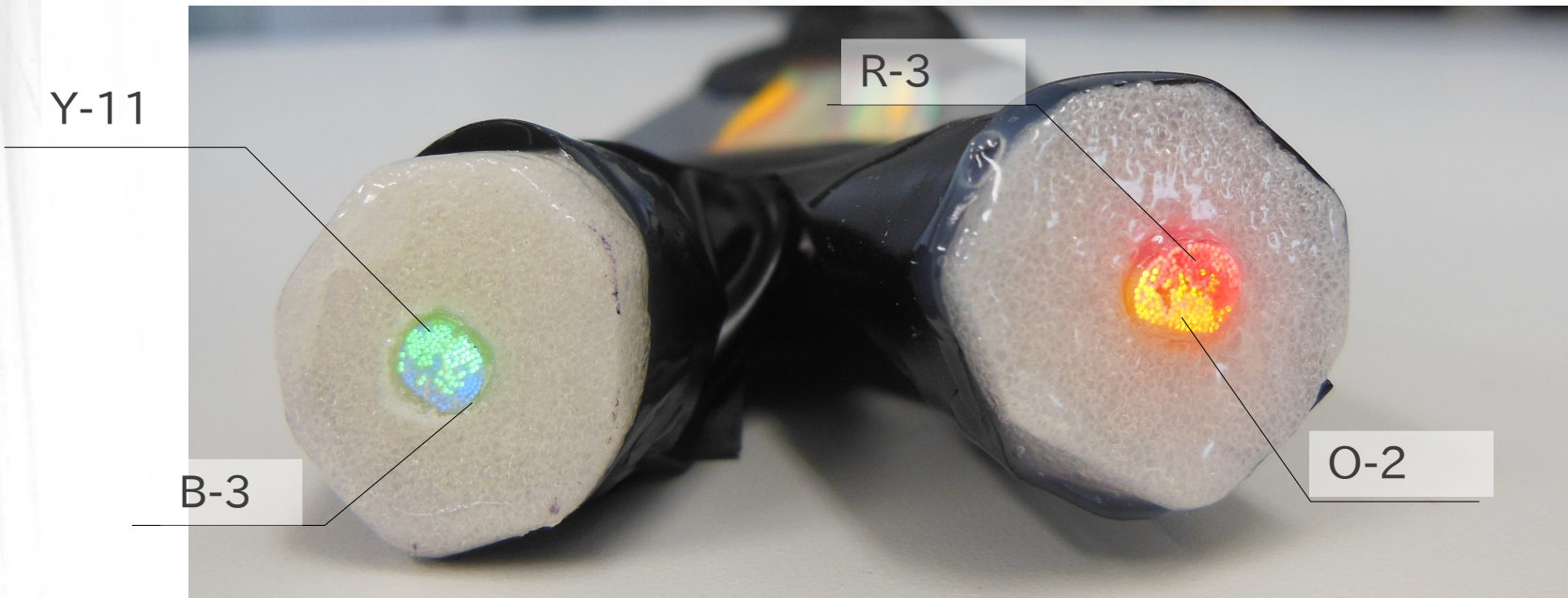
※以降ファイバーの各色をB, Y, O, Rと型番の頭文字で表記する。

ファイバーライトガイド



WLSファイバー

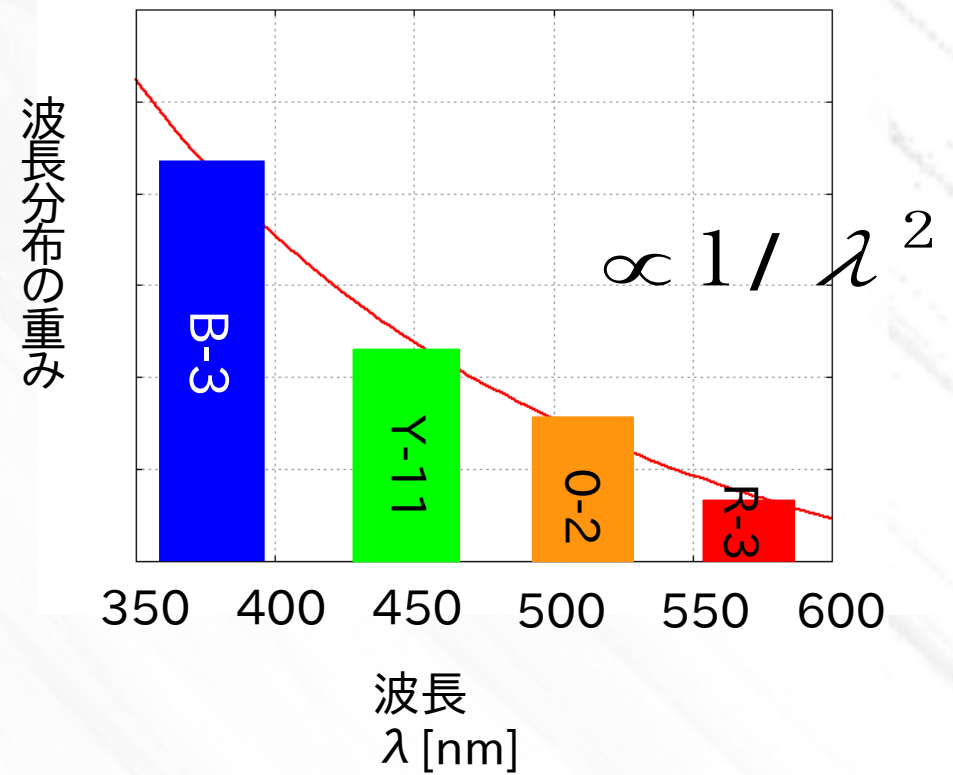
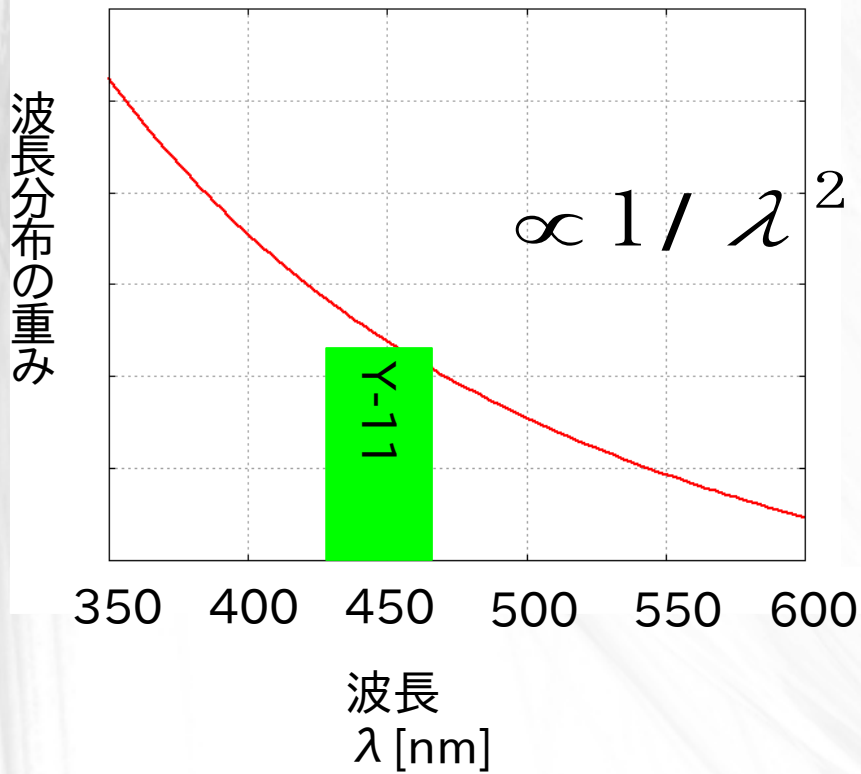
	absorption	emission
B-3	300-350	400-450
Y-11	400-450	470-500
O-2	470-500	550-600
R-3	550-600	600-650



イントロダクション

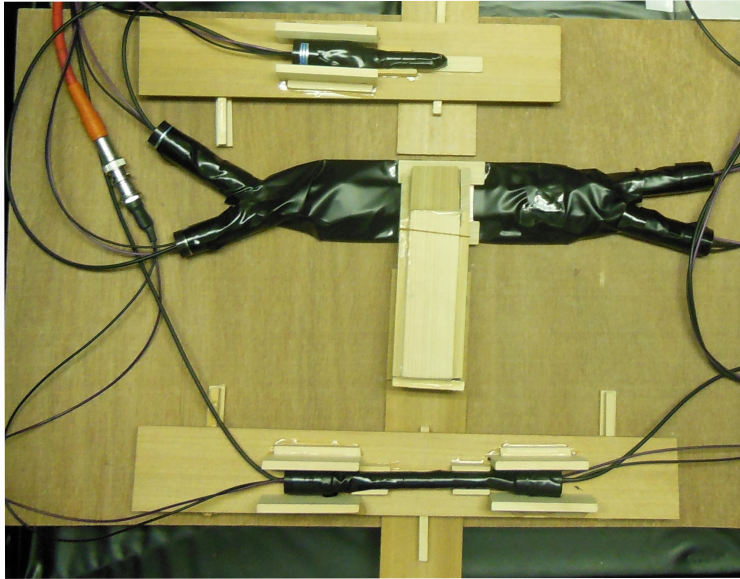
WLSFを用いたライトガイド

チェレンコフ光の波長分布を考慮して
4色ファイバーの使用することで光量UP



ビームテスト実験

M-ACC Efficiency評価測定



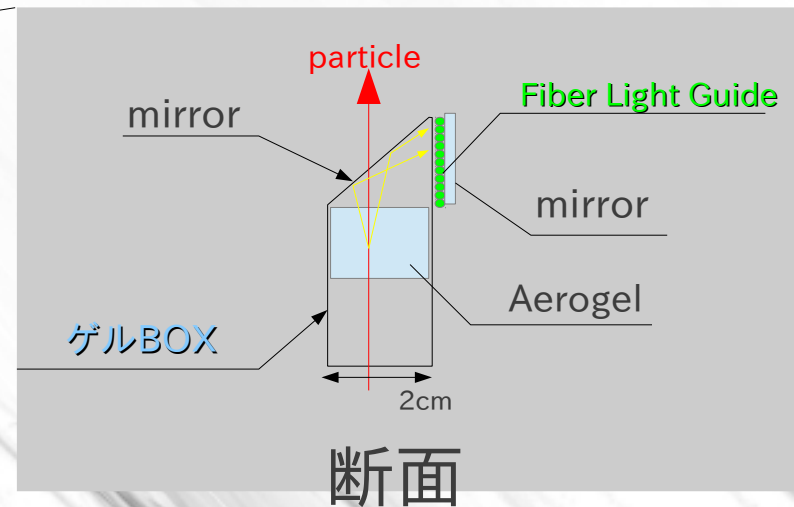
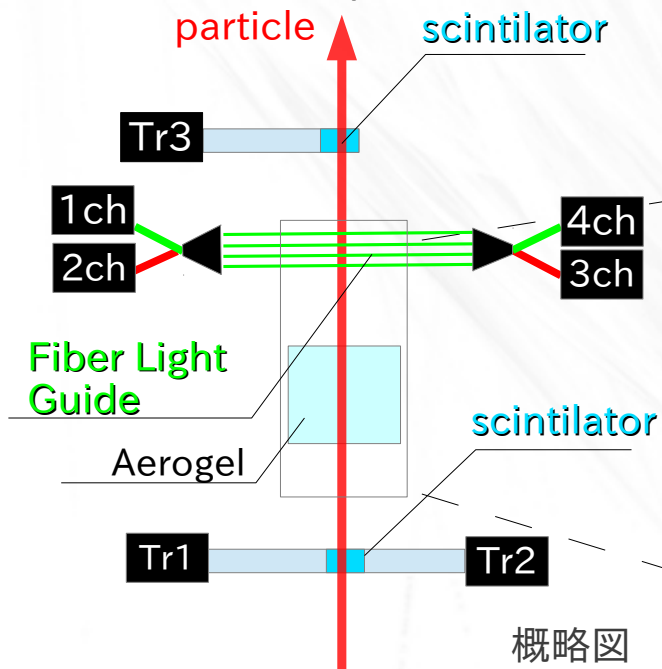
setup写真

目的

- ファイバーでチェレンコフ光が読めるか
- M-ACCの見積り

測定

- Spring8 BL33LEP
- Beam : e^+ (1.0-2.0GeV/c)
- Index : 1.05
- Fiber area : $2 \times 4 \text{ cm}^2$



ビームテスト実験

M-ACC 1セグメントあたりのEfficiency

	Aerogel[mm]	fiber layer	efficiency	photoelectron
raw data	60	8	67.3%	1.12
expectation	30	8	63%	1.0



@Aerogel Index=1.05

	Aerogel[mm]	fiber layer	efficiency	photoelectron
raw data	60	8	48.9%	0.67
expectation	30	8	45%	0.6

@Aerogel Index=1.03

M-ACC Efficiency

index	n	a[cm]	b[cm]	d[cm]	ϵ	eff	L[cm]
1.05	4	10	0.32	6	67%	98.6%	34
1.05	4	10	0.32	3	63%	97.7%	22
1.03	4	10	0.32	6	49%	92.3%	34
1.03	4	10	0.32	3	45%	89.6%	22