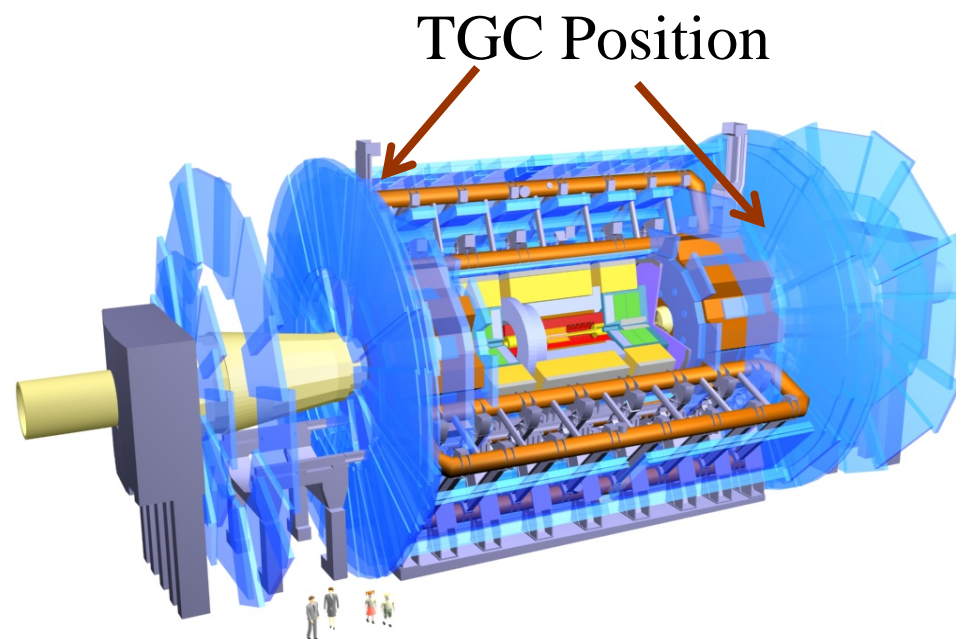


14MeV 単色中性子を用いたATLAS TGCの加速劣化試験

信州大理、神戸大自然^A、高工研^B、北大工^C、原研^D

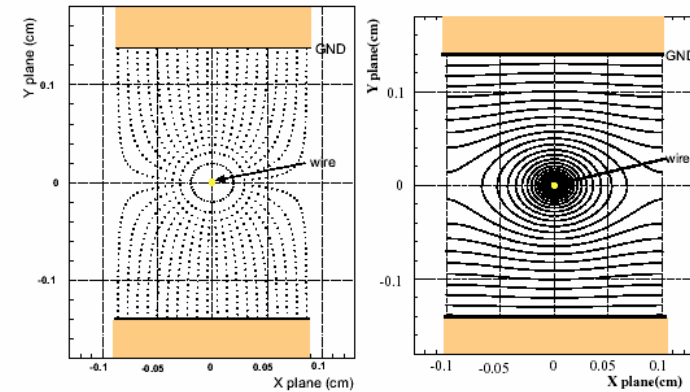
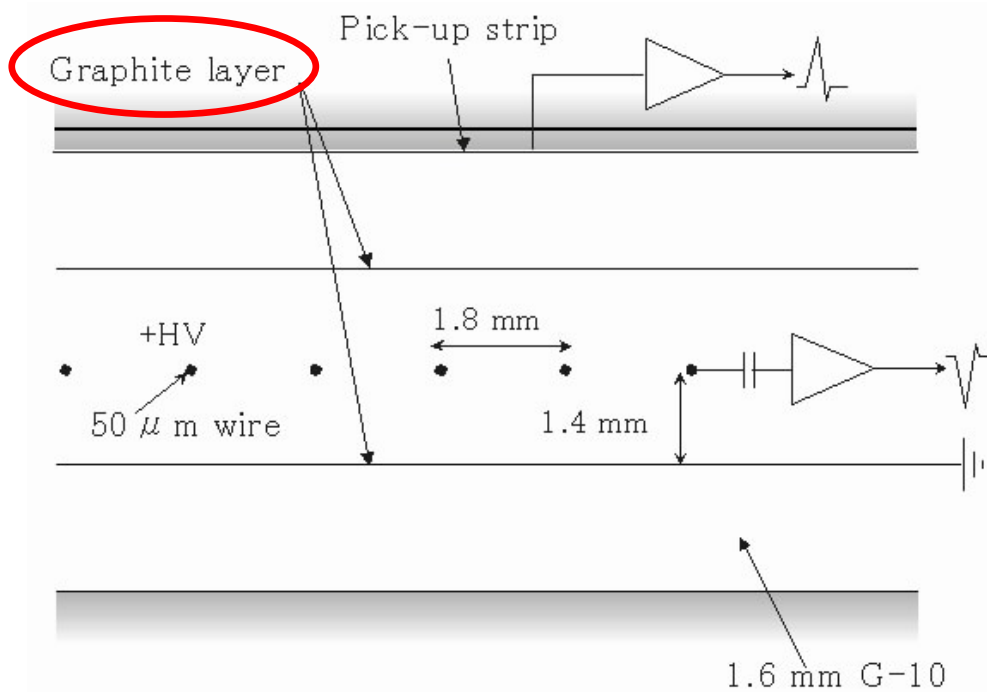
大下英敏、竹下徹、越智敦彦^A、喜家村裕宣^A
岩崎博行^B、田中秀治^B、金子純一^C、落合謙太郎^D、
中尾誠^D、他ATLAS-TGCグループ

1. Thin Gap Chamber (TGC)
2. ATLAS環境
3. 実験の目的
4. 加速劣化試験セットアップ
5. 加速劣化試験結果
6. まとめ



Thin Gap Chamber (TGC)

Similar to MWPC
(Multi Wire Proportional Chamber)



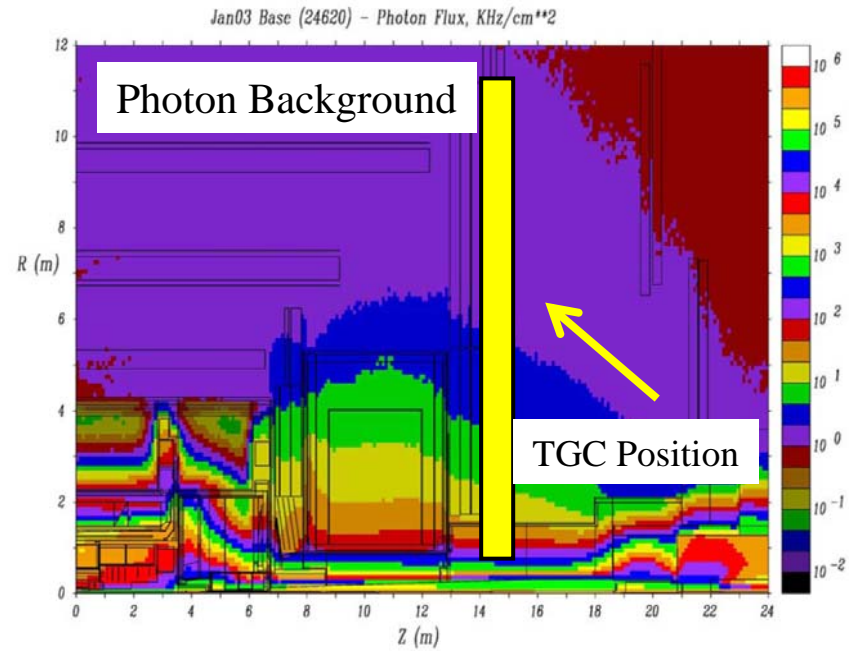
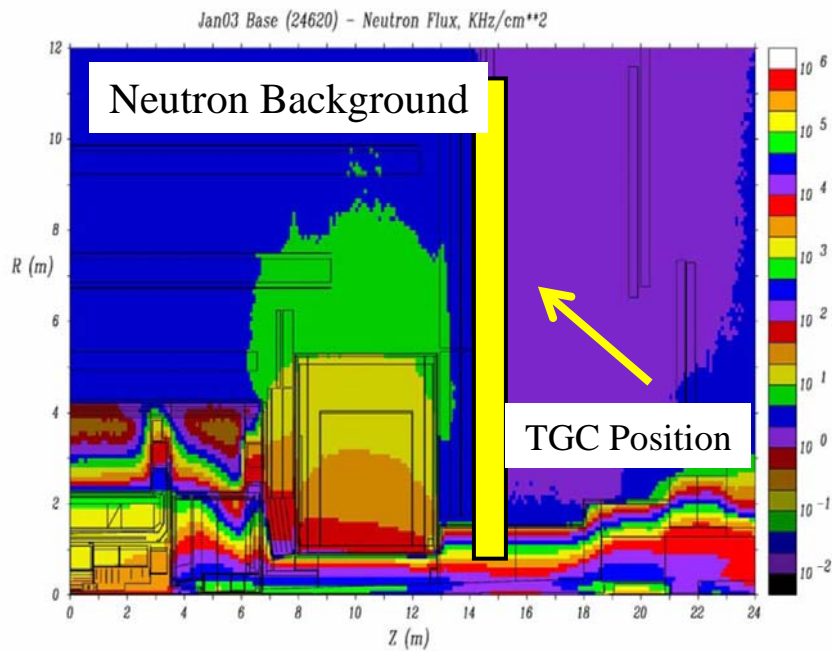
Parameters

Anode Wire Potential	2.9– 3.0kV
Gas	CO ₂ / n-C ₅ H ₁₂ (55% : 45%)

Requirements

High Efficiency	> 98%
Fast Signal Response	< 25ns
Rate Capability	~kHz/cm ²

ATLAS High Background 環境



Background Estimation with GCALOR

	Fluences (kHz/cm ²)			Fluences (Hz/cm ²)				
	Neutrons		Photons	Protons	π [±]	μ [±]	e [±]	
	Total	>100keV	>10MeV	>10 MeV	>10 MeV	>10 MeV	>10 keV	
LW MDT OUT	3.44	0.50	0.20	1.7	4.9	0.10	0.9	13.
LW MDT MID	4.04	0.81	0.35	4.4	10.0	0.03	3.0	18.
LW MDT IN	3.06	0.92	0.44	11.3	11.4	0.08	8.7	24.

Neutron Background Flux
3 – 4kHz/cm²
Photon Background Flux
2 – 11kHz/cm²

Ref. Atlas Radiation Background Task Force Summary Document, ATL-GEN-2005-001

TGCはATLAS環境で長期間安定に動作しなければならない

実験目的

- LHC、HERA-B・・・で使用される検出器には、これまでと比較にならない程の放射線耐性が求められる
- TGCは $\sim 1\text{C}/\text{cm}\cdot\text{wire}$ の β 線照射に対して、長期安定性を確認している
Ref. H.Fukui, et al., Nucl. Instr. and Meth. A419 (1998) 497

ATLAS 10年分以上の収集電荷量に相当

- γ 線を使用して劣化現象が見られなかった検出器がハドロンに対して急速に劣化した
--> HERA-B honeycomb drift tube の例
revealed that X-rays or electrons were not able to trigger Malter currents, while in the large-area modules, irradiated with hadrons above a certain energy, Malter effect appeared very rapidly. The
Ref. M.Hohlman, et al., Nucl. Instr. and Meth. A494 (2002) 179

↓ TGCについても同様のことを懸念して・・・

ハドロンを用いた加速劣化試験をおこなって、長期安定性を確認しなければならない

ATLAS 1-10年分に相当する $10^{11}-10^{12}(\text{n}/\text{cm}^2)$ の中性子を照射して長期安定性を確認する

実験セットアップ

□ 実験期間

2005/01/11－2005/01/14

□ 原研 FNS(大強度中性子照射施設)

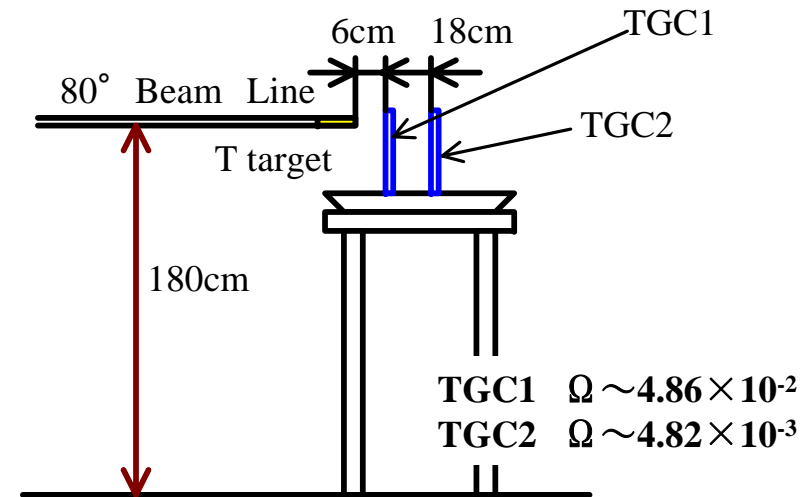
- ・ D-T反応による14MeV単色中性子

□ TGC

- ・ ATLAS TGCと同構造を持つ小型試作機
- ・ 有感領域 $2.5 \times 8\text{cm}$
- ・ 中性子照射量を1桁変化させるため、2台のTGCを6cm、18cmの距離に設置
- ・ TGC1 $\sim 4 \times 10^7(\text{n/s}\cdot\text{cm}^2)$
ATLAS 10年以上の積算中性子照射量を稼ぐ
- ・ TGC2 $\sim 4 \times 10^6(\text{n/s}\cdot\text{cm}^2)$
ATLAS 年オーダーの積算中性子照射量を稼ぐ

□ TGC動作条件

- ・ ATLAS TGCの動作条件に準拠

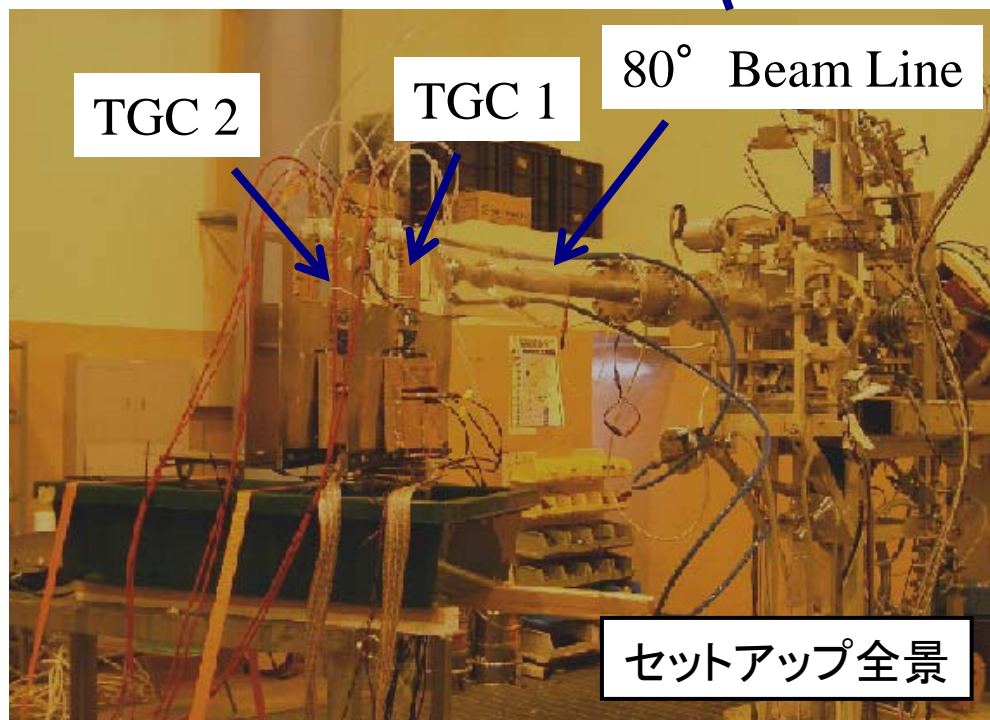
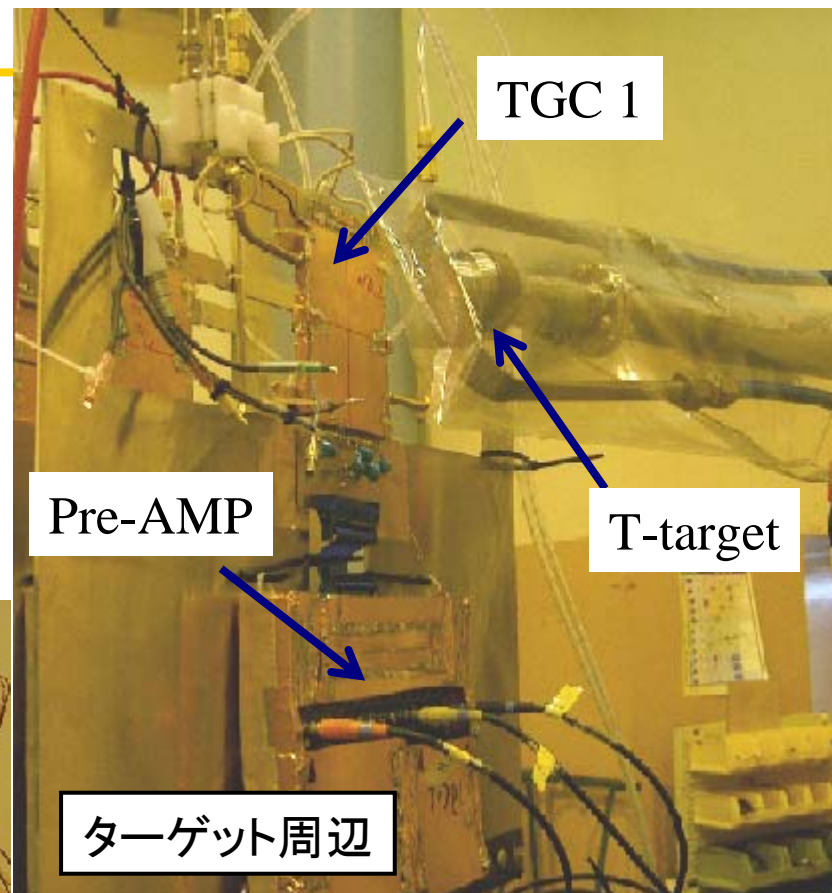
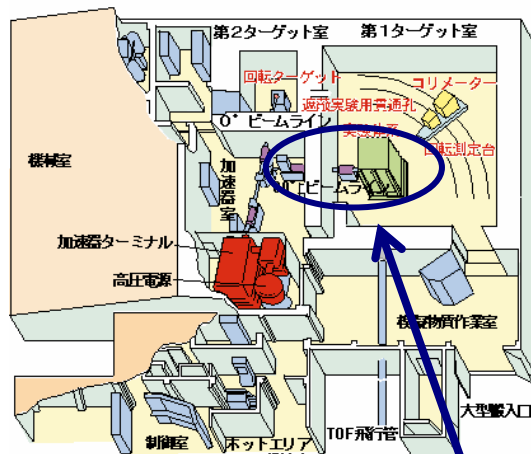


□ 測定項目

- ・ **出力電荷量**
セルフトリガーモードで測定
- ・ **カレント、印加電圧**
HVモジュールのモニターを測定
- ・ **チェンバーガス**
ガスクロで測定
- ・ **大気圧、実験室気温**
気圧センサ、温度センサで測定

実験風景

FNS全景

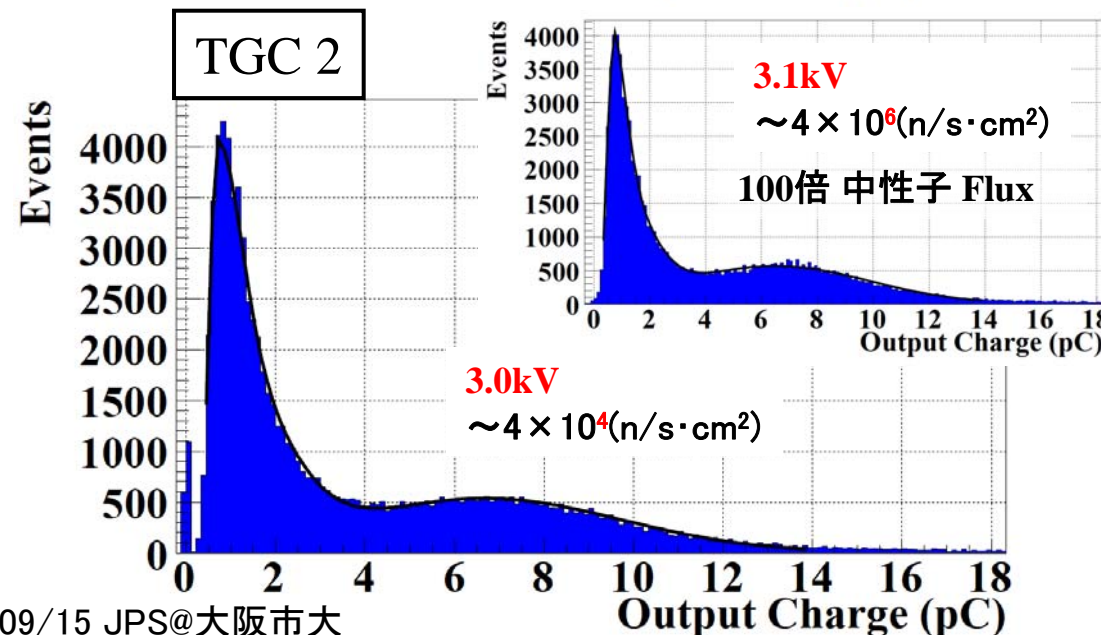
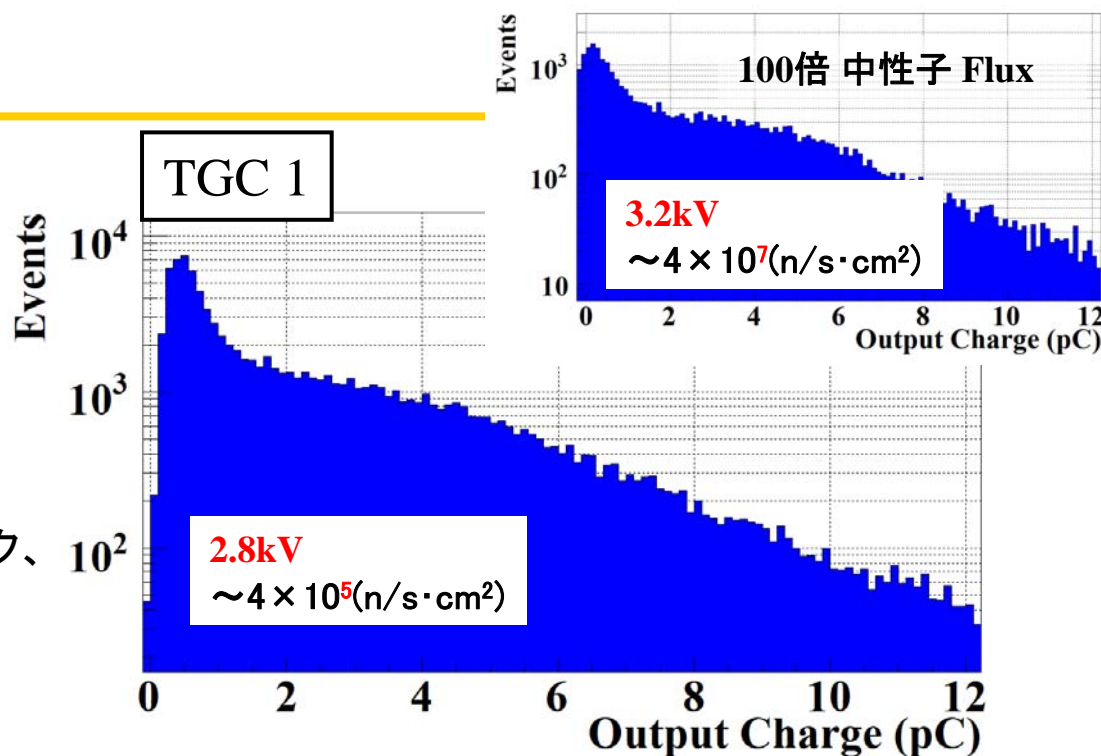
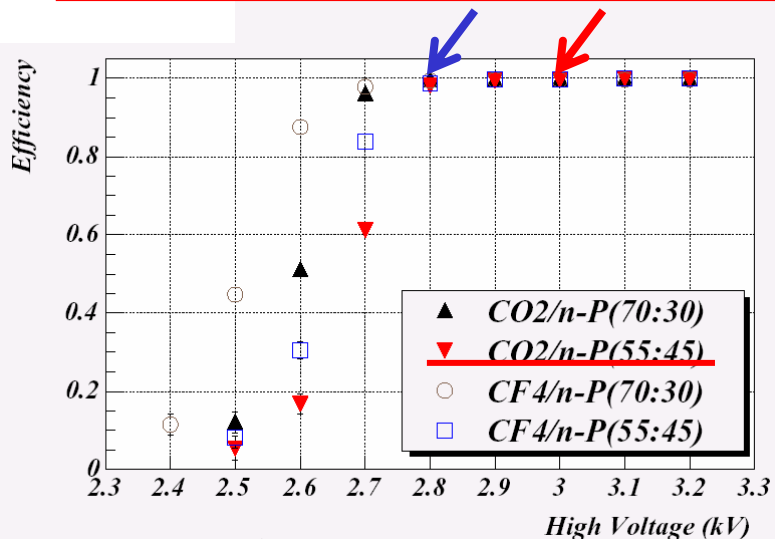


Ref. <http://fnshp.tokaijaeri.go.jp>

動作条件の決定

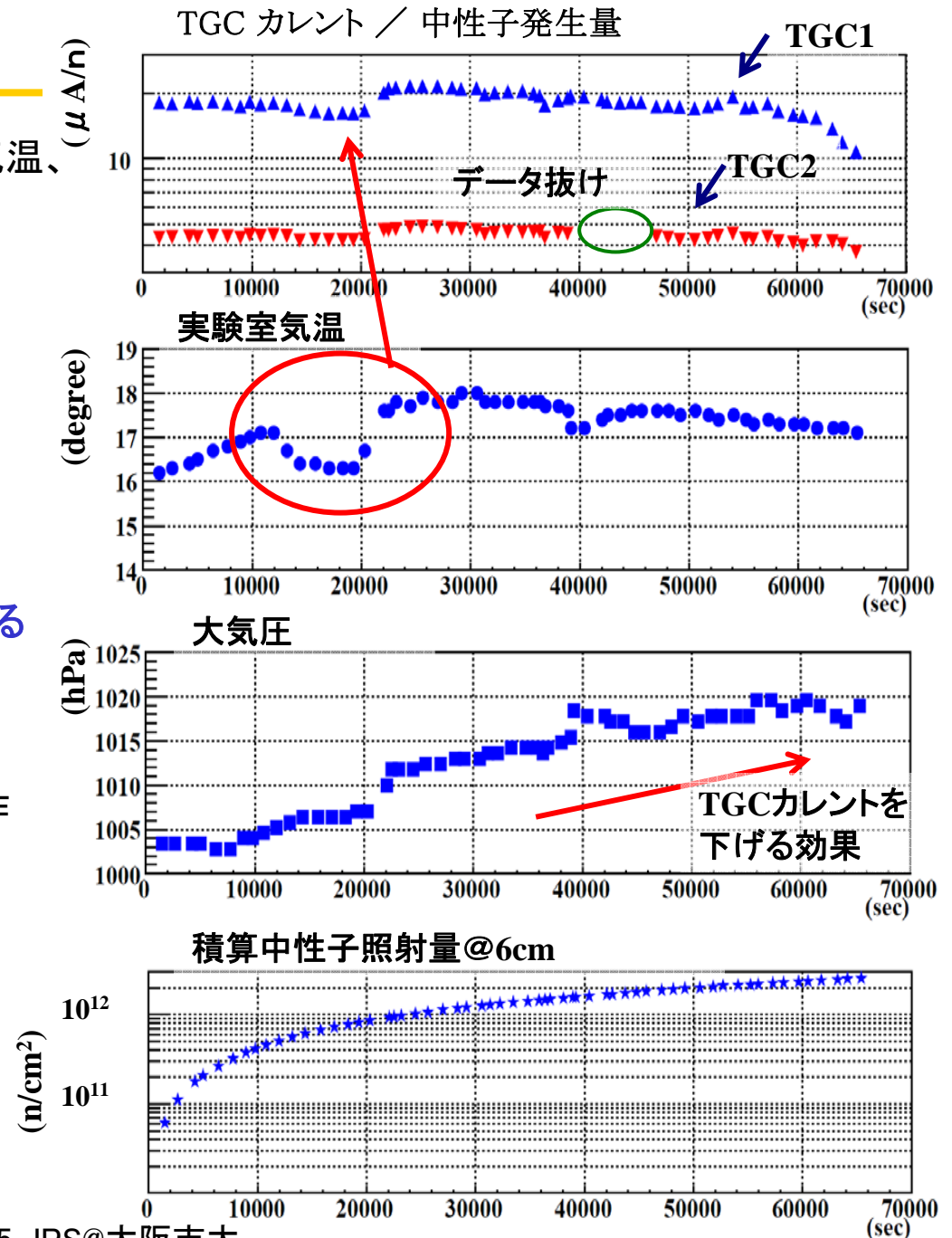
- TGCを流れるカレントによる電圧降下と入射粒子による空間電荷効果の影響を考慮
- 出力電荷量分布から実効的な印加電圧を求める
- 出力電荷量分布中、低いものがγピーク、高いものが中性子ピーク

TGC1 --> 実効 2.8kV
 --> 2.8kVはHVカーブの肩部分に相当
 TGC2 --> 実効 3.0kV



実験結果

- 加速劣化試験中のTGCカレント、実験室気温、大気圧の時系列プロット
- TGCカレントは中性子発生量で規格化
TGC2にデータ抜けが見られる(この間も動作)
- 実験室気温、大気圧の構造的特徴が
TGCカレントに見られる
--> TGCカレントの変動は定性的に
環境パラメータの変動として説明できる
- HV、チェンバーガスは試験を通して安定
- TGC1、TGC2ともに試験を通じて安定動作
- 積算中性子照射量は
TGC1(実効2.8kV) $\sim 2.5 \times 10^{12}(\text{n}/\text{cm}^2)$
--> ATLAS 62年分の中性子量
TGC2(実効3.0kV) $\sim 2.5 \times 10^{11}(\text{n}/\text{cm}^2)$
--> ATLAS 6年分の中性子量



加速劣化試験 Before and After

- 加速劣化試験前後、 ^{90}Sr を使用して出力電荷量を測定
- 相似の原理 (similarity principle) に従い、これらの試験測定時の大気圧、実験室気温の差を印加電圧の変動分として焼直す
- TGC1、TGC2ともに20 – 25%程度の出力電荷量の減少が見られた(劣化現象)
印加電圧 $\sim 50\text{V}$ の変化量に相当
- TGC1とTGC2の出力電荷量の違いは検出器自体の個性

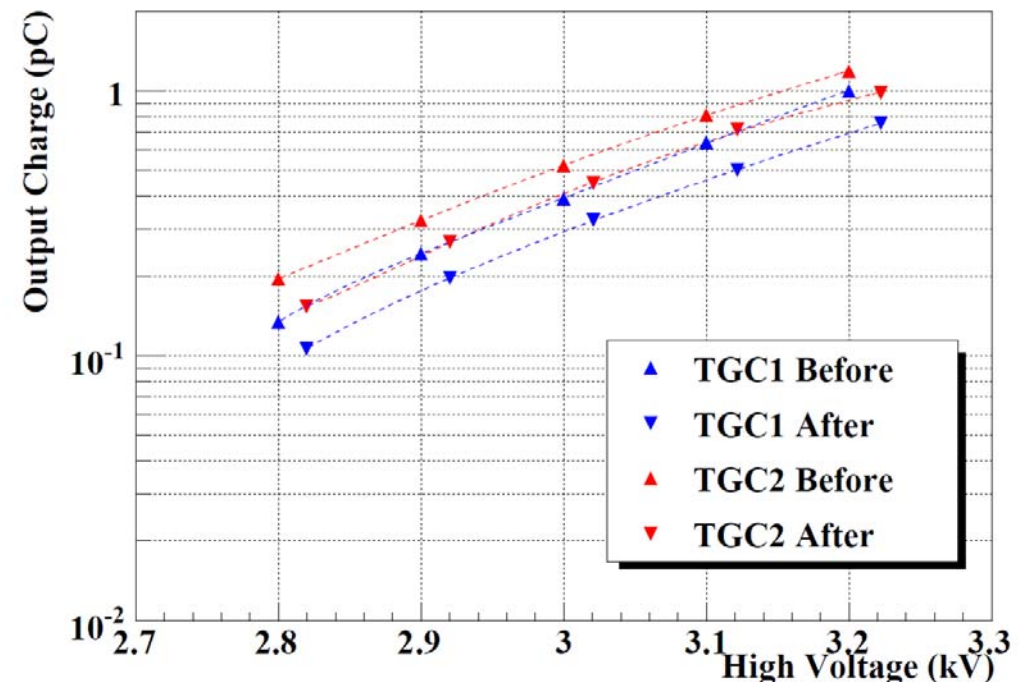
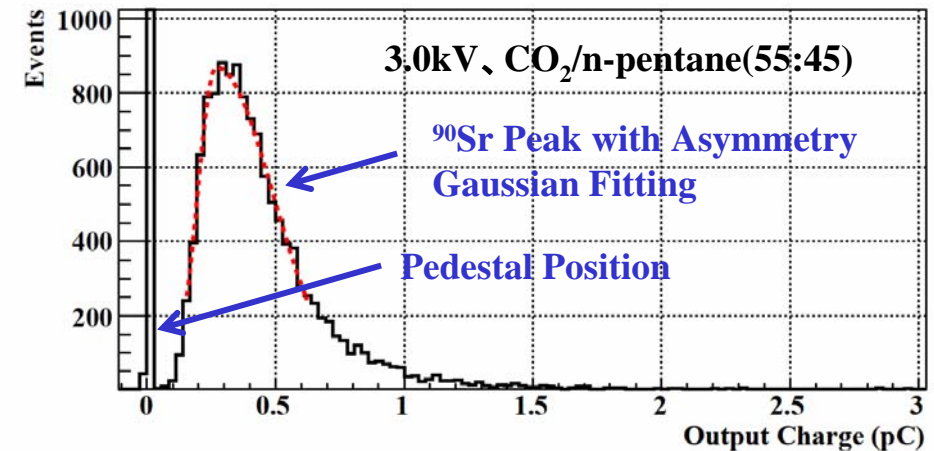
加速劣化による出力電荷量の変動は20 – 25%であり、印加電圧にして $\sim 50\text{V}$ の変化量に相当

印加電圧 $\sim 50\text{V}$ の変化量は以下のものに相当する

$\sim 17\text{hPa}$ の大気圧変動

$\sim 5^\circ\text{C}$ の温度変化

個性による変動はさらに大きい



Summary

- 2005/01に原研FNSで14MeV単色中性子を用いた加速劣化試験をおこなった
- 加速劣化試験では、ATLAS 6-60年分に相当する 10^{11} - 10^{12} (n/cm²)の中性子を照射した
--> ATLAS TGCの動作条件である実効3.0kVでは $\sim 10^{11}$ (n/cm²)照射した
- β 線源を用いた基本特性試験の結果、加速劣化による出力電荷量の減少は20-25%に収まった



ATLAS実験において、TGCは年オーダーでの長期的な安定動作が期待できる