

土壤の放射能測定方法

Y.Kato 06/07/2011

測定器NaI(Tl)を使用した汚染土壤のスペクトル測定方法

測定器 高電圧発生器 DAQ

土壤採取方法

遮蔽の方法と効果

測定器と試料の配置

放射能値の算出方法

測定器 分解能とリニアリティ

その他

汚染前の土壤

水と土による放射線の減衰

Preliminary

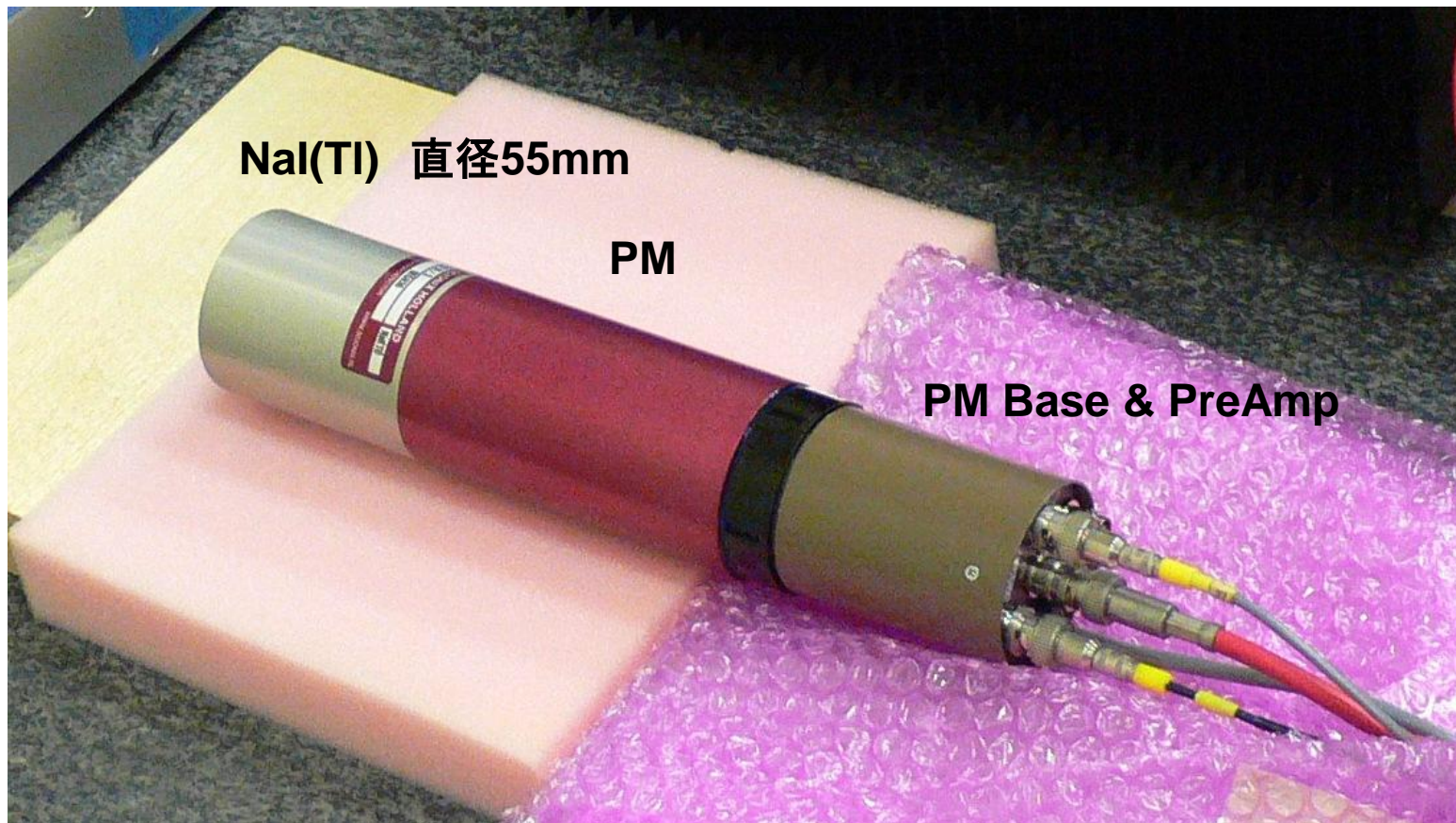
測定器

NaI(Tl) + PM

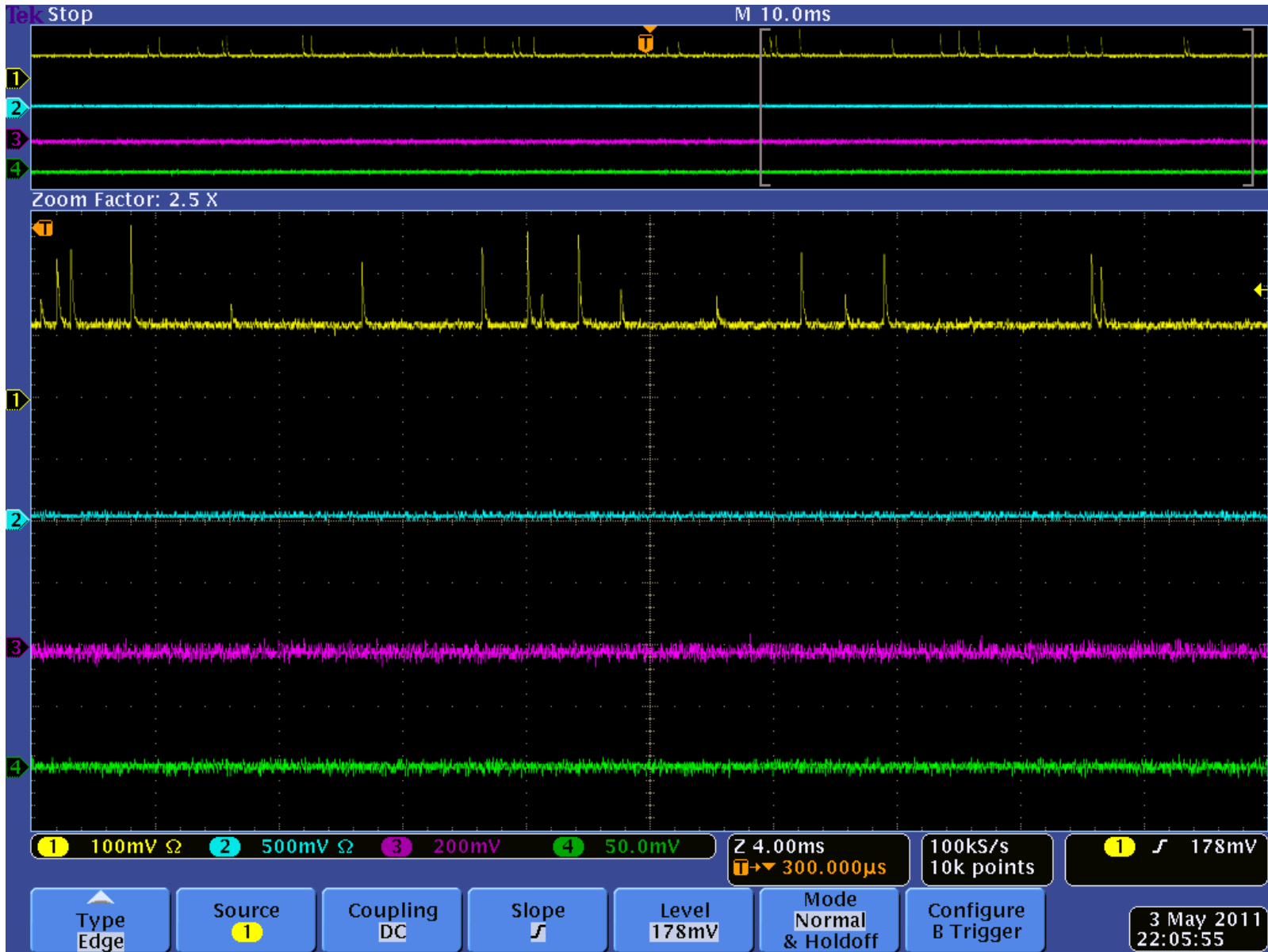
PMには+490Vの電圧(推奨値)を印加

PM : 光電子増倍管

PM Base : 高電圧分配器



検出器からの信号 PMプリアンプの出力



高電圧発生器 & DAQ

Amp & ディスクリ



PM用 高電圧発生器

NaI(Tl)+PMの信号はFADCで波高分析

土壤採取方法

一般的には土壤1kgで放射能の測定値が発表されています。
その土壤は、深さ15cmまで採取することになっています。
(土の比重は1.3とすると、 $7\text{cm} \times 7\text{cm} \times 15\text{cm} \times 1.3 = 956\text{g}$ となります。)
これを1Kg換算で採取するには、地表面で(約 $7\text{cm} \times 7\text{cm}$)になります。

今回の土壤採取では、放射能は地表に存在すると想定し、
地表から深さ1cmまで、約60gを目安に採取しました。
表面で約 $7\text{cm} \times 7\text{cm}$ 深さ1cmで、 $7\text{cm} \times 7\text{cm} \times 1\text{cm} \times 1.3 = 64\text{g}$ となります。
(1kgの土壤と同程度の放射能が含まれていることとなります。)

採取した土壤は専用の容器に入れて測定します。

(注意)

土壤の採取においては、正確な器具を使用して採取していないので、
含まれる放射能にはバラツキがあります



専用容器

この容器には、最大約100gの土をいれることができます。

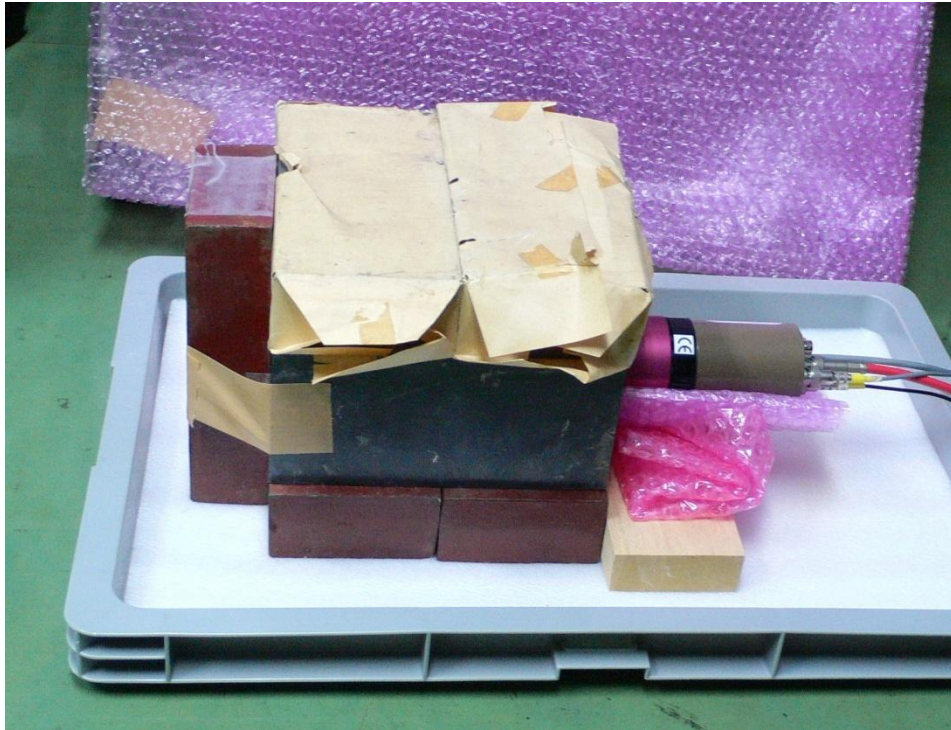
遮蔽の方法と効果

測定器だけで、放射能レベルを測定すると、バックグラウンドを含んだものを計測します。できるだけサンプル単体の放射能を計測するために、鉛と鉄のブロックで遮蔽しました。

遮蔽の効果で、約1/6減らすことが可能です。

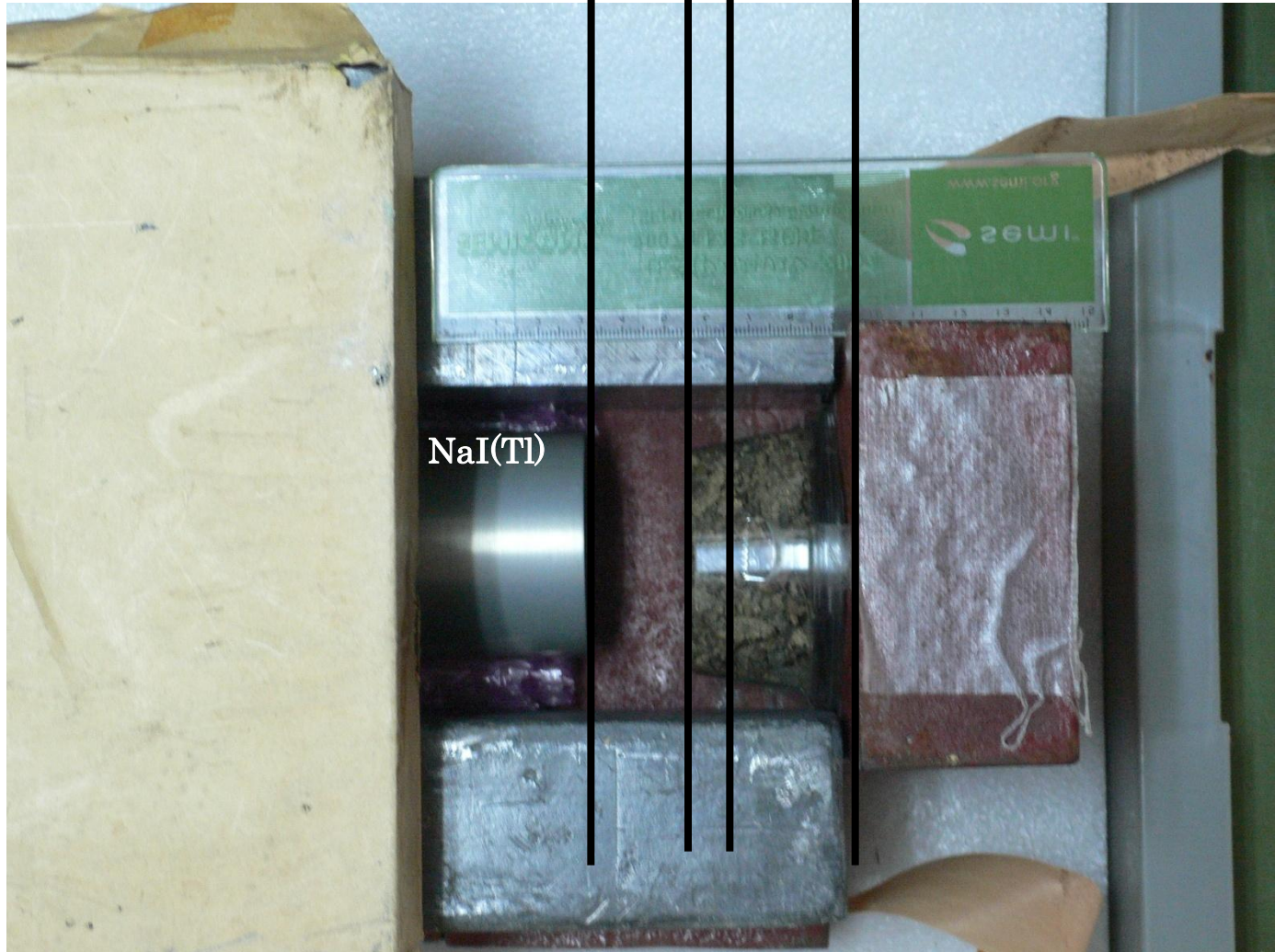
測定器と遮蔽体の配置図

遮蔽には鉄と鉛のブロックを使用しました
厚さは5cm



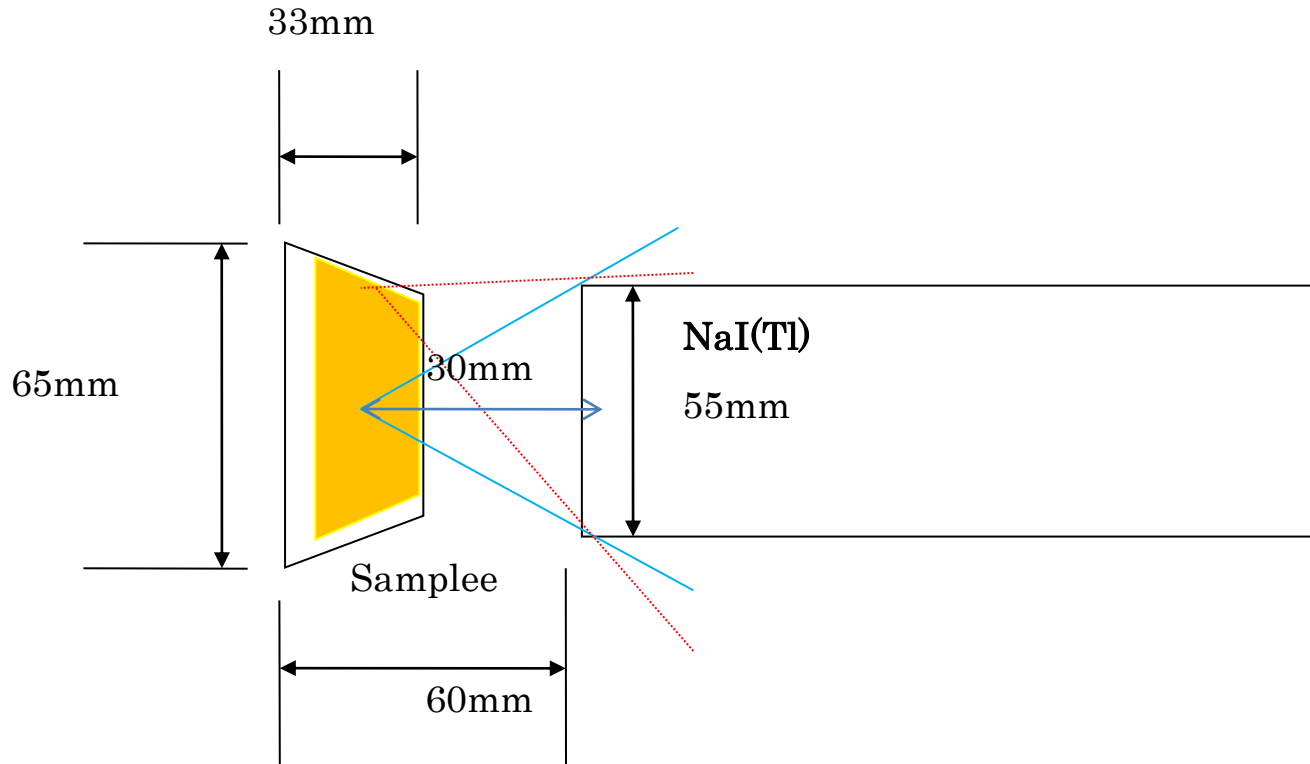
測定器と試料の配置

試料は遮蔽体内部に置かれ、
量と厚さを考慮し、
測定器から3cmにあるように配置します



測定器と試料の配置図

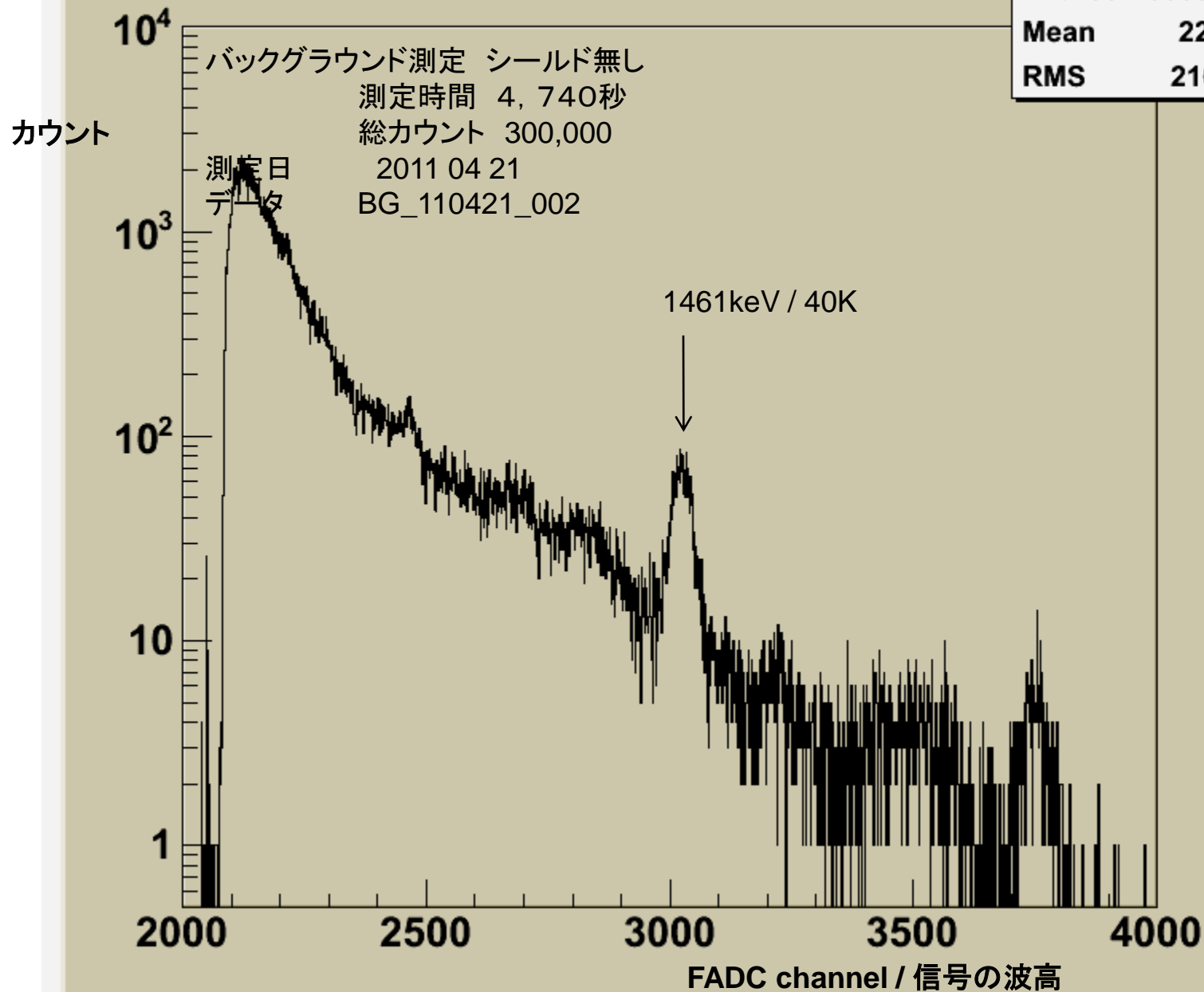
試料はその中心が測定器から3cmにあるように配置します



BG_110421_002

h1

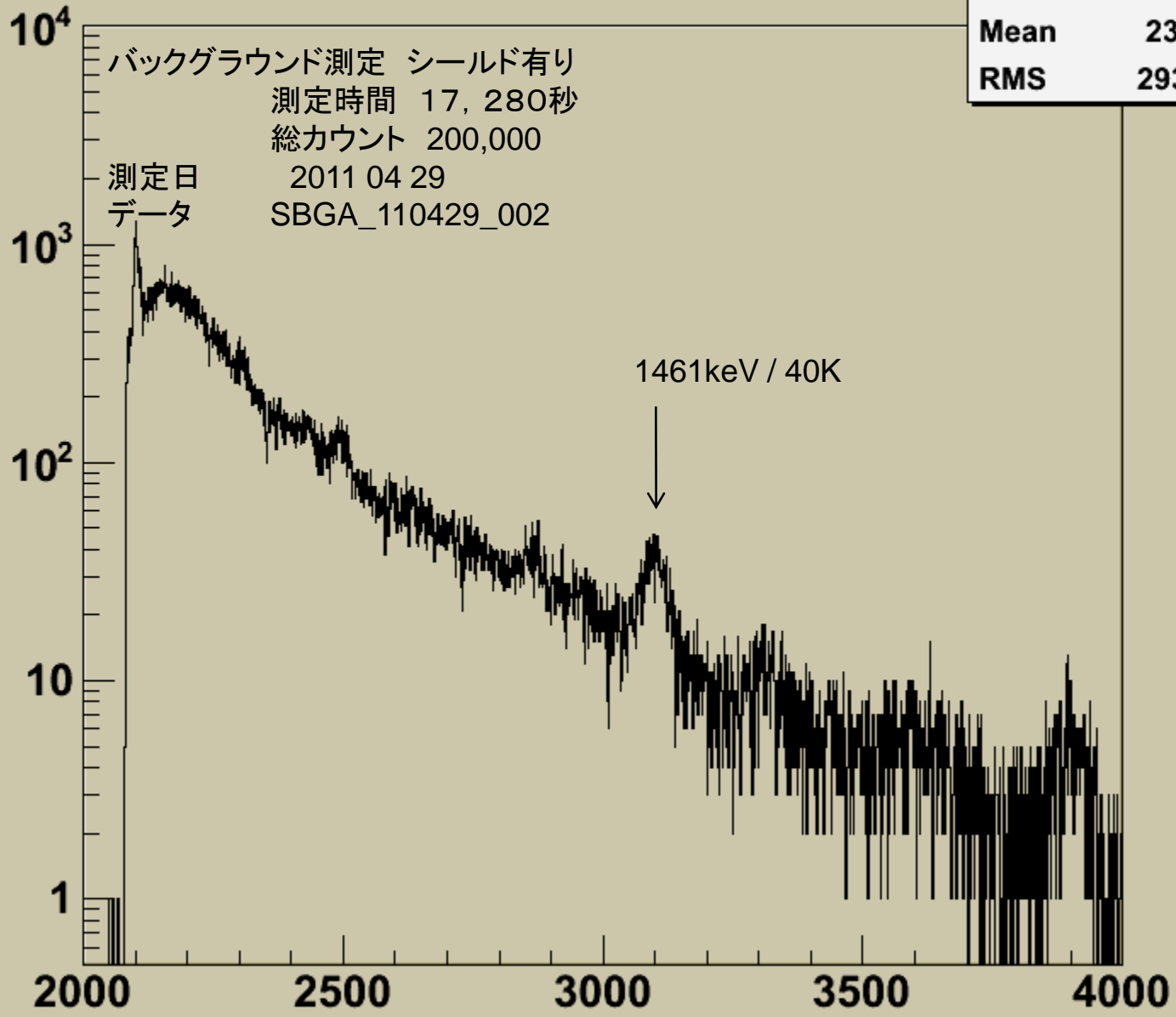
Entries	300000
Mean	2250
RMS	216.3



Shield

h1

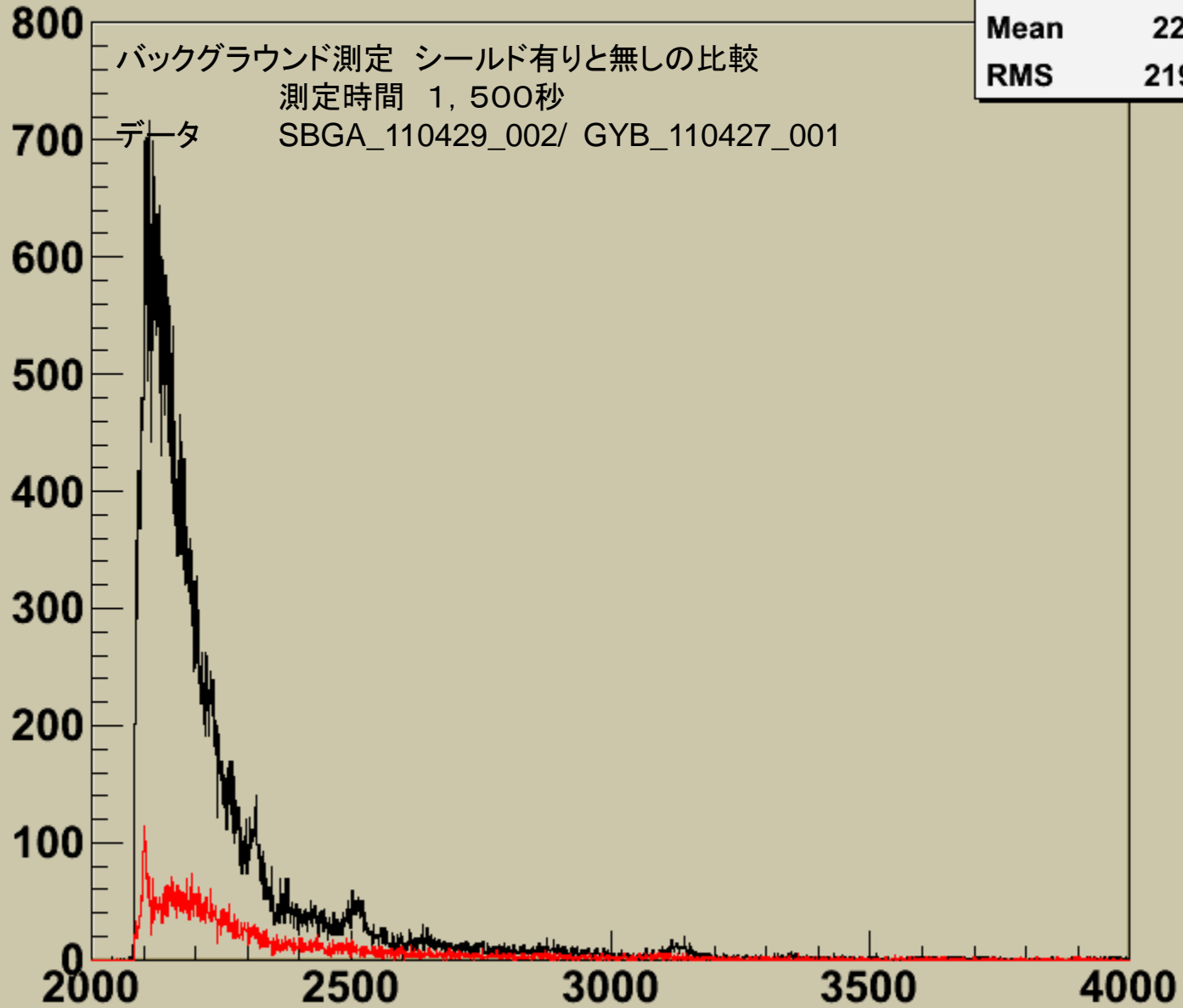
Entries	200000
Mean	2339
RMS	293.6



Shield-Effect

h1

Entries	100000
Mean	2246
RMS	219.7



放射能レベル(ベクレル)の算出方法

放射能レベル(ベクレル)の算出では、
放射能の強度が分かっている ^{137}Cs のチェックソースを使用し校正しました。

チェックソース ^{137}Cs

CS-137 0.110 μCi 昭和55年3月1日

(古いものなので、 Ci 単位になっている)

2011年5月現在 2000ベクレルに相当

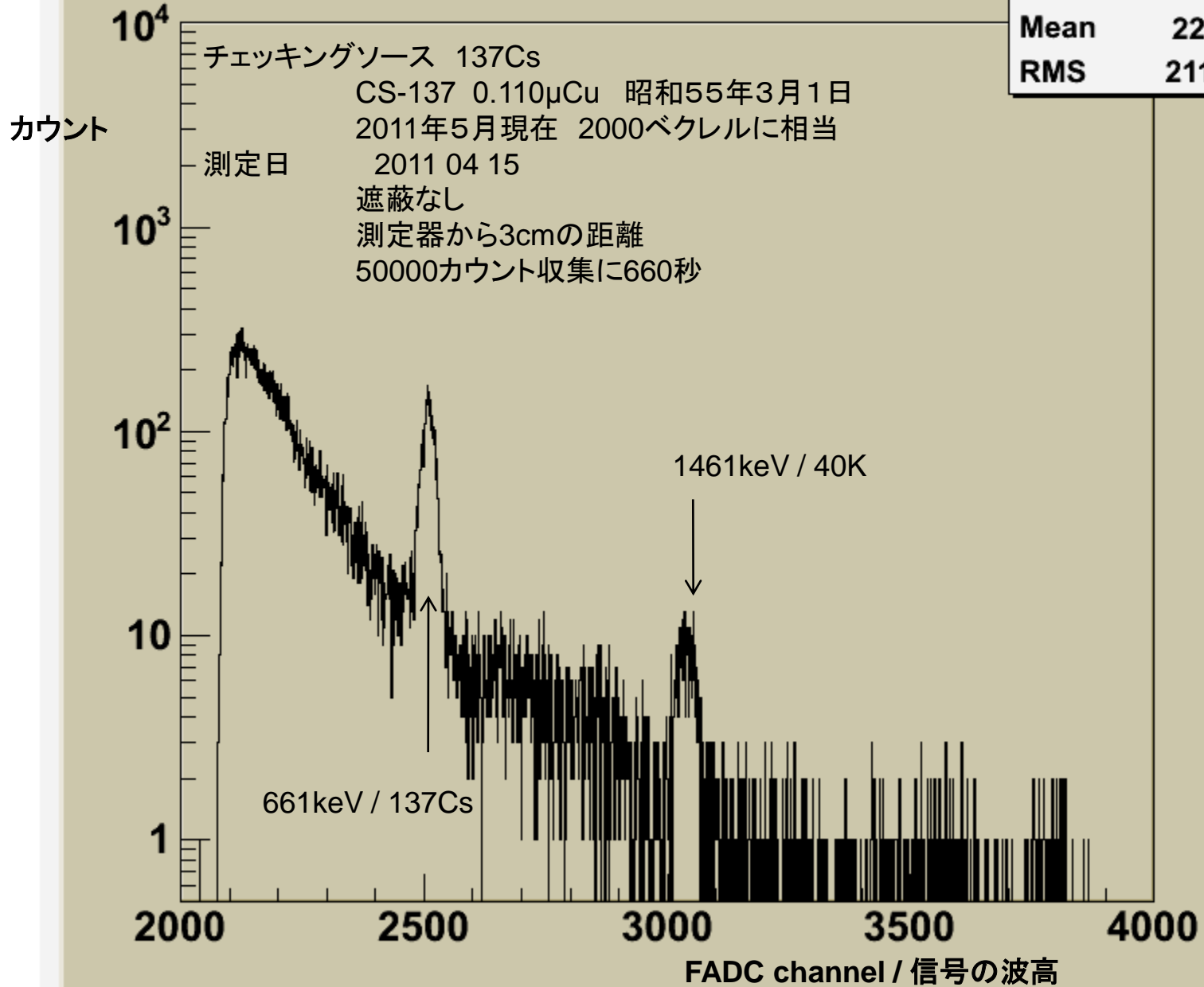
チェックソースを測定器から3cm離し測定
50000カウント収集のため660秒要した
これを目安とする

チェックソースはポイントソースです。
これに対して、試料の形状や自信の吸収の効果については無視します。
(土による放射線強度の減衰や試料の形状による影響は、
土壌採取時のばらつきに比べ無視できる範囲です)

137Cs Source

h1

Entries	50000
Mean	2272
RMS	211.5



分解能

NaI(Tl)検出器はエネルギー分解能が良いほうではなく、近接したエネルギーの光子を識別できません。今回の放射能測定では、 ^{134}Cs と ^{137}Cs が対象ですが、この2つの核種が出す γ 線は、

	エネルギー	強度 (I γ)
^{137}Cs	661keV	100
^{134}Cs	563	8.35 (A)
	569	15.4 (A)
	605	97.6 (A)
	796	85.5 (B)
	802	8.69 (B)
	1168	1.80
	1365	3.0

分解能の関係で、(A)の3本の信号は1本とし見えます。
(B)の2本は1本として見えます。

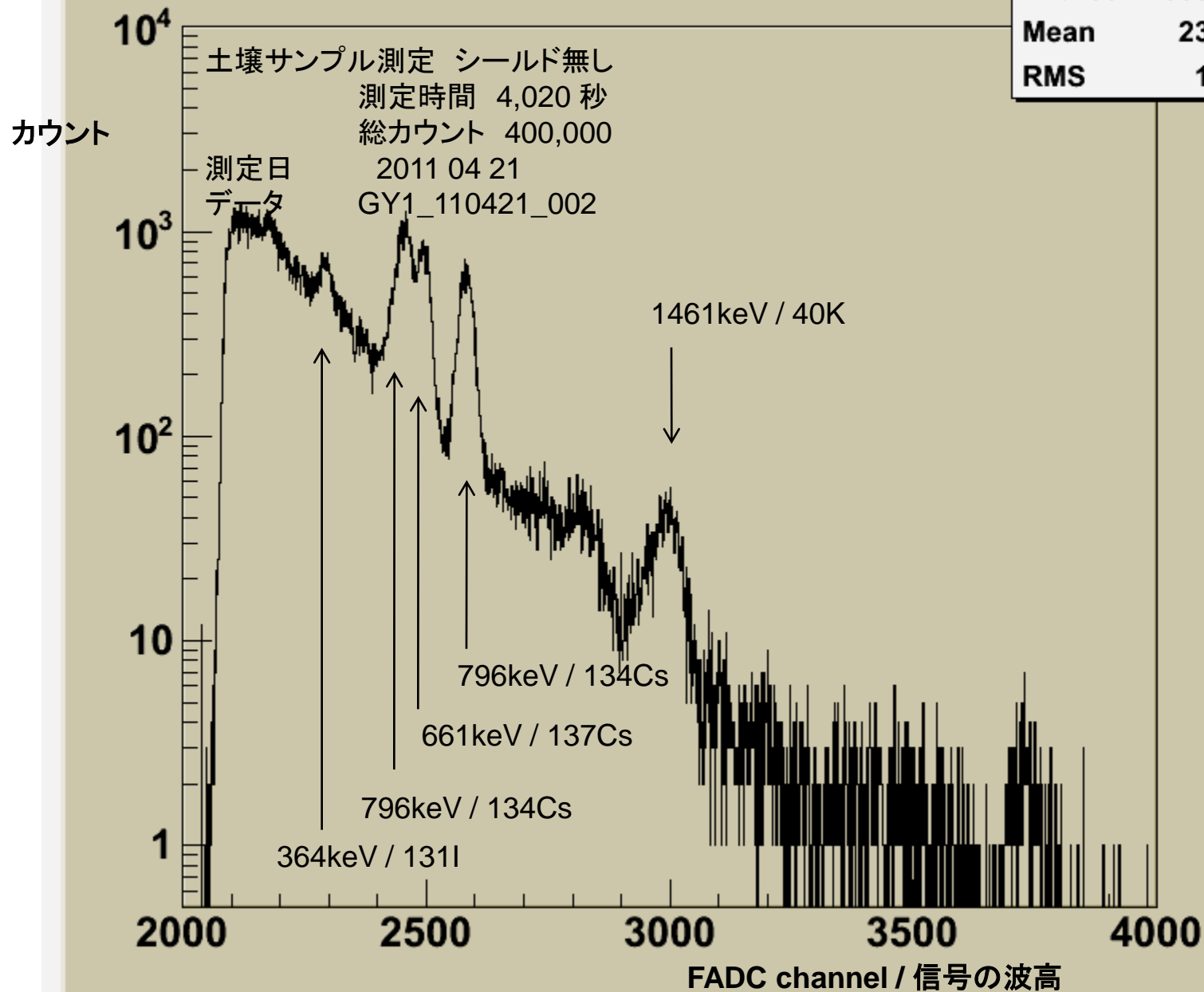
放射線強度の計算では、(A)、(B)のグループを各1つのピークとして処理します。

エネルギー	強度 (I γ)
605keV	121
769keV	94.2

GY1_110421_002

h1

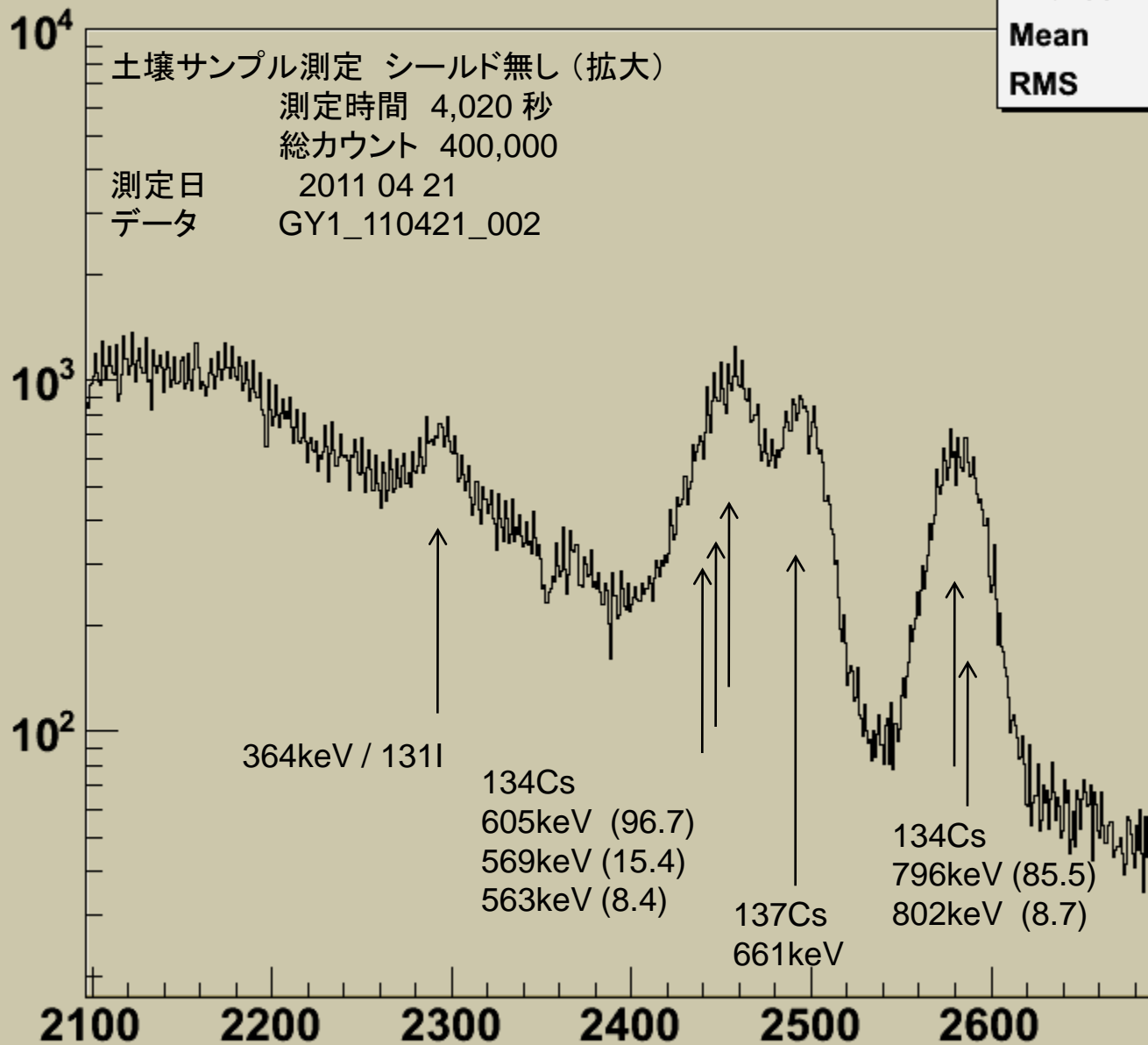
Entries	400000
Mean	2324
RMS	197



GY1_110421_002a

h1

Entries	400000
Mean	2308
RMS	155.6

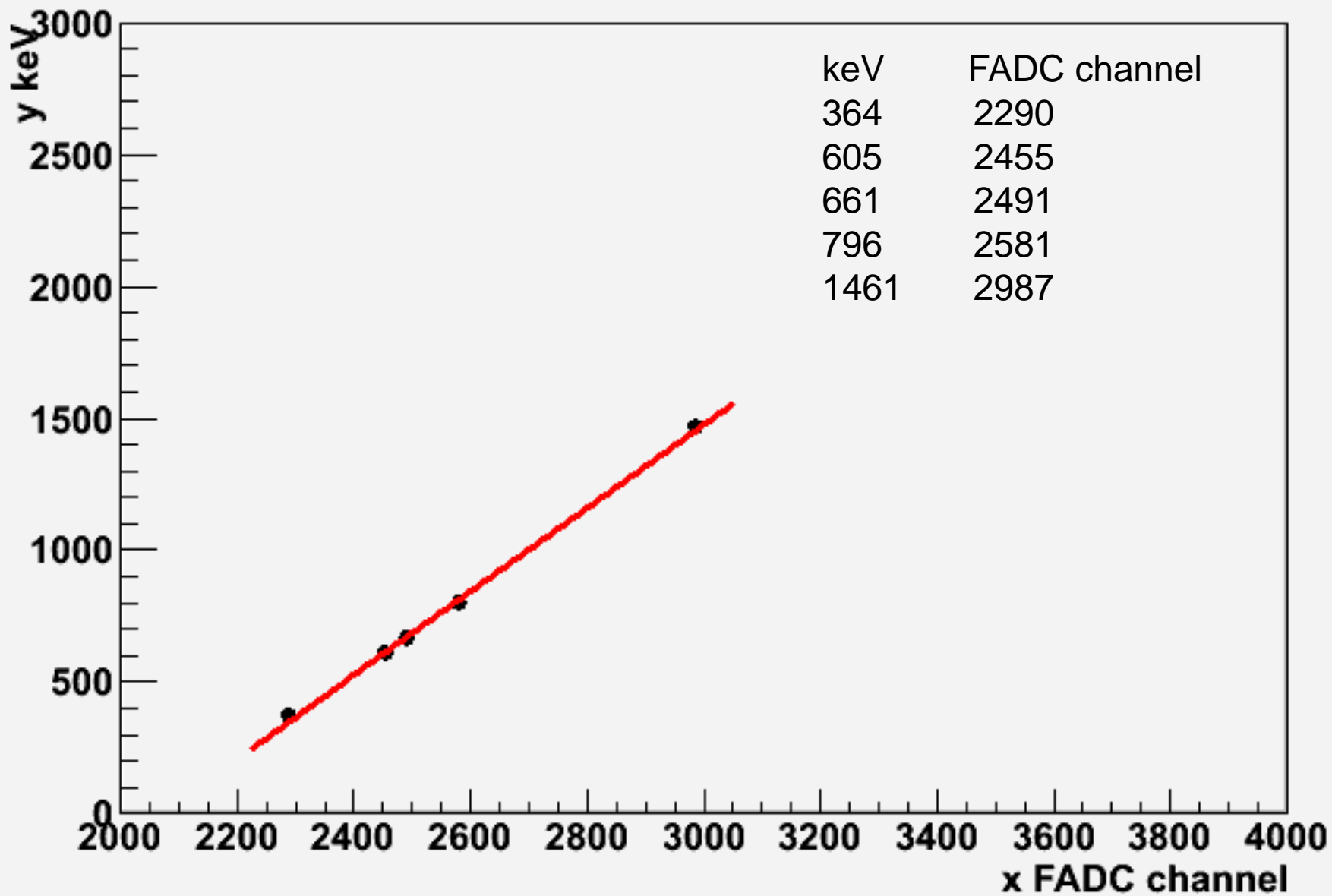


Nal(Tl) + Amp + FADC測定系のリニアリティの評価
既知のピークを使い、リニアリティを求めました。

keV	FADC channel
364	2290
605	2455
661	2491
796	2581
1461	2987

各ピークは直線上にのっています。

Detector Linearity



フォトマルの電圧特性

印加電圧による波高値比較

エネルギーと電圧によるFADC channel の変化

	470V	480V	490V	500V
798keV	2364	2430	2510	2599ch
661keV	2306	2365	2432	2506ch
605keV	2286	2335	2402	2469ch

メーカー推奨値は490Vですが、
本測定は、480Vと490Vで行いました

本測定で使用した高電圧発生器が古いため、
長時間では電圧変動が発生しているようです

470V

h1

Entries	50000
Mean	2203
RMS	102

10^4

470V
測定時間 1, 500秒
データ STANDARDA_110601_470

10^3

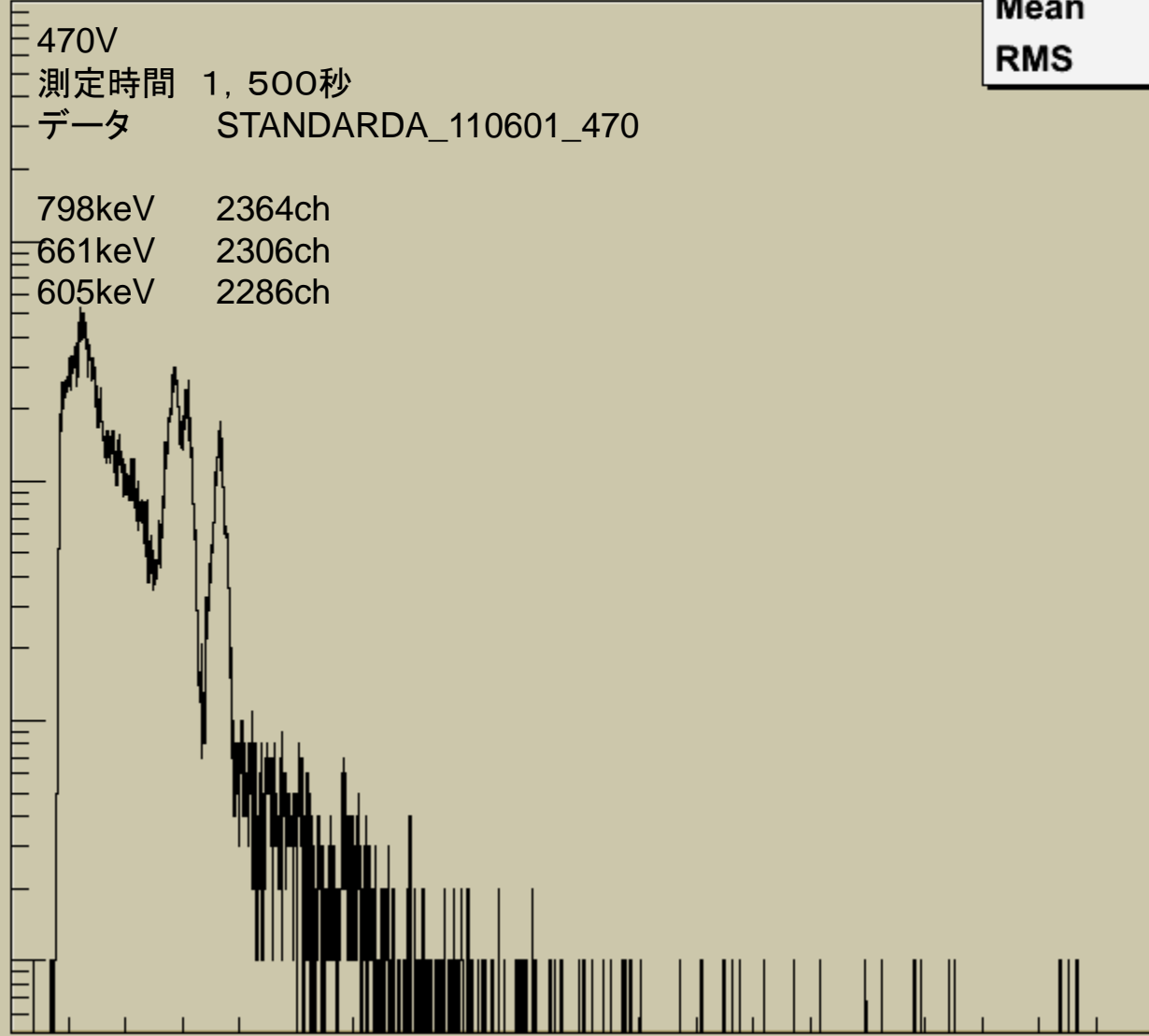
798keV 2364ch
661keV 2306ch
605keV 2286ch

10^2

10

1

2000 2500 3000 3500 4000



480V

h1

Entries	50000
Mean	2232
RMS	124

10^4

480V
測定時間 1, 500秒
データ STANDARDA_110601_480

10^3

798keV 2430ch
661keV 2365ch
605keV 2335ch

10^2

10

1

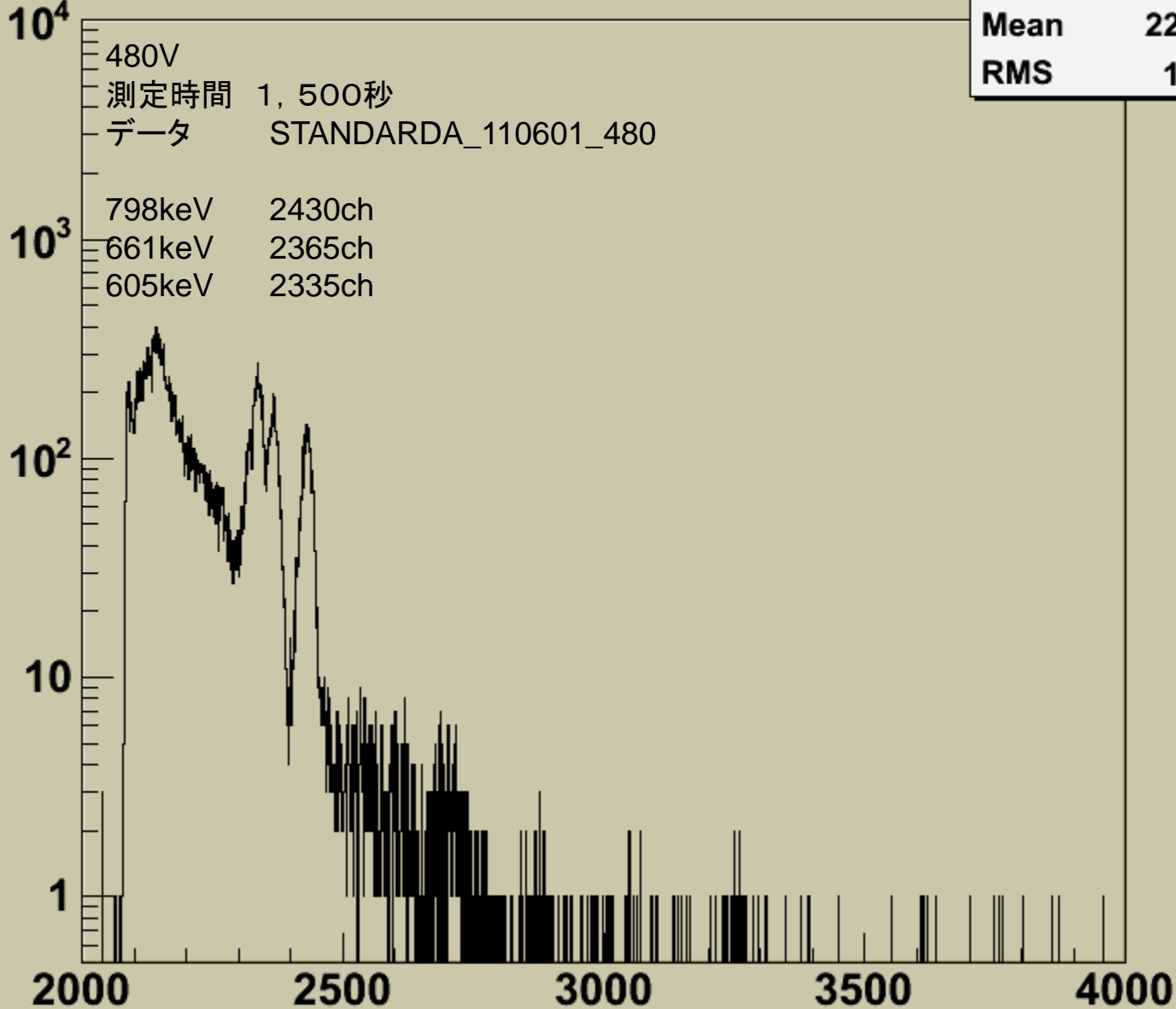
2000

2500

3000

3500

4000



490V

h1

Entries	50000
Mean	2261
RMS	148.2

10^4

490V
測定時間 1, 500秒
データ STANDARDA_110601_490

10^3

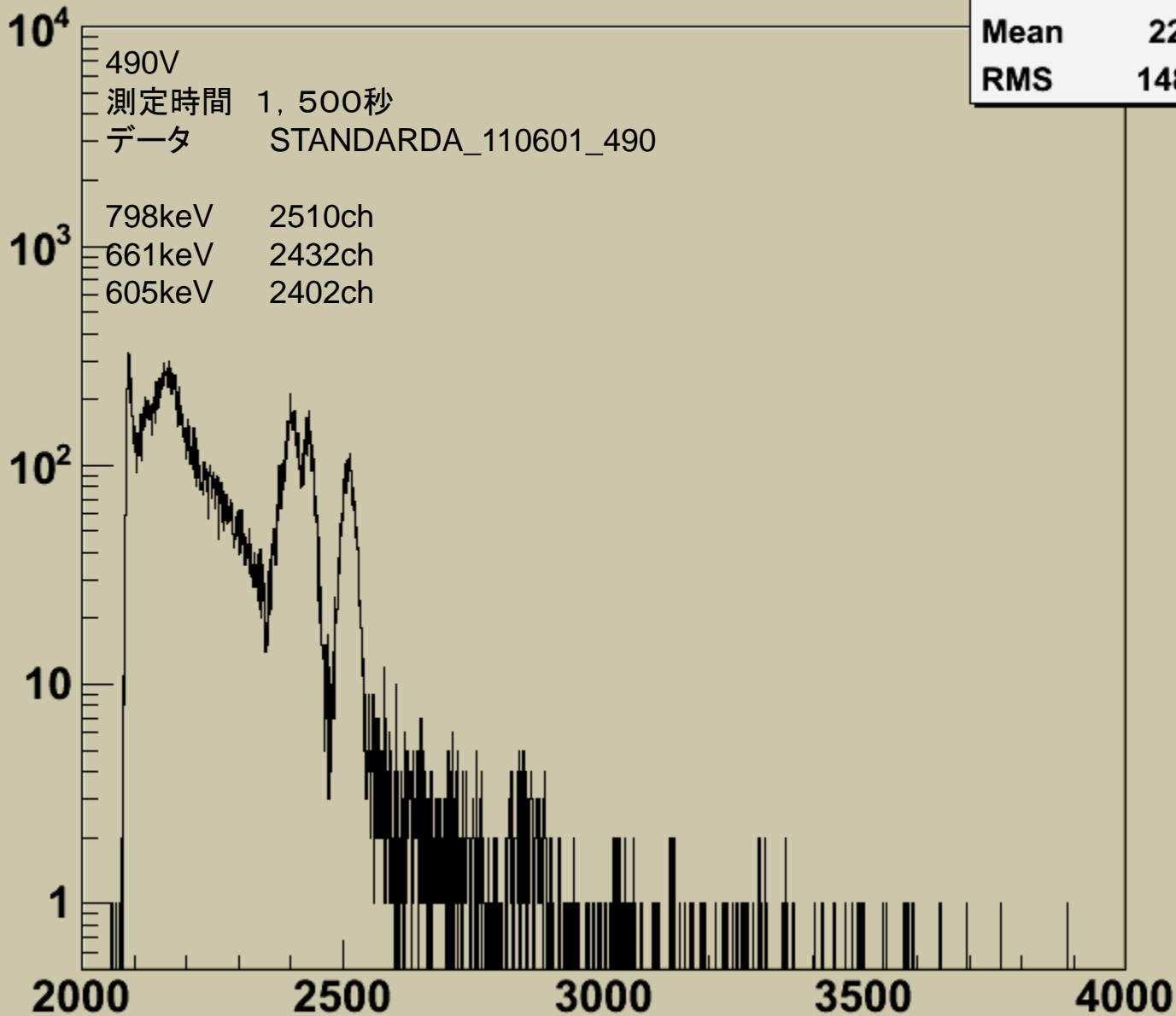
798keV 2510ch
661keV 2432ch
605keV 2402ch

10^2

10

1

2000 2500 3000 3500 4000



500V

h1

Entries	50000
Mean	2301
RMS	177.3

10^4

500V

測定時間 1, 500秒

データ STANDARDA_110601_500

10^3

798keV 2599ch

661keV 2506ch

605keV 2469ch

10^2

10

1

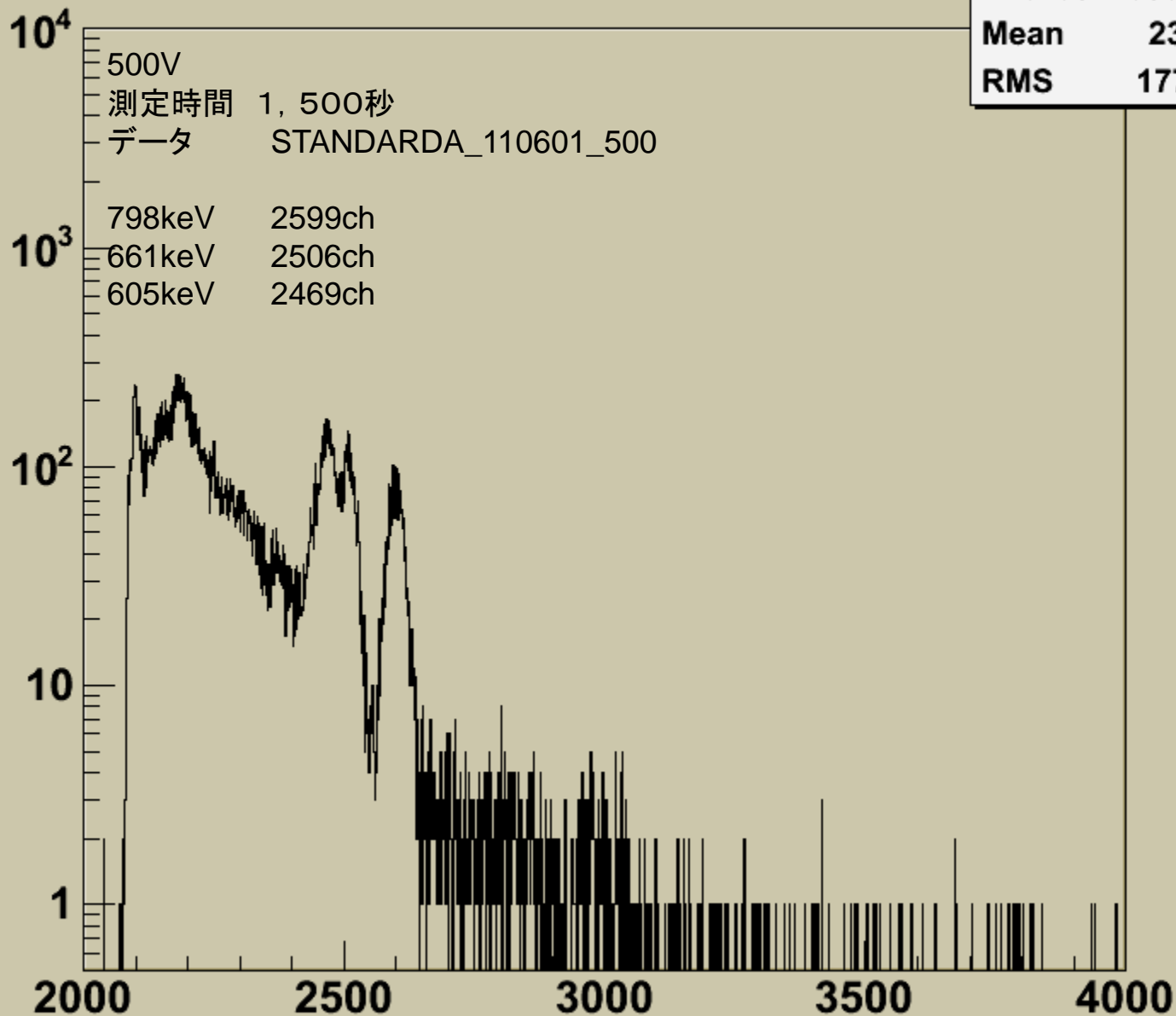
2000

2500

3000

3500

4000



汚染前の土壌

水と土による放射線の減衰

700keV以下の γ 線の

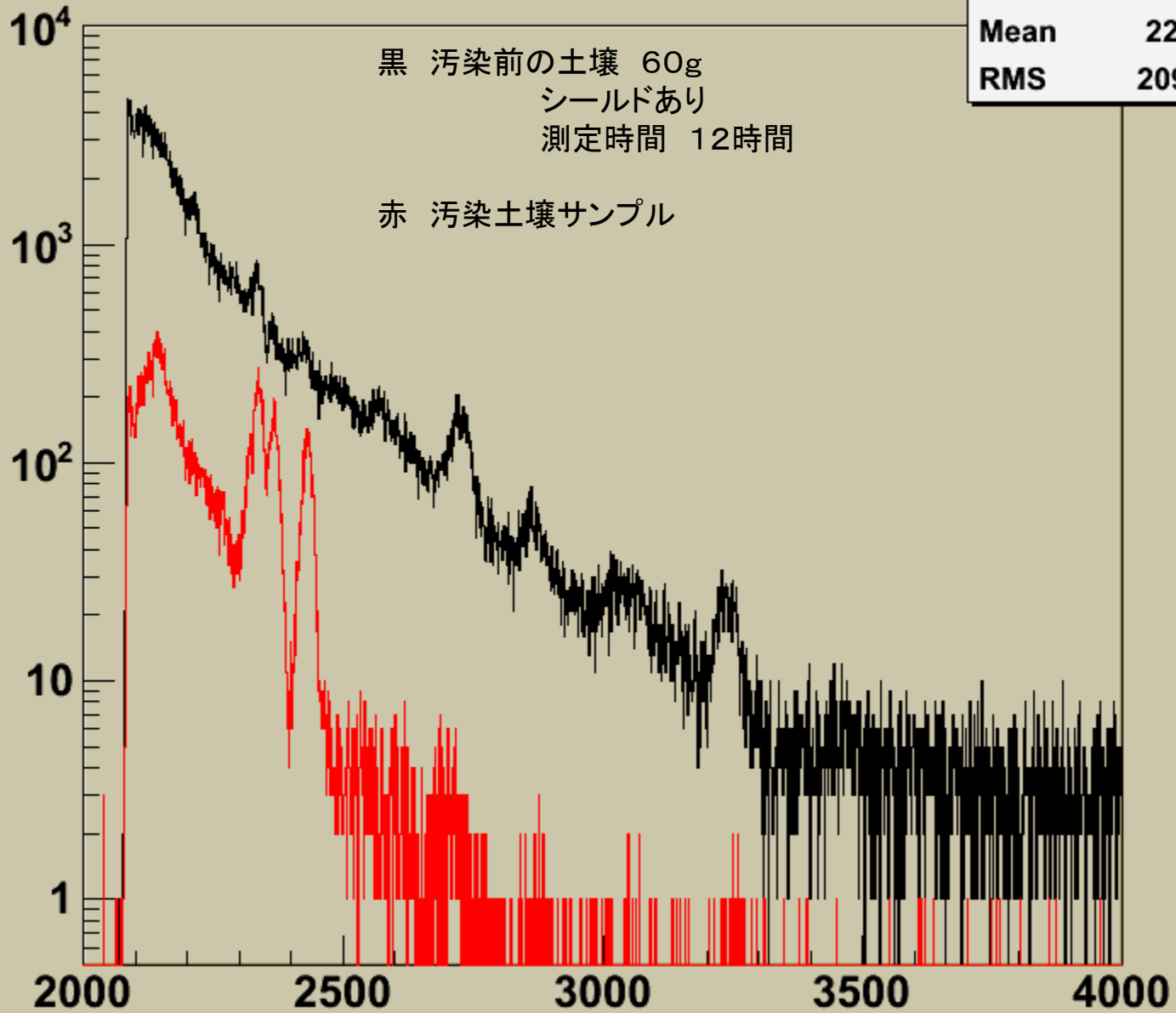
水3.5cmによる減衰は6%

土3.5cmによる減衰は10%

TSUTI vs 480V

h1

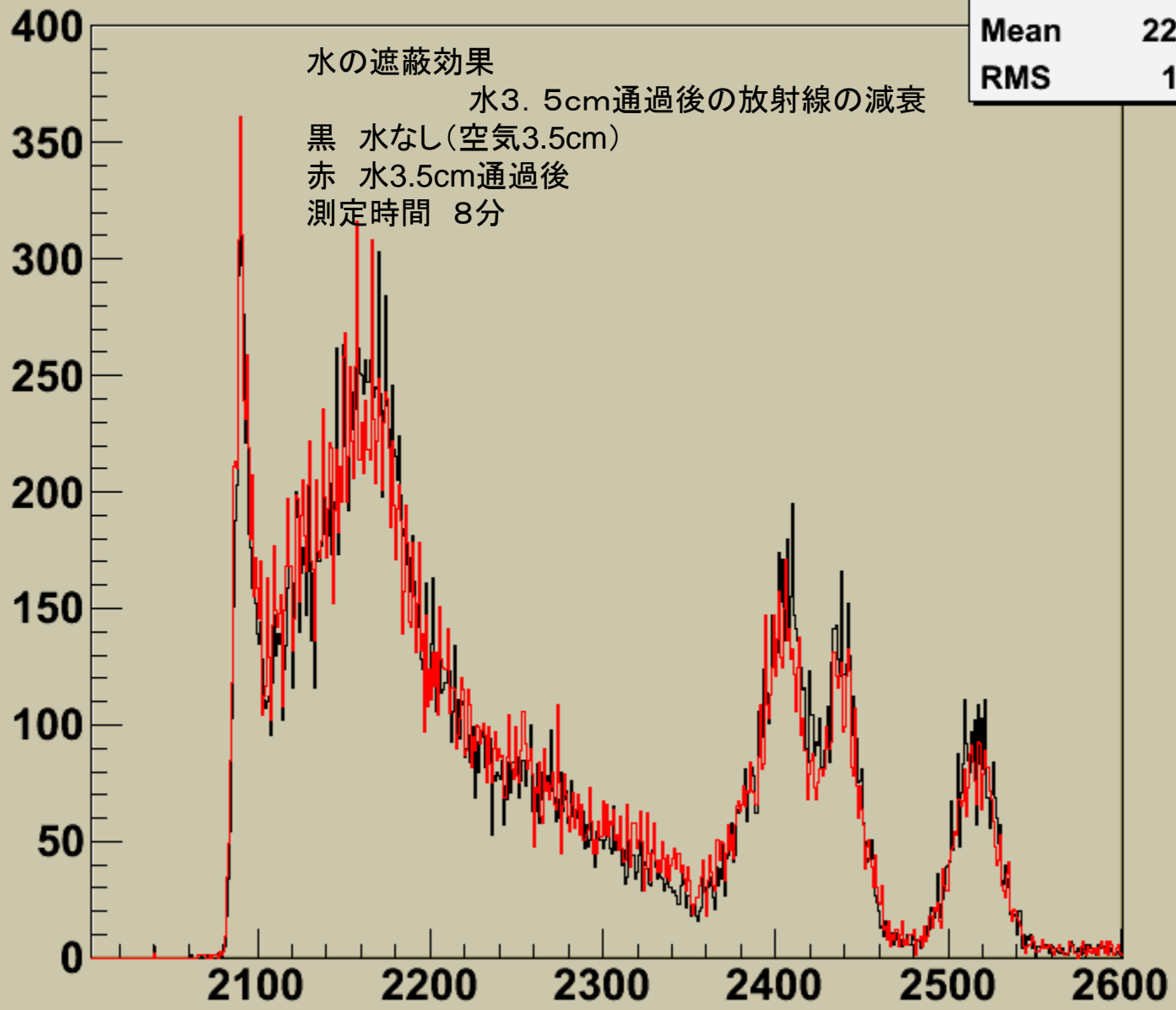
Entries	60000
Mean	2244
RMS	209.4



WATER

h1

Entries	48484
Mean	2254
RMS	132



TSUTI

h1

Entries	48484
Mean	2254
RMS	132

