

SCRIT Mini-Workshop

**The results of trapping studies
using ^{132}Xe Isotope**

2012/09/06

Ryo Ogawara

* Status of this experiment *

期間：2012/7/23~8/15

入射イオン： ^{132}Xe

輸送効率：50%

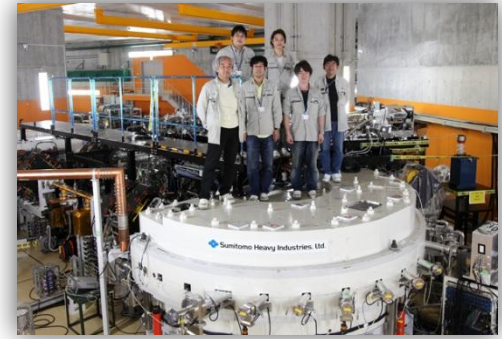
入射イオン数： 1×10^8 ions/trigger

最大ルミノシティ： $5 \times 10^{26} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$

最大捕獲効率：90 %

最大重なり効率：20 %

電子ビームサイズ：4.2 mm²



ERIS(Electron-beam driven
RI Separator for SCRIT)
から供給されたイオンビームで
SCRIT実験が成功した。

IBT

SCRIT

SR2

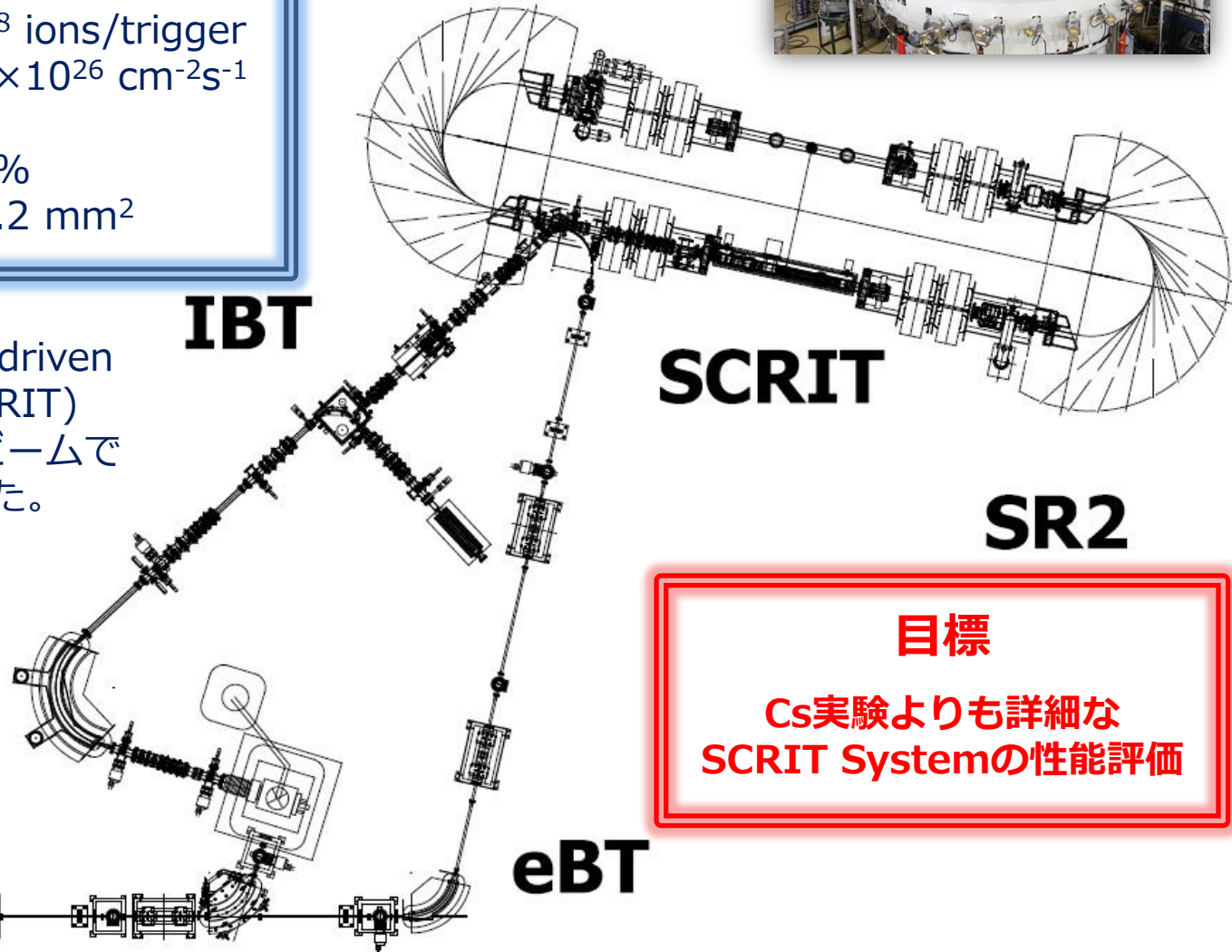
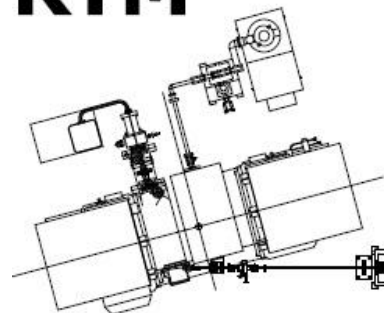
ERIS

eBT

目標

**Cs実験よりも詳細な
SCRIT Systemの性能評価**

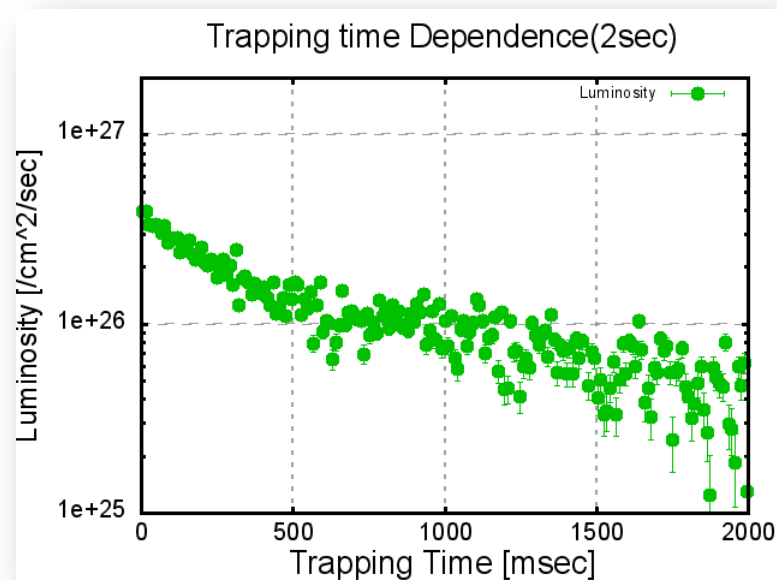
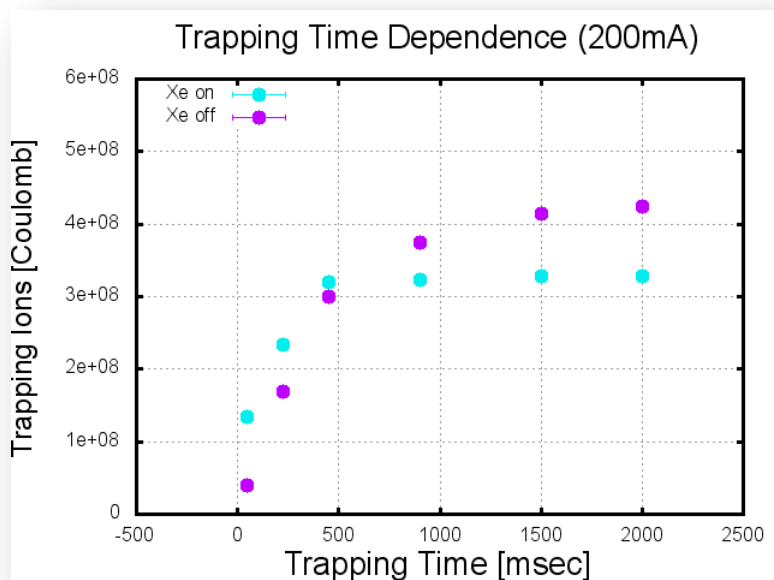
RTM



* SCRIT Systemの性能評価実験 *

- ☞ 捕獲効率 & 重なり効率 & Luminosityの最大到達値。
- ☞ 捕獲イオン数とLuminosityの捕獲時間依存性。
- ☞ 電子ビーム電流の依存性。

☞ **Xe onとoffの残留ガスの挙動の違いに注目。**



捕獲電荷の数を見ると、単純にXeのonとoffを引き算してしまうと500msec付近で $on-off \leq 0$ になってしまう(左図)。

しかし、そのときはまだ $Luminosity \approx 1.5 \times 10^{26} \text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ である(右図)。

☞ 捕獲時間の増加と共に単純な引き算ではXeの量は見積もれなくなる。

★その on-off 補正項をXe実験のデータから類推することが目標。

* SCRIT Device における残留ガスの捕獲特性 *

Xeの存在の有無が残留ガスの捕獲特性に大きく影響する事は明らかなので、先ずXeが存在しない場合の残留ガスの特性を理解する。

👉 **その為の第1歩としてデータの一貫性の確認をする。**

1. Electron Beam Loss Monitor

電子ビームのロスを数え、弾性散乱のルミノシティーの変動とよく一致する。

2. ExB Slit

SCRIT Deviceから出てきた捕獲後のイオンの電荷を測定。

3. Ion Analyzer

SCRIT Deviceから出てきた捕獲後のイオンの数をA/qで分離して測定。

$$K_{XOFF}(t) = \alpha_K \frac{\eta_o(t) N_G(t) I}{a} \sigma_{\theta lim}(O)$$

$$S_{XOFF}(t) = N_o(t) q_o(t) + N_H(t) \\ = \{1 + \eta_o(q_o(t) - 1)\} N_G(t)$$

$$\eta_H = 1 - \eta_o$$

この2式から2個の未知数
 $N_G(t)$ と $q_o(t)$ を計算して
その結果を検証する。

$N_G(t)$: 残留ガスの捕獲イオン数
a	: Electron Beam Size @ SCRIT
$K_{XOFF}(t)$: Loss Monitorのカウント数
α_K	: Loss Monitorの検出効率(≒ 3.3×10^{-4})
$\eta_o(t)$: 捕獲中の酸素の存在比
I	: 電子電流
$\sigma_{\theta lim}(O)$: 散乱断面積($\geq 3\text{mrad}$)
$S_{XOFF}(t)$: ExB Slitでの捕獲電荷量
$q_o(t)$: 酸素の平均価数

* SCRIT Device における残留ガスの捕獲特性 *

前スライドの式を $N_G(t)$ と $q_o(t)$ について解くと以下の様に書ける。

$$N_G(t) = \frac{aK_{XOFF}(t)}{\alpha_K \eta_o I \sigma_{\theta_{lim}}(O)} = \frac{S_{XOFF}(t)}{1 + \eta_o(q_o(t) - 1)}$$

$$q_o(t) = \frac{\alpha_K I \sigma_{\theta_{lim}}(O) S_{XOFF}(t)}{aK_{XOFF}(t)} - \frac{1}{\eta_o} + 1$$

* 計算に必要なパラメータの導出 *

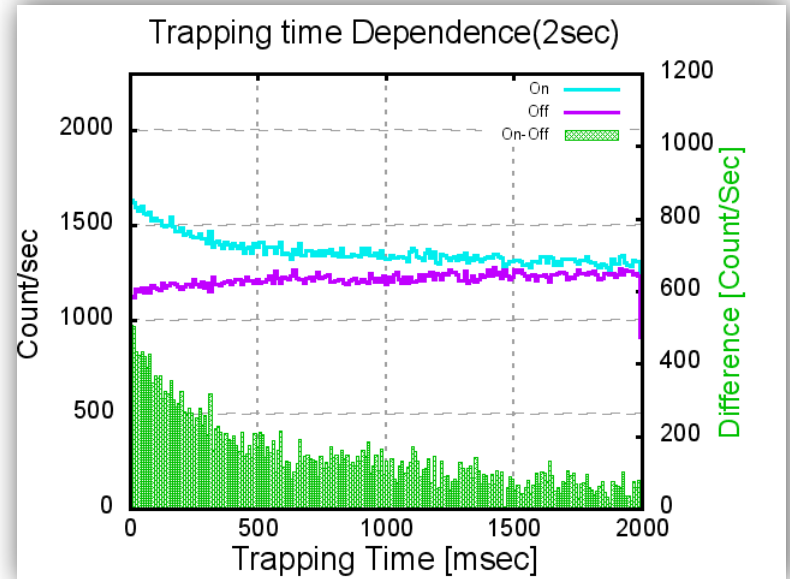
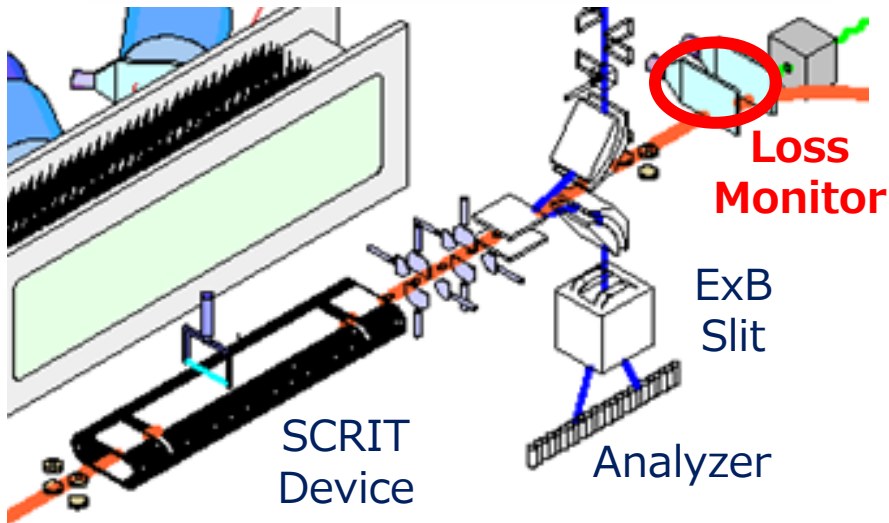
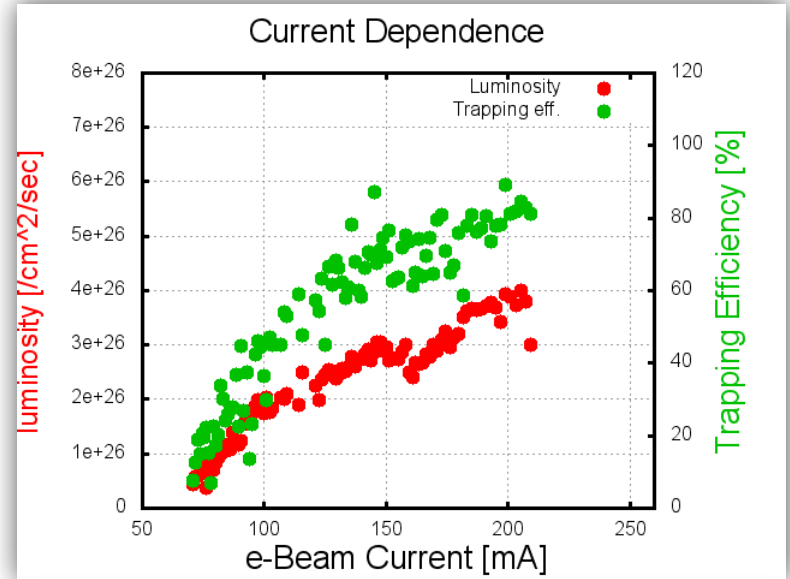
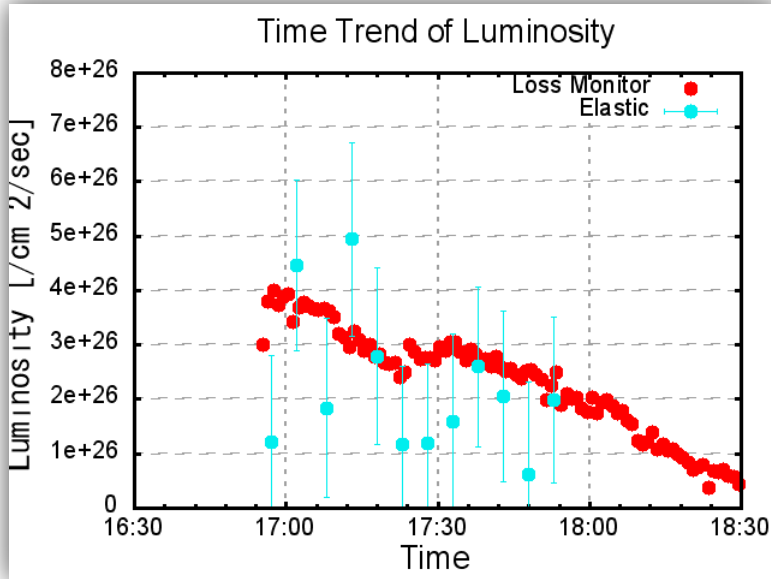
- ☺ α_k (Loss Monitor の検出効率) を電子ビームのLifetimeから計算(Ref.Cs 実験) 。 → 3.3×10^{-4}
- ☺ $\sigma_{\theta_{lim}}$ はMott Scatteringの式から計算。 → ^{16}O : $1.82 \times 10^{-22} \text{cm}^2$
- ☺ 電流値はDCCTの値をそのまま利用。 → 50~250mA
- ☺ SCRIT Device での a (電子ビームサイズ) を竹原モニターから解析。 → 4.2mm^2
- ☺ $K_{XOFF}(t)$ をLoss Monitorから解析。
- ☺ $S_{XOFF}(t)$ をExB Slitから解析。
- ☺ $\eta_o(t)$ をAnalyzer(Ref.Cs実験)から解析。

Electron Beam Loss Monitor

Electron Beam Loss Monitor

* Electron Beam Loss Monitor *

電子ビームのロス进行を数え、弾性散乱イベントのルミノシティの変動とよく一致する。

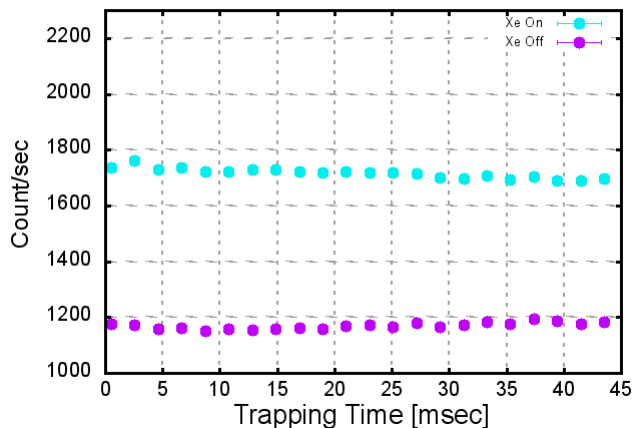


Electron Beam Loss Monitor

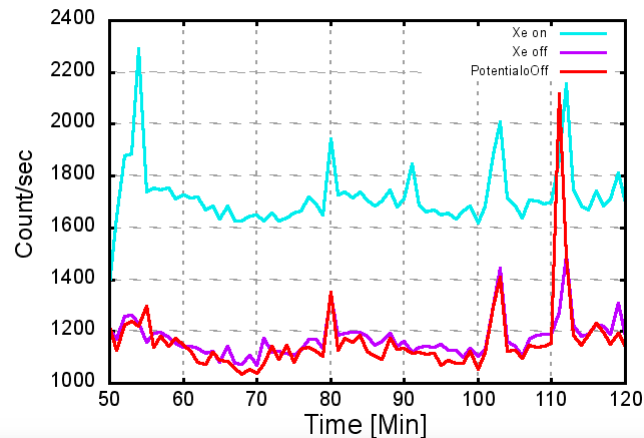
* Xe off におけるBGの見積もり *

捕獲開始の45msecの間はXe on と off 両方ともカウント数に変化がない(左図)。また、捕獲時間45msec の時の Xe off cps は Potential off とほとんど同じ(右図)。

Trapping time Dependence(45msec)



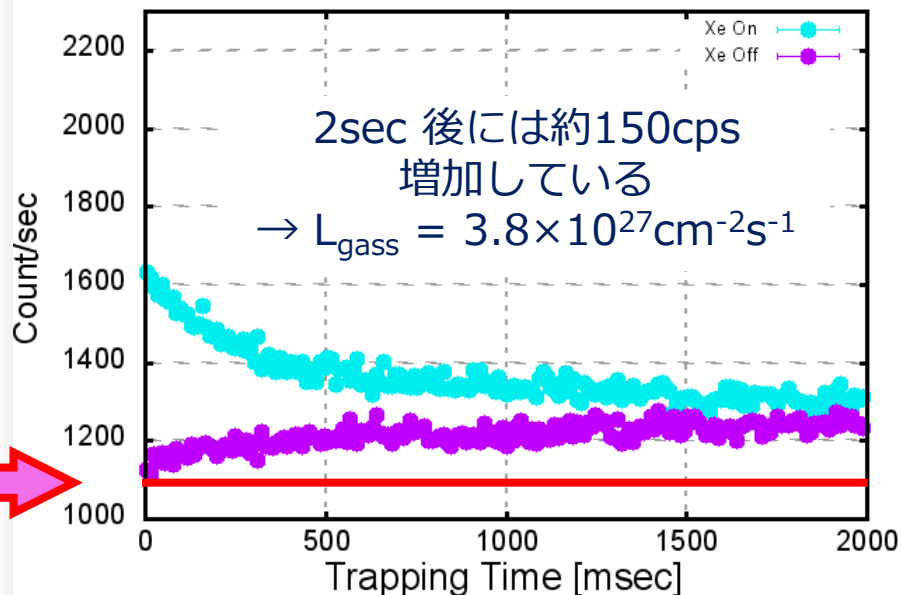
Electron Beam Loss Monitor



バックグラウンドを差し引いた
Xe off のカウント数を解析に利用。

捕獲開始45msecの間の平均カウント数を
バックグラウンドとして解析。

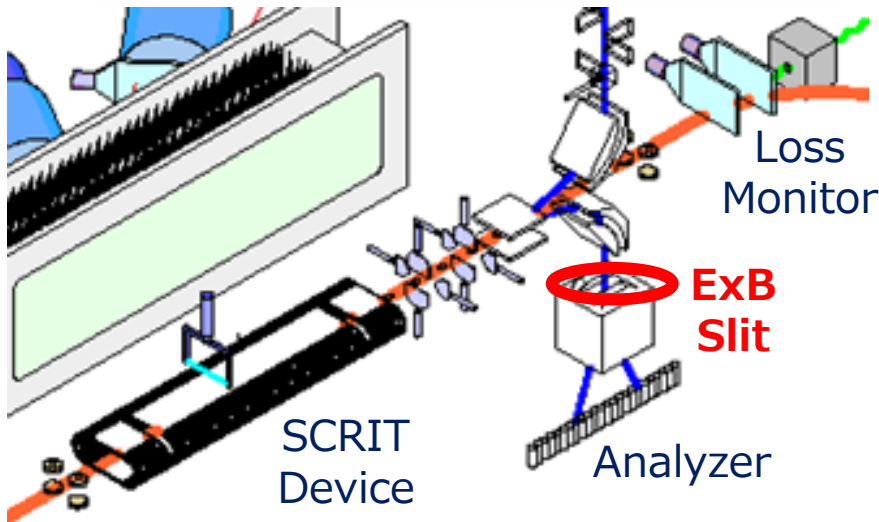
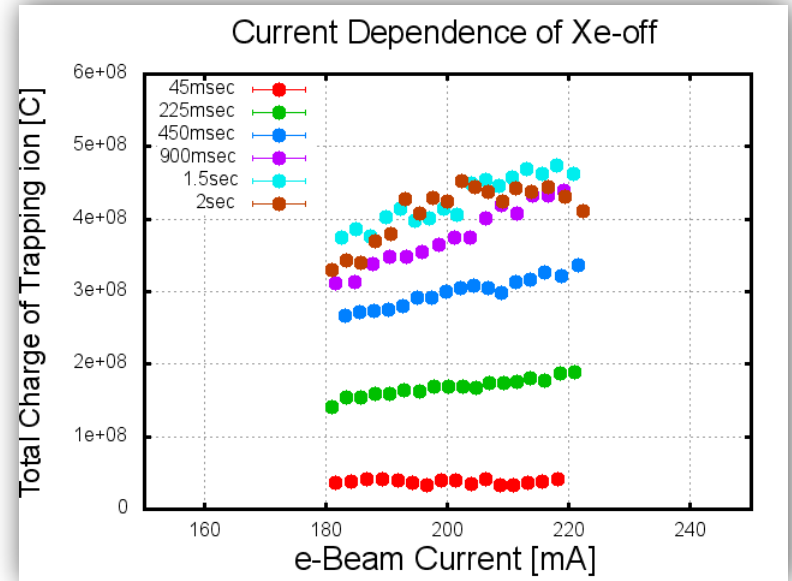
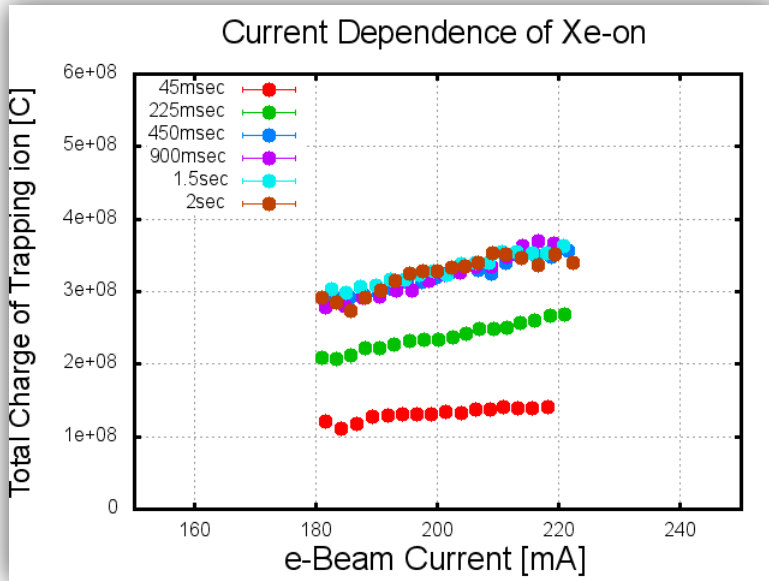
Trapping time Dependence(2sec)



ExB Slit

* ExB Slit *

SCRIT Deviceから出てきた捕獲後のイオンの電荷を測定。



測定量 $N_{\text{ExB}}(t)$ は

$$N_{\text{ExB}}(t) = N_{\text{trap}}(t) \times q_{\text{ave}}(t)$$

N_{trap} : 捕獲イオン数

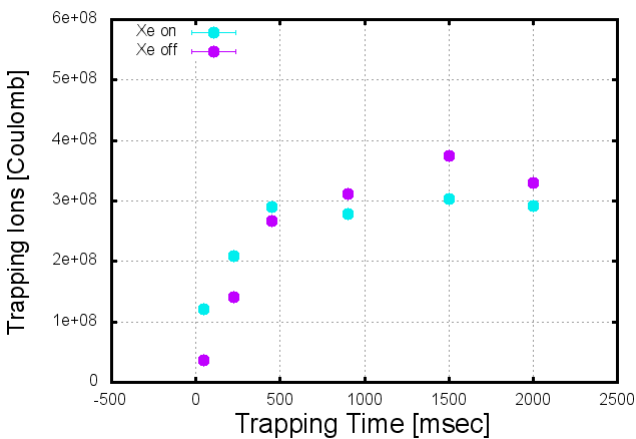
q_{ave} : 平均価数

となり、許容捕獲電荷量が飽和するまでの時間と電荷の量がXe onとoffでまったく異なる

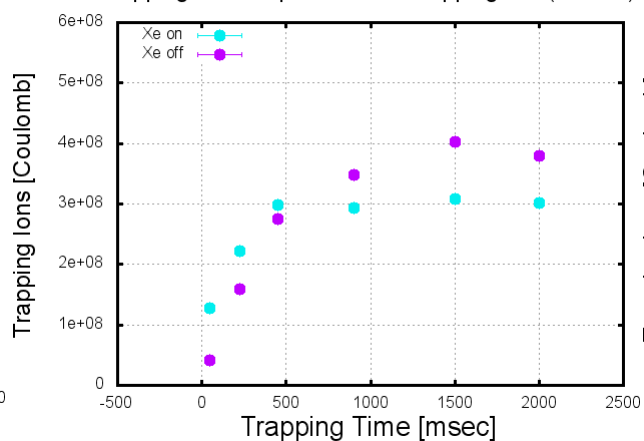
* ExB Slit *

180~220mAで捕獲電荷量の捕獲時間依存性を比較

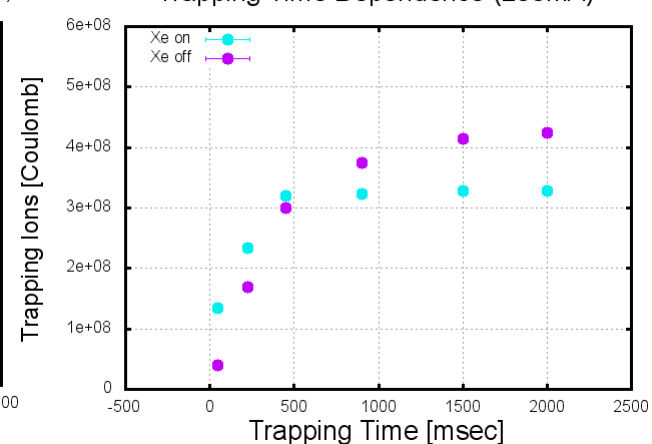
Trapping Time Dependence of Trapping Ions(180mA)



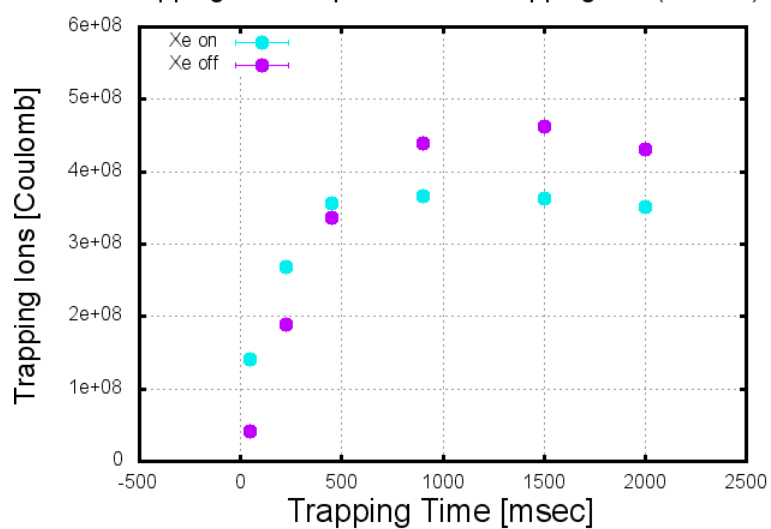
Trapping Time Dependence of Trapping Ions(190mA)



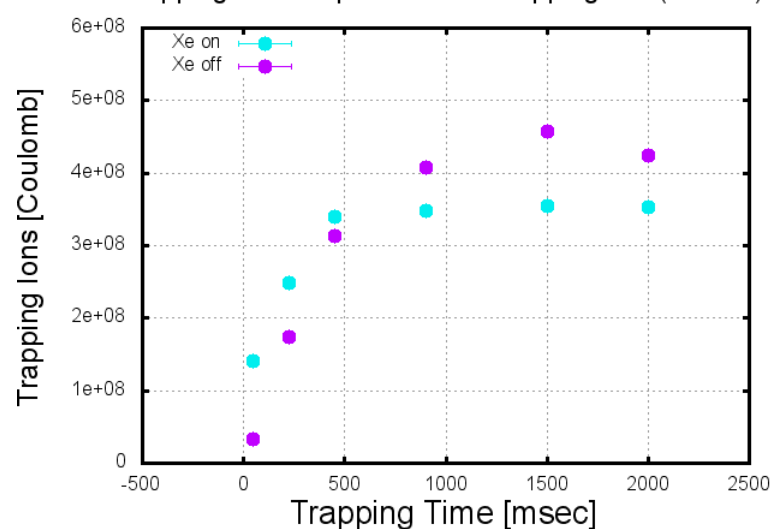
Trapping Time Dependence (200mA)



Trapping Time Dependence of Trapping Ions(220mA)



Trapping Time Dependence of Trapping Ions(210mA)

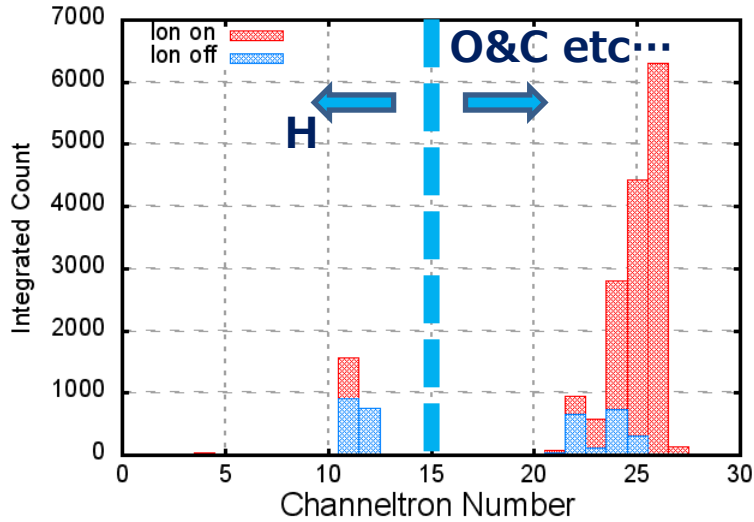


Ion Analyzer (Cs Experiment)

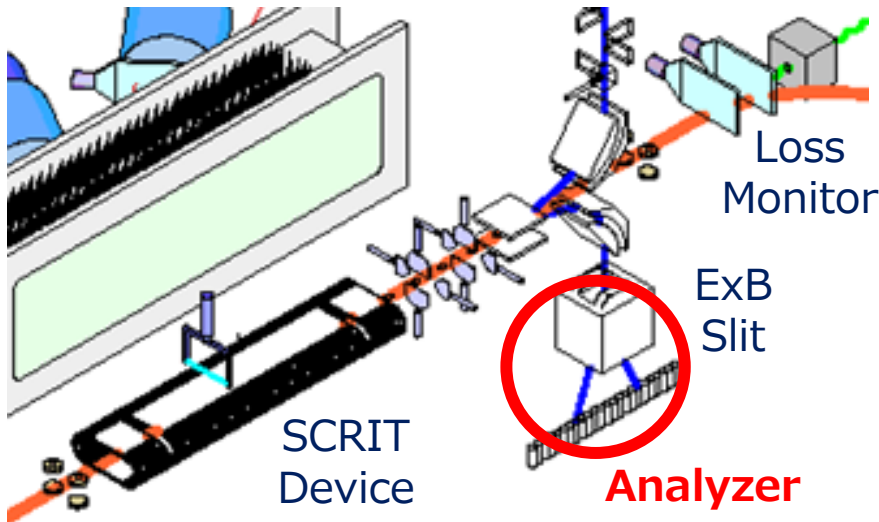
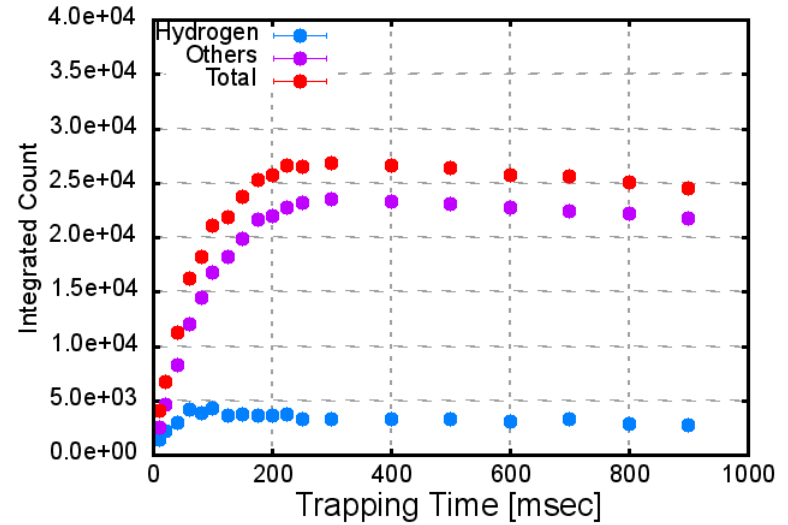
* Analyzer *

SCRIT Deviceから出てきた捕獲後のイオンの数をA/qで分離して測定。
 捕獲残留ガスが水素とそれ以外の存在比が測定可能(Cs実験のデータを解析)

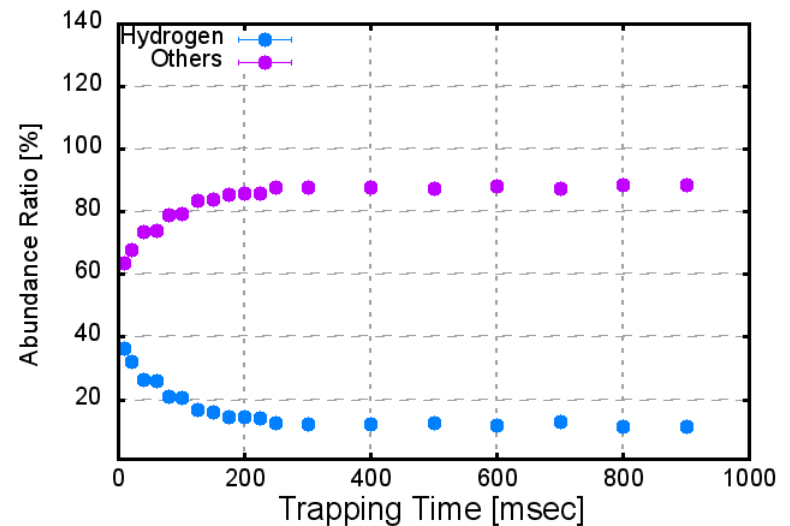
Trapping Ion Analyzer



Trapping Ion Analyzer (Residual Gas)

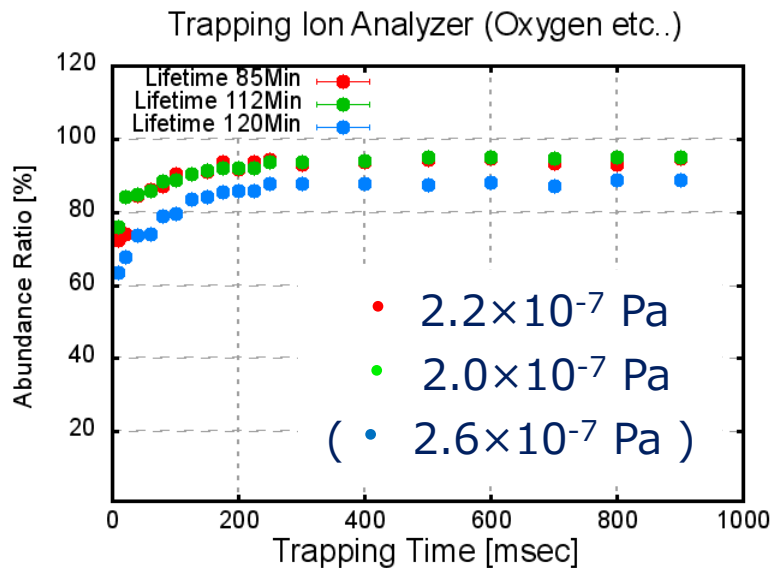
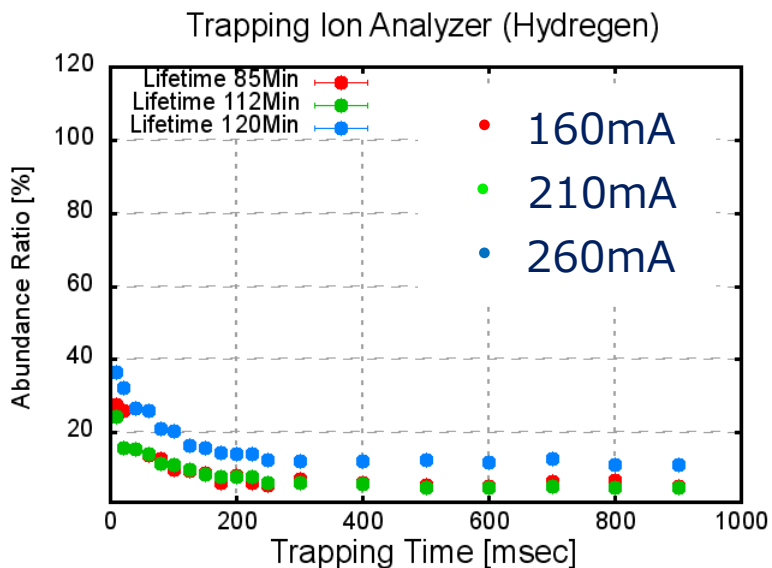
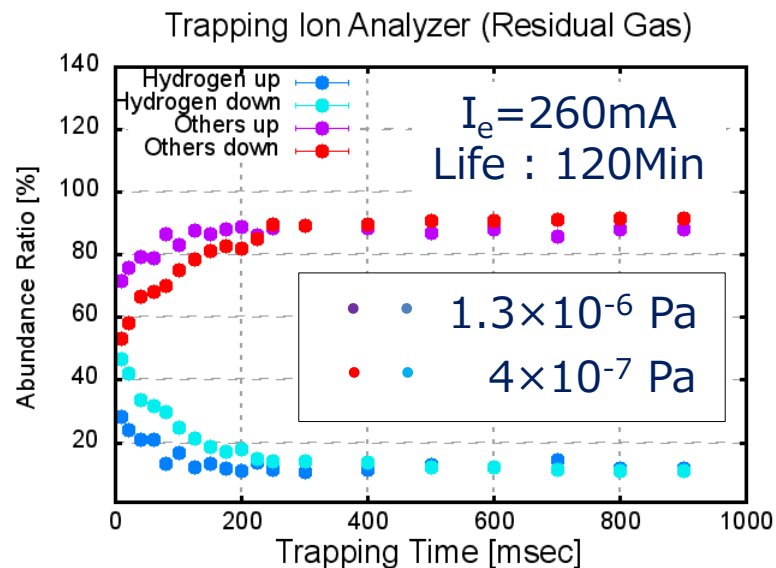
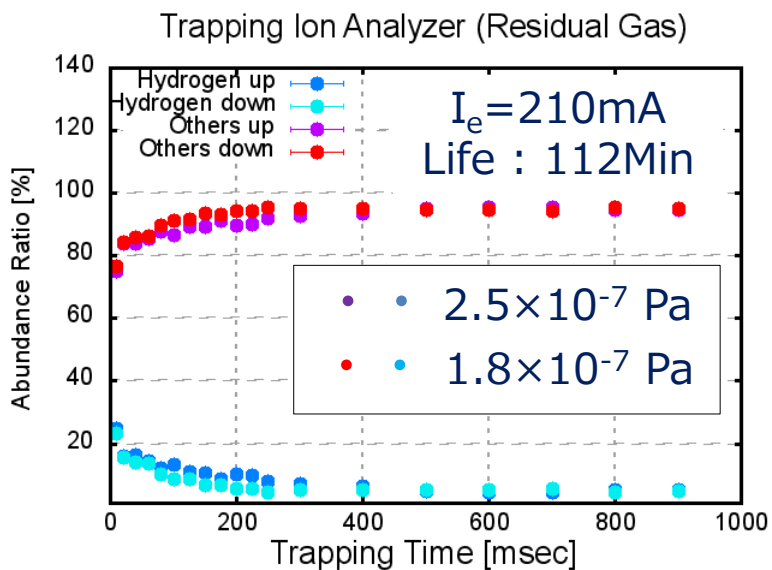


Trapping Ion Analyzer (Residual Gas)



* Analyzer *

電子電流&電子ビームの Lifetime & 真空度による違いを比較
 Q-Massによる存在比は H:C:O ≒ 7:2:1



Result of calculation

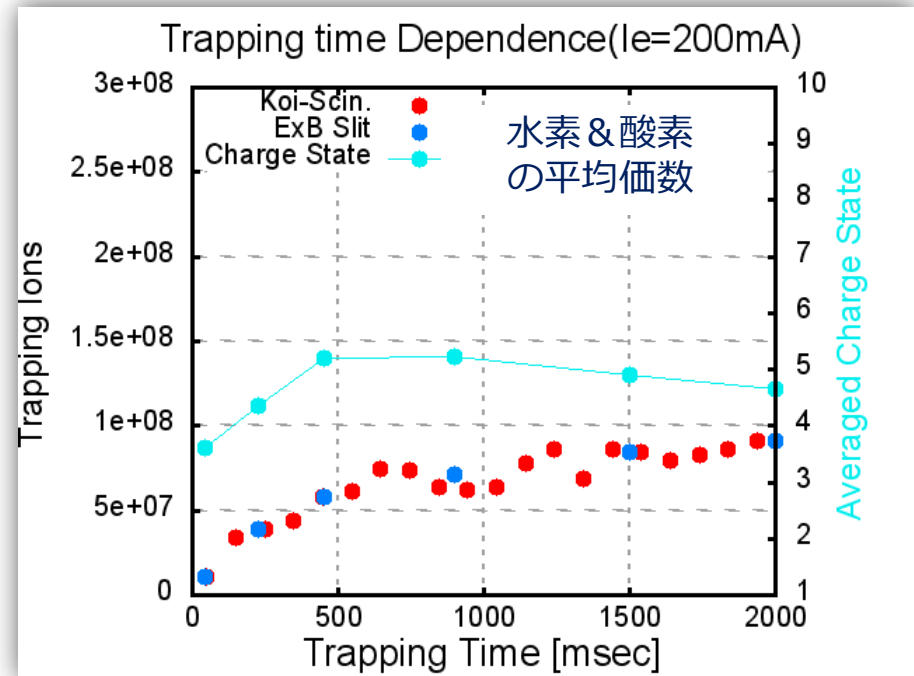
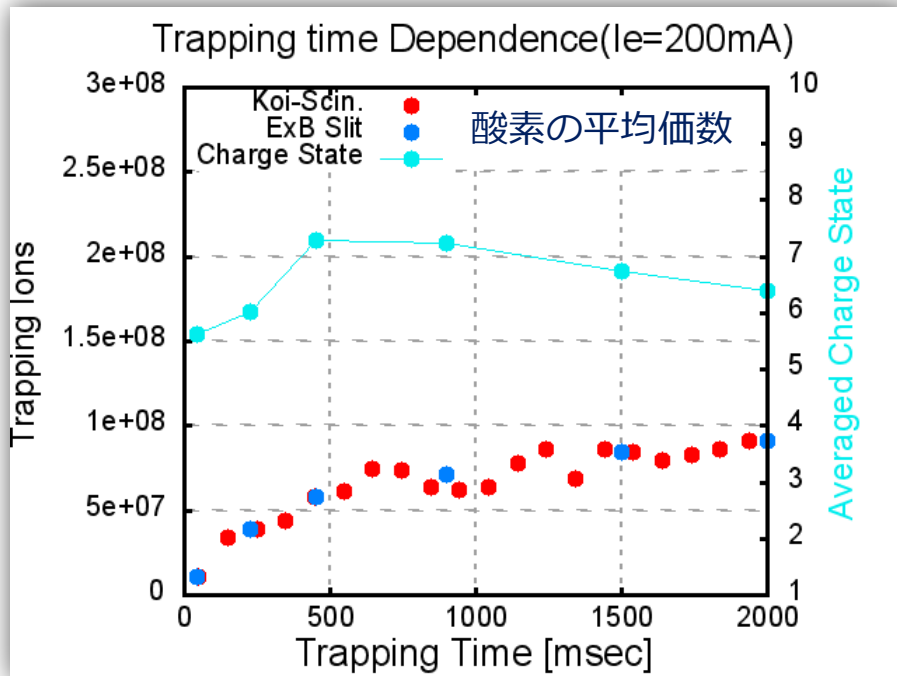
* Calculation *

真空度 = 8×10^{-8} Pa $I_e = 200$ mA Lifetime = 160 Min
 酸素存在比 η_o は前スライド 120Minのものを使用

$$N_G(t) = \frac{aK_{XOFF}(t)}{\alpha_K \eta_o(t) I \sigma_{\theta lim}(O)} = \frac{S_{XOFF}(t)}{1 + \eta_o(t)(q_o(t) - 1)}$$

$$q_o(t) = \frac{\alpha_K I \sigma_{\theta lim}(O) S_{XOFF}(t)}{aK_{XOFF}(t)} - \frac{1}{\eta_o(t)} + 1$$

$$q_{HO}(t) = 1 + \eta_o(q_o(t) - 1) = \frac{S_{XOFF}(t) \alpha_K \eta_o(t) I \sigma_{\theta lim}(O)}{aK_{XOFF}(t)}$$



* Conclusion *

- ERISから生成されたイオンビームを用いた SCRIT実験の成功。
- Cs実験よりも長い捕獲時間での測定の成功。
- Cs実験と比べ残留ガスの挙動をより詳細に理解している。
- 現在のデータ取得方法で取ったデータは非常に一貫性がある。
- 今後の解析により SCRIT Device の捕獲モデルが構築できるかもしれない。
→ Xe on の時の真の捕獲イオン数の理解。

★ 不安定核実験に向けて非常に有用な参考データの取得に成功した

SCRIT Mini-Workshop

The results of trapping studies
using ^{132}Xe Isotope

2012/09/06

Ryo Ogawara

以上で終了です。
ご清聴有難う御座いました。