

$\mu \rightarrow e \gamma$ 探索実験用液体Xeカロリメータの 宇宙線を用いた減衰長測定

早稲田大学 吉村剛史

1. Xeの発光とシンチレーション光の減衰について
2. Large prototype よる吸収長測定のセットアップ
3. 液体Xe中の不純物の除去
4. 宇宙線、 α を用いた吸収長測定
5. まとめと今後の計画

早大理工総研, 東大理^A, 東大素セ^B, 阪大理^C, 高工研^D, BINP-Novosibirsk^E, INFN-Pisa^F, PSI^G
吉村剛史, 石田卓也^B, 大谷航^B, 小曾根健嗣^B, 折戸周治^A, 菊池順, 久野良孝^C, 澤田龍^B, 鈴木聡, 寺沢和洋,
道家忠義, 西口創^B, 春山富義^D, 真木晶弘^D, 真下哲郎^B, 三橋利也^B, 三原智^B, 森俊則^B, 八島純^D, 山下了^B,
山下雅樹, 吉村浩司^D, A.A.Grebenuk^E, D.Grigoriev^E, I.Ioudine^E, D.Nicolo^F, S.Ritt^GG.Signorelli^F

ビームテスト時 (Feb2002) の結果

エネルギー分解能 $\sim 34.8\%$ (FWHM)

位置分解能 $\sim 8\text{ mm}$ (FWHM)

→ 吸収長 (λ_{abs}) 7cm程度を示唆

さらに同時に行われた宇宙線及び α 線の測定
からも λ_{abs} 10cm程度以下



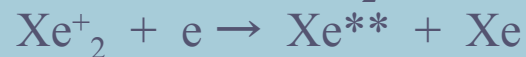
分解能に大きく影響を与えているのは
 λ_{abs} である。

→ λ_{abs} を伸ばすことが求められている

Xeの発光過程



再結合光

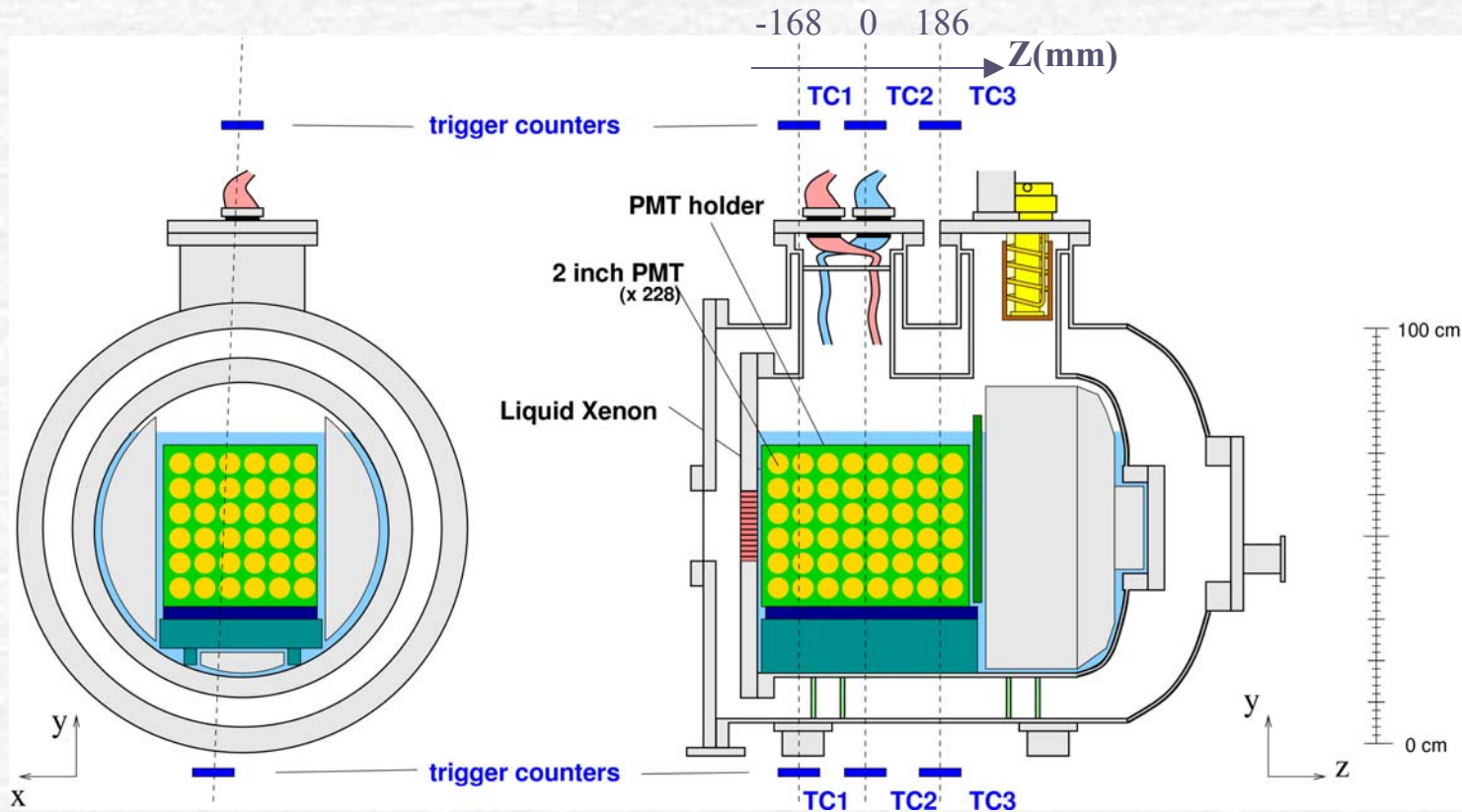


※いずれも励起したキセノン分子からの発光で、自己吸収はない

シンチレーション光の減衰

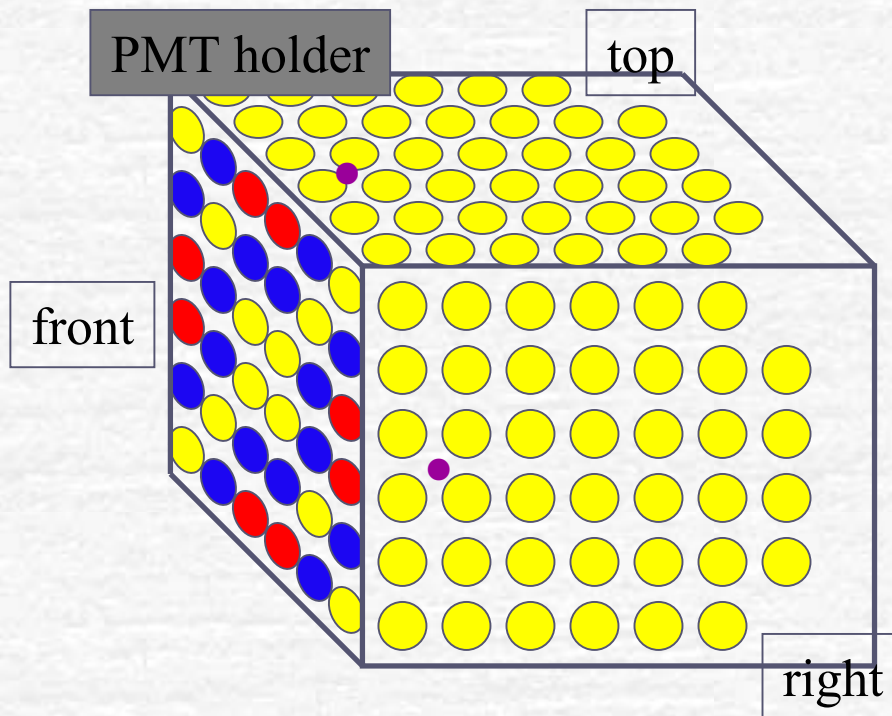
- ・シンチレーション光の減衰は、**散乱**と**吸収**によるものである。
- ・我々の実験では装置が大型であり、シンチレータをPMTが覆うように置かれているので**吸収**が測定に大きな影響を与える。
- ・**吸収**は液体Xe中の不純物によって起こる。

宇宙線を用いた吸収長測定の設定アップ



10cm×10cmのトリガーカウンターを3組設置し、これにより宇宙線にトリガーをかける。この条件下で、宇宙線による液体Xeのシンチレーション光の減衰長を測定する。

α 線を用いた吸収長の測定



α -sourceの位置

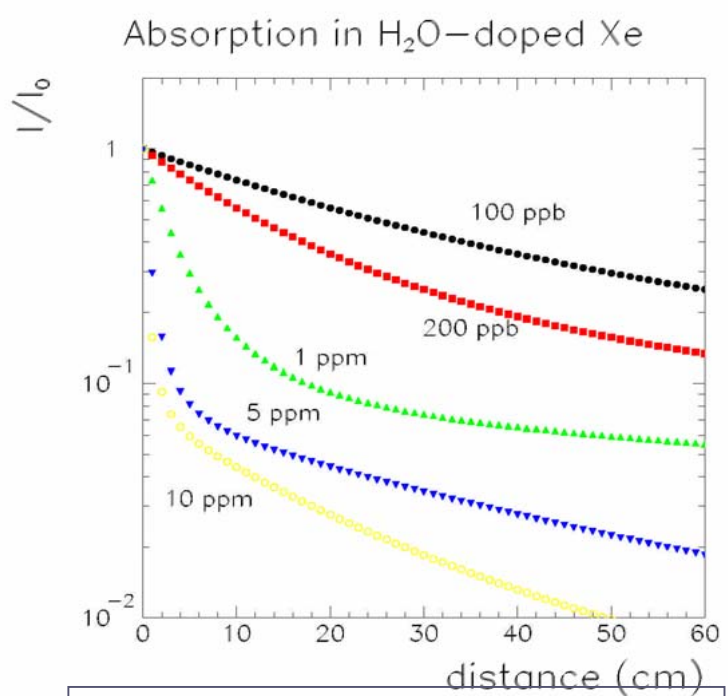
各PMTで検出される光量とalpha線源との距離の関係から吸収長を見積もる。

- α -source
- α -PMT間 7.6cm
- α -PMT間 11.6cm

α -source は、PMTの Calibrationにも使用している

3.液体Xe中の不純物の除去

不純物によるシンチレーション光の吸収

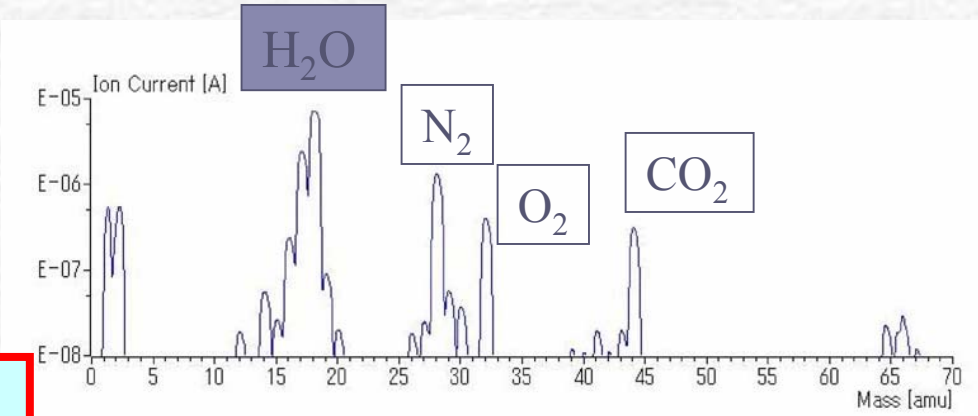


H₂Oによるシンチレーション光の吸収(シミュレーション)

水などの不純物がシンチレーション光を吸収している可能性が高い

不純物のsource

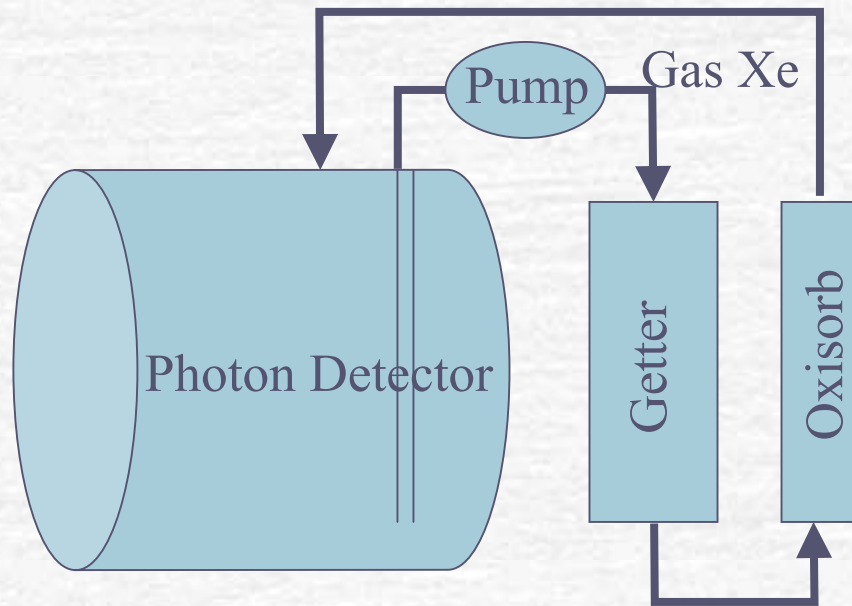
- ・もともとXe中にあるもの
 - 液化時に通すフィルターで除去できる。
- ・検出器内部の物質からのout gas
 - アクリル、G10などout gasが多い物質が使われている
 - 検出器内部の物質の表面積が大きい
 - あらかじめ真空引等で除去するのが困難、PMTがあるので baking もできない。



検出器内部の残留ガス質量分析結果

3.液体Xe中の不純物の除去

Circulation System



Zr-V-Fe getter
(SAES getters PS4-MT15-R-2)

$O_2, H_2O, CO, CO_2, < 1\text{ppb}$
 H_2, CH_4, N_2

Oxisorb filter
(Messer Griesheim GmbH)

$Ar, He, Ne, Kr, Xe, N_2,$
 H_2, CO, CO_2, CH_4

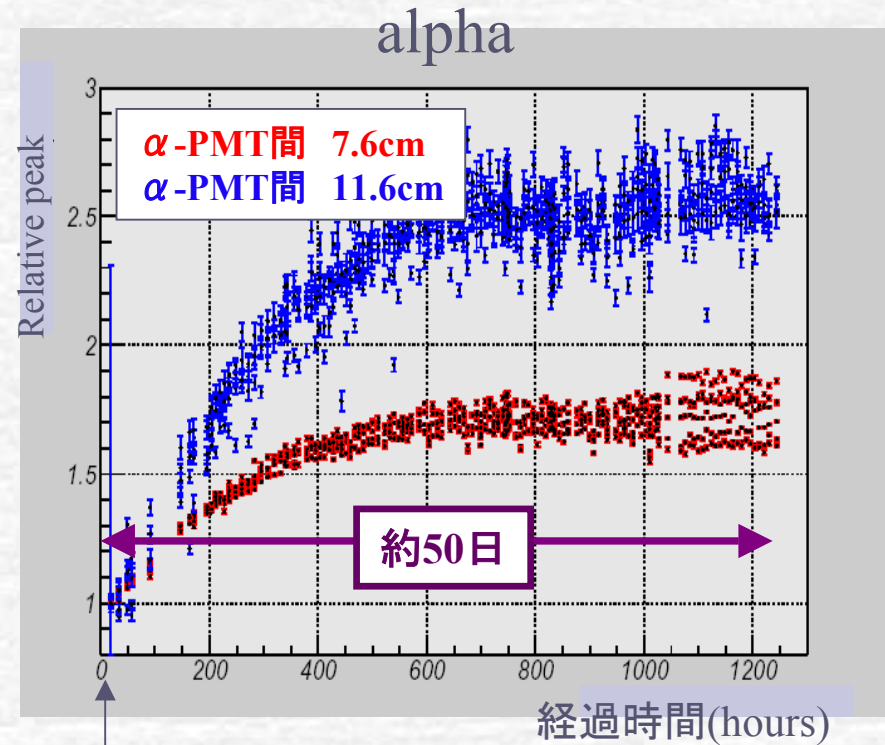
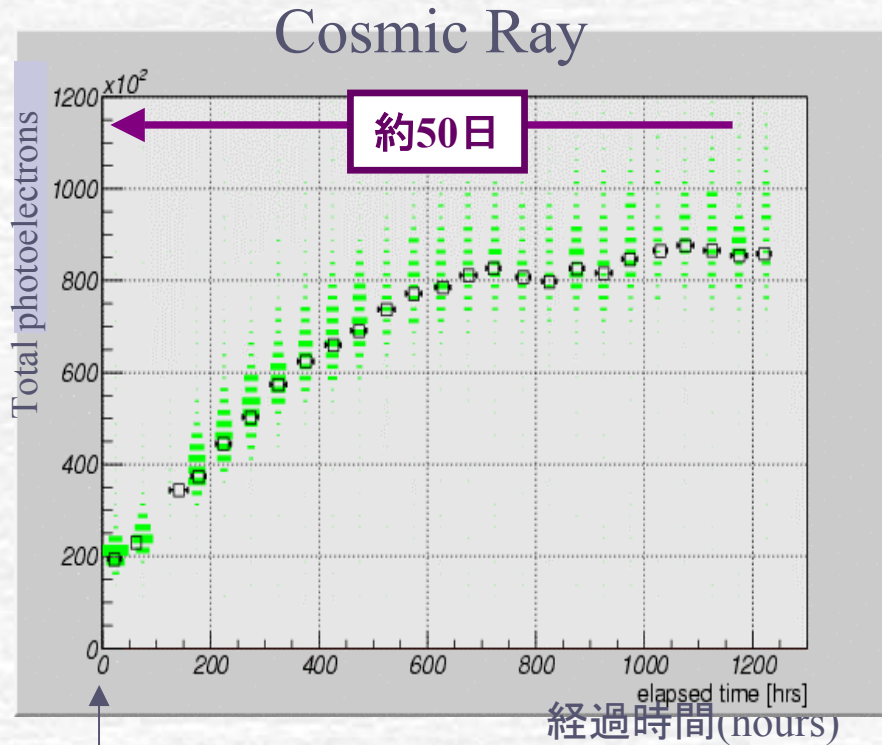
以外を除去

実験をやりながら不純物の除去を
続けることが可能になった

3.液体Xe中の不純物の除去

光量の時間変化

May~June/2002 (循環純化期間)

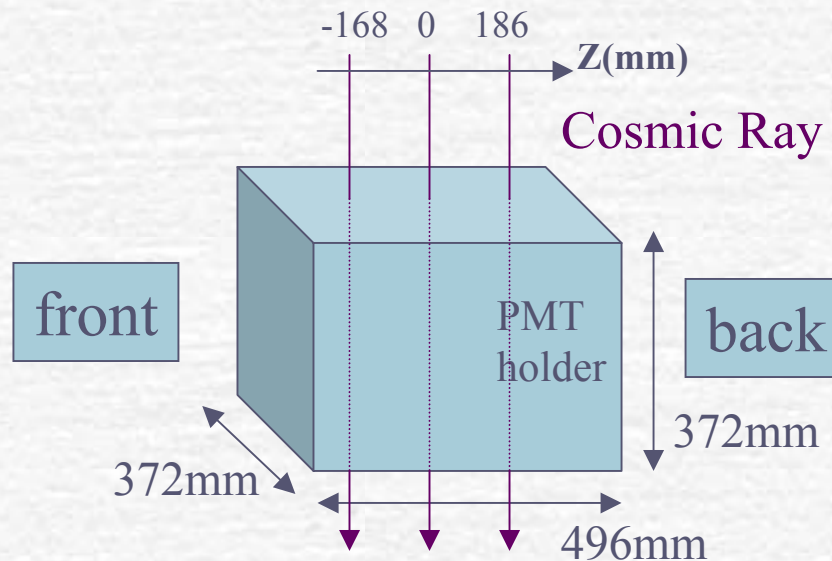


循環純化により光量が 4.5 倍 になった！！(宇宙線イベント)

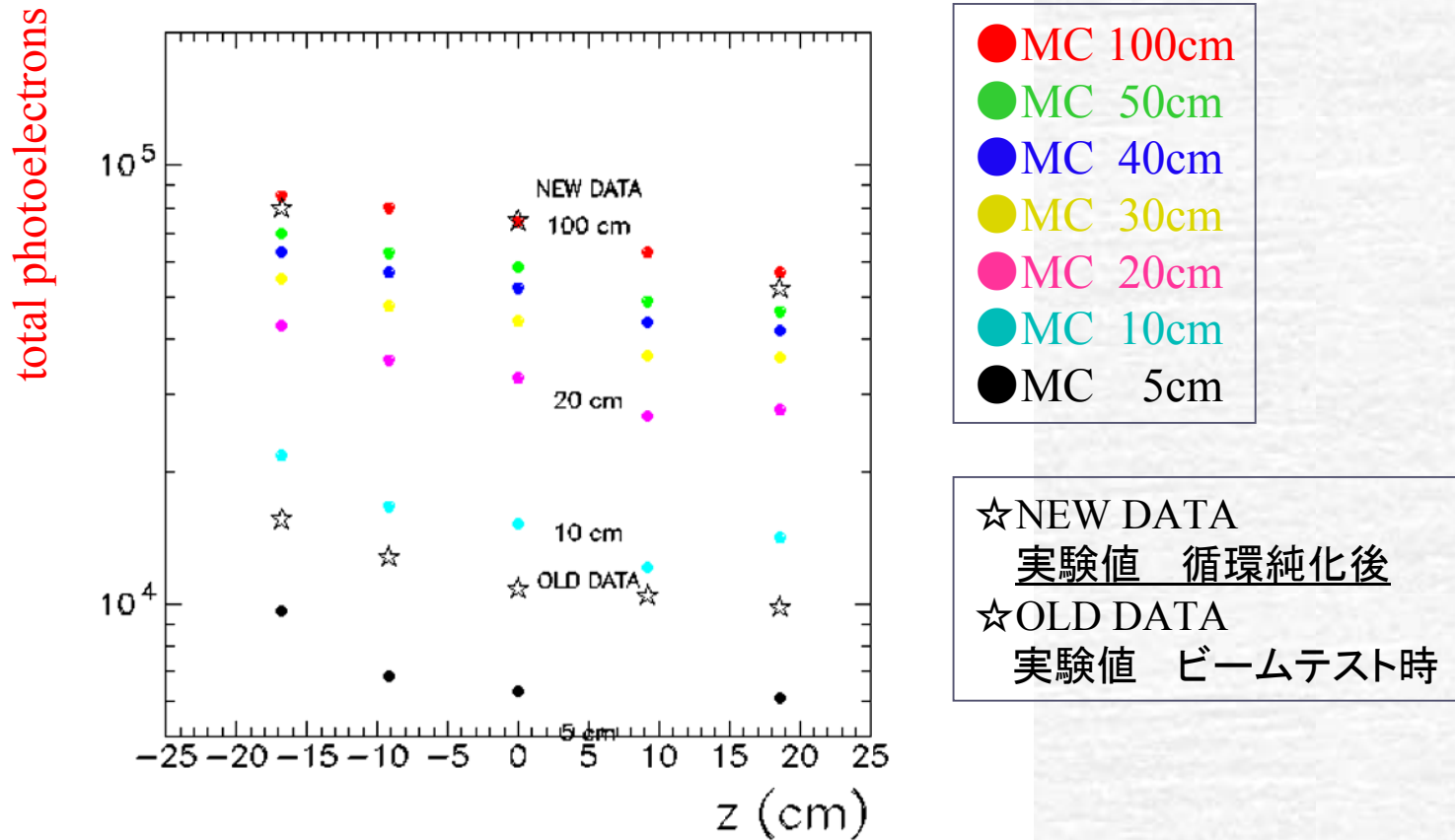
4.宇宙線を用いた吸収長測定

吸収長を見積もる方法

あらかじめ数種類の減衰長を仮定したシミュレーションを行い、実験データと比較することで見積もった。
ここでは3つの異なった位置に置かれたそれぞれのトリガーカウンターでトリガーされた宇宙線による **total photoelectrons** (全PMTの和) を比較した。



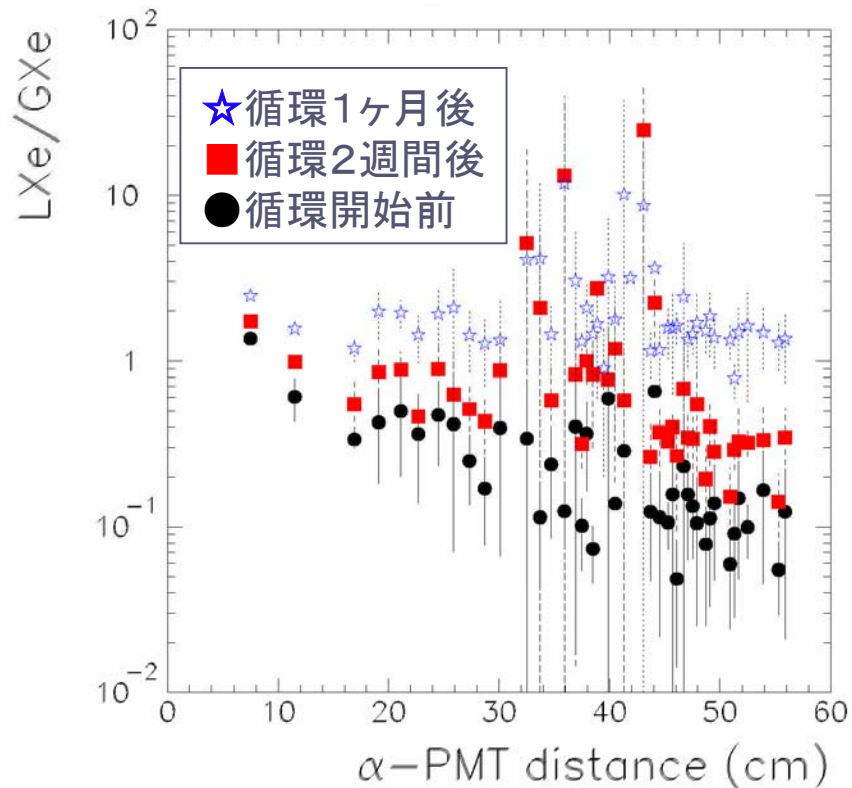
実験値とシミュレーションの比較



循環純化により吸収長が100cm程度に伸びた
(シミュレーションとの比較から)

4. α を用いた吸収長測定

α 線イベントによる吸収長の見積もり



Liq. Xe 中での α イベントと
Gas Xe 中での α イベントの比

Gas Xe では吸収がほとんどないというデータがすでに得られているので、Gas Xe でのデータを基準にして液体中での吸収長を見積もっている。

Xeを検出器内に液化する前に、
検出器内部を冷却する。(170K程度)

この状態で、Gas Xe 中での α のデータを取り、
液化後の Liq. Xe 中での α のデータと比較した。
(したがって Gas Xe 中での PMT の Q.E は、
Liq. Xe 中での Q.E. に近い状態になっている)

λ abs \sim 100cm lower limit (95% C.L.)

(先程の宇宙線イベントによる見積もりは
この結果に矛盾していない。)

吸収長の改善により期待される分解能の向上

40 MeV monochromatic gammas

	λ_{abs}	エネルギー分解能 (Large Prototype)	位置分解能 (Large Prototype)
Feb/2002	7cm	34.8% (FWHM)	8mm(FWHM)
		実験値	
May~June/2002	100cm	3.3% (FWHM)	5mm(FWHM)
		シミュレーション	

5.まとめと今後の課題

まとめ

前回のビームテスト(Feb2002)

不純物によるシンチレーション光の吸収が大

$\lambda_{\text{abs}} \sim 7\text{cm}$

今回の循環純化(May-June2002)

不純物を減らすことができた。

$\lambda_{\text{abs}} \sim 100\text{cm}$

今後の計画

10月のBeam Test に向けて現在行っていること

検出器内部のメンテナンス(アクリル素材の除去)

窒素ガス(99.998%)による真空槽のフラッシュ

その後の計画

循環速度のさらなる向上

- 循環ポンプの増強(flow rate 18.5 l/m → ??)

- クライオジェニックポンプの導入(液体のままフィルターを通し循環させる)(flow rate ??)