

本資料は 年 月 日付で登録区分、
変更する。 2001. 6. 16

[技術情報室]

α 線スペクトル型サーベイメータ特性試験

1991年1月

動力炉・核燃料開発事業団
東海事業所

本資料の全部または一部を複写・複製・転載する場合は、下記にお問い合わせください。

〒319-1184 茨城県那珂郡東海村大字村松4番地49
核燃料サイクル開発機構
技術展開部 技術協力課

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to:
Technical Cooperation Section,
Technology Management Division,
Japan Nuclear Cycle Development Institute
4-49 Muramatsu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki, 319-1184
Japan

© 核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)
2001



α 線スペクトル型サーベイメータ特性試験

都所昭雄*1 大西俊彦*1 福留克之*1
古橋秀雄*2 野原尚史*1 江口和利*3
関 昭雄*4 赤津康夫*5 吉田典夫*6

要 旨

プルトニウム燃料施設においては、サーベイメータ等で有意値が検出された場合、それがプルトニウム等の核燃料物質によるものかあるいは、自然界に存在するラドン・トロンによるものかの判別を行う必要があり、これらの判別には従来から多重波高分析装置が用いられている。この装置は大型で重量もあるため、施設の放射線管理室に据付けた状態で使用するのが一般的であり、作業現場に移動してその判別を行う測定器としては難点があった。また、表面密度の測定はサーベイメータを用い、核種の判定は多重波高分析装置を用いるため、2台の測定器を必要とした。

これらの問題を解決するため、プルトニウムかラドン・トロンかの判別が可能であり、しかもサーベイメータ機能もそなえた測定器の製作に着手し特性試験等を行った結果、表面汚染管理に実用可能な測定器としての良好な結果が得られた。

*1 安全管理部放射線管理第一課
*2 " 放射線管理第二課
*3 大洗工学センター安全管理部

*4 核燃料サイクル工学研修室
*5 東海、安全管理部
*6 常陽産業(株)

目 次

1. まえがき	1
2. 仕様等	2
2. 1 主な特徴	2
2. 2 型 名	2
2. 3 仕 様	3
2. 4 外形図	4
3. 特性試験	7
3. 1 特性試験	7
3. 2 現場試験	24
4. まとめ	27
5. 参考文献	28

図 表 目 次

図-1～2	α 線スペクトル型サーベイメータの外形	5～6
図-3～16	α 線スペクトル型サーベイメータ特性試験時のスペクトル	9～22
表-1	α 線スペクトル型サーベイメータ特性試験結果	23
表-2	α 線スペクトル型サーベイメータ現場試験結果	25～26

1. ま え が き

プルトニウム燃料施設においては、ZnS(Ag) α 線サーベイメータを用いて放射線作業の途中あるいは終了時に表面汚染のサーベイを行っているが、例えばグローブ作業後のサーベイでカバーオールに有意な計数が認められ、それがプルトニウムであるかあるいはラドン、トロン²²²の放射能によるものであるかの判別を行うときには、当該部分を切り取るか若しくはガムテープ等に固着させるなどして、半導体検出器と波高分析装置を組合せた測定器で測定可能な状態に試料を作成する必要がある。これは測定に入る前の準備段階であって、これに係わる時間が判別に要する時間の多くを占め放射線管理上、迅速な判別ができないという問題だけでなく、施設においては工程が一時停止するなどの影響を受けていた。

したがって、その判別を短時間で行うことは放射線管理上及び施設の運転上から非常に重要なことであり、これらを改善するために試料作成を必要とせず、ZnS(Ag) α 線サーベイメータ、ハンド・フット・クローズモニタ等で計数があった場合には、その計数部分を直接しかも現場で容易に測定できる判別機能をもった測定器が求められていた。

このような観点から、検出部は検出面を被測定対象物に直接あてられるような形状とし、計数・表示部本体は判別に必要な最小限の機能とすることで小型・軽量化を図り、移動性及び操作性のよい測定器の開発を進めてきた。

2. 仕様等

2. 1 主な特徴

1) サーベイ機能と判別機能

本測定器は大きく2つの機能があり、ひとつは α 放射線をサーベイしその計数率及び設定時間内の積算値をデジタルで表示する機能と、もうひとつはサーベイと同時に α 線のエネルギーを測定しスペクトル表示する機能を有している。

2) ROI設定

チャンネル間の下限と上限を設定することにより、そのチャンネル間のカウントをトータルで表示し、またcpsでも表示する。ROIは3つ設定できる。

3) RAM DISK

収集したデータを最大89個保存することができるRAM DISKを内蔵している。

4) TRANSFER

内蔵しているデータを、画面に表示したり、外部へ出力する機能を有している。

5) オーバーラップ

メモリの2つのデータを1画面に表示することができる。

2. 2 型名

- | | |
|---------|--------------------|
| 1) 型名 | MODEL TSM-R74-2708 |
| 2) メーカー | アロカ(株) |
| 3) 外観 | 写真-1に示す。 |

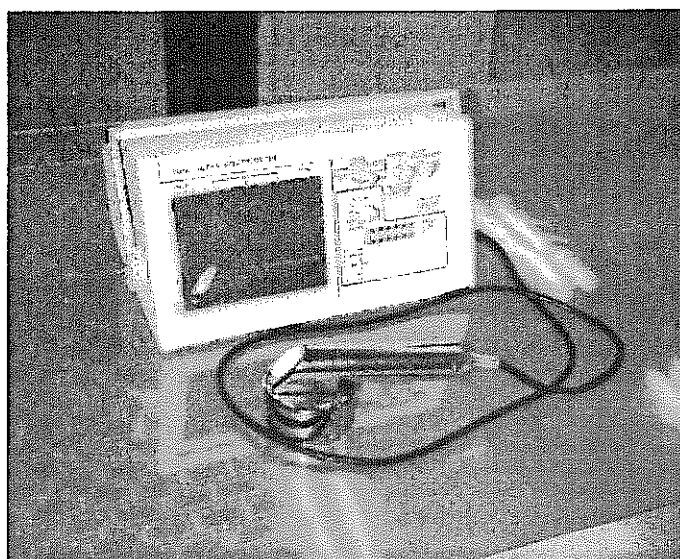


写真-1 α 線スペクトル型サーベイメータ

2. 3仕様

1) 検出器プローブ

・半導体検出器	2" φSSB検出器 SBD-R74-2708 (アロカ製)
・寸法	30mmΦ×145mm
・重量	約400g
・ケーブル長	約1m
・ケーブル等	SIG バイアス } 多芯ケーブル POWER }

2) 本体 (TSM-R74-2708)

[リニアアンプ]

・方式	電圧増幅型
・波形整形	CR-R C固定フィルター型
・出力	ユニポーラ波形

[MCA]

・方式	並列比較型
・チャンネル数	240cH
・メモリ容量	99999count/channel
・メモリチャンネル	4チャンネル
・積分非直線性	±1%以下
・微分非直線性	±20%以下
・プリセットタイム	1~99999sec
・ROI設定	3

[ディスプレイ]

・方式	液晶表示器使用
・Xレンジ	リニア (チャンネル)
・Yレンジ	ログ (カウント)
・データ表示	測定時間、カーソルチャンネル、カーソルカウント TOTAL : 積算値、計数率 ROI : 積算値、計数率
・寸法	約300×160×240mm (ハンドル除)
・重量	約4.3kg

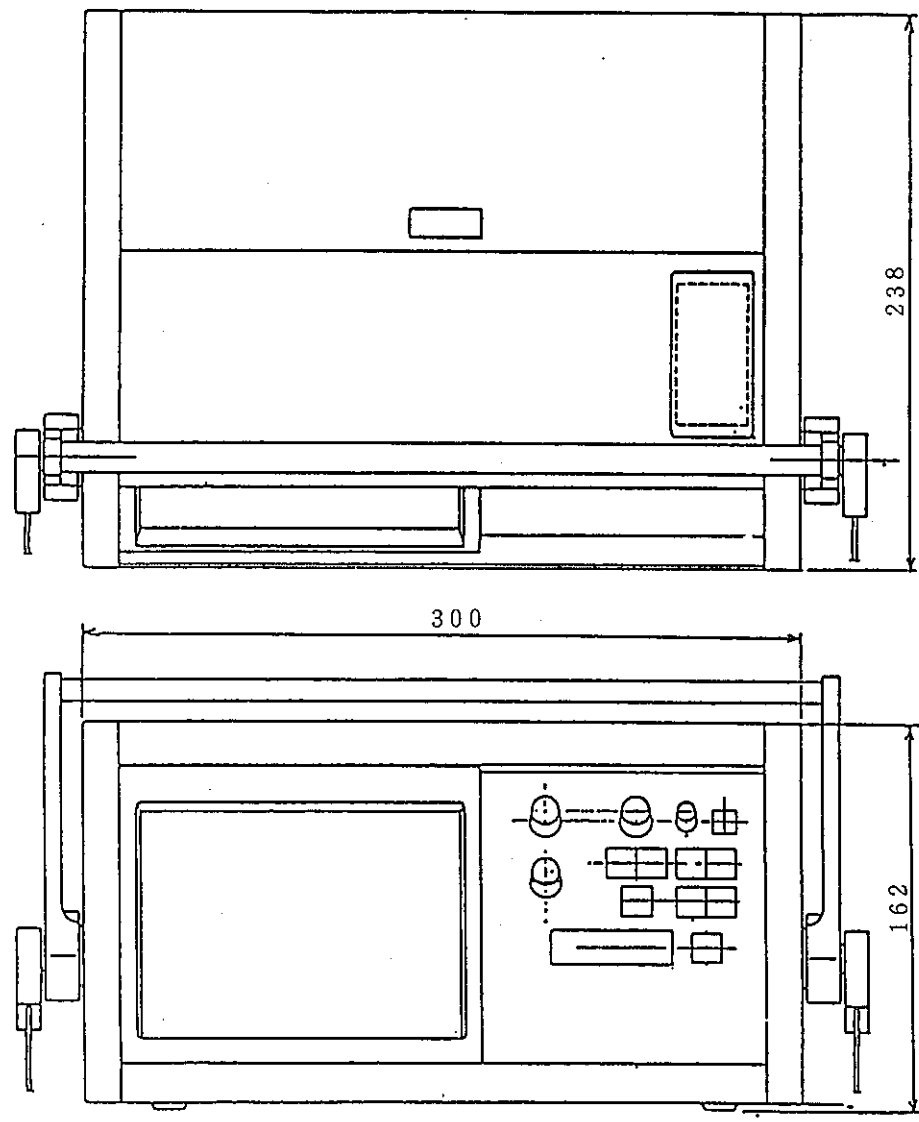
3) 総合

・検出効率	5%以上 (Am-241) 2MeV~
-------	---------------------

- ・分解能 1 MeV以下 (FWHM) 空气中 α t 1 cm
- ・モニタ音 有り
- ・電源
 - 方式 電池式 (単 2 × 4) 又は AC アダプタ
 - 使用時間 連続 8 時間以上 (バックライトスイッチ オフ)

2. 4 外 形 図

α 線スペクトル型サーベイメータの主要部の構造及び概略寸法を図-1、図-2に示す。



単位：mm

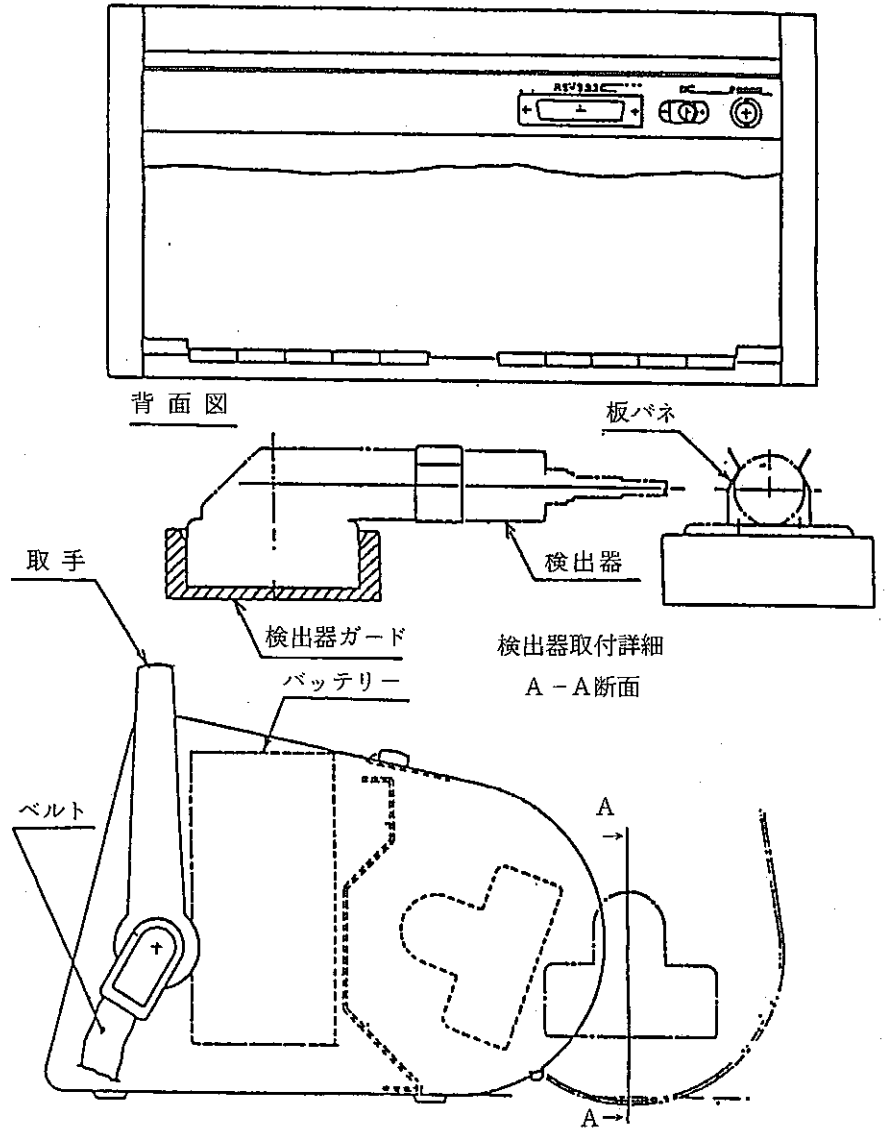


図-1 計数表示部

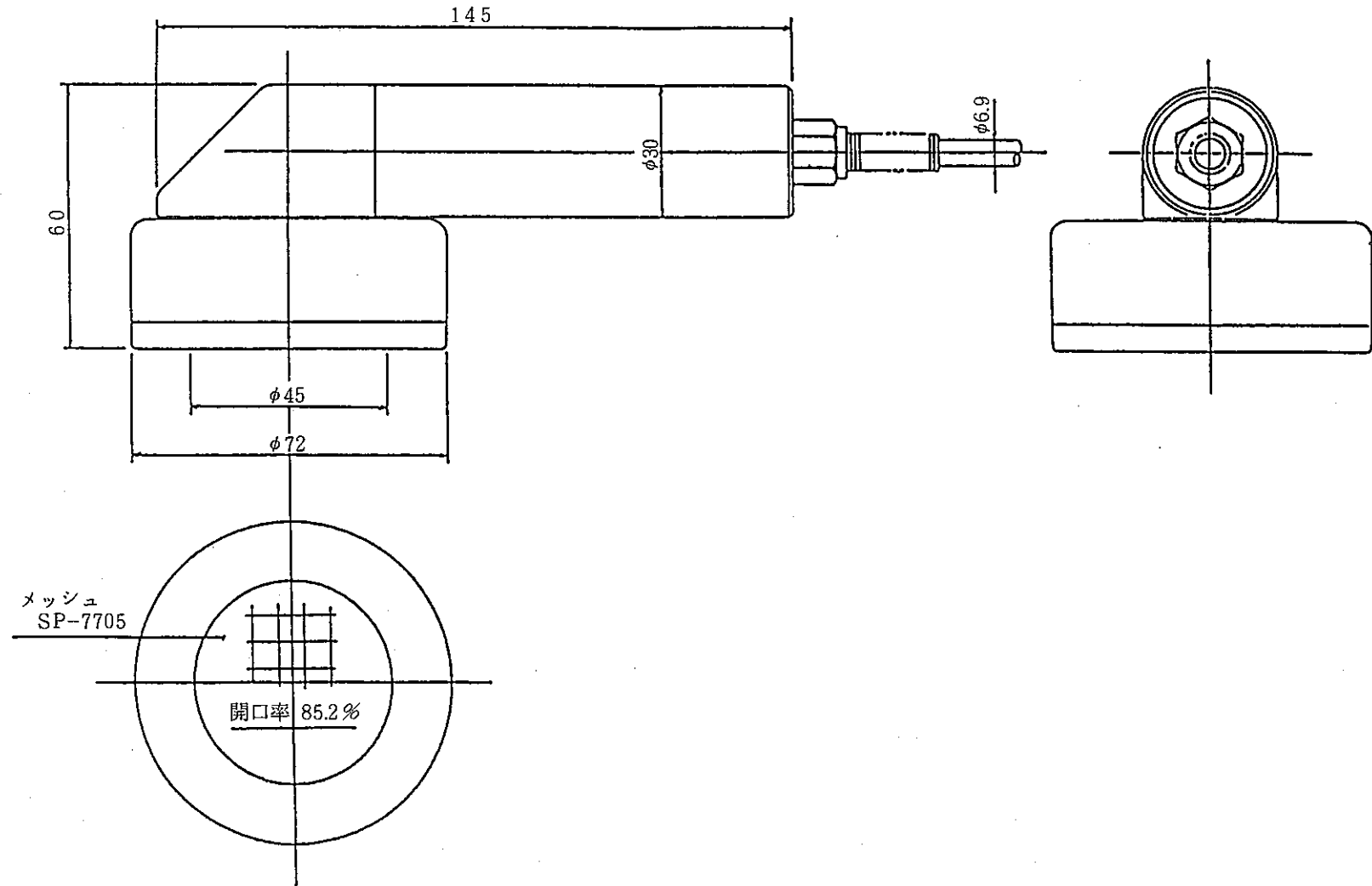


図-2 検出部

3. 特性試験

α 線スペクトル型サーベイメータがプルトニウム燃料施設での表面汚染管理に適用できるかを調べるため、種々の特性試験及び現場試験を行った。

なお、各試験のうち J I S Z 4329 放射性表面汚染計に示されている項目については J I S の基準と比較した。

3. 1 特性試験

1) 試験方法

(1) 自然計数率

i. 測定条件

- ・測定時間 1800秒

ii. 判定基準

- ・0.16 (cps) 以下
- 0.01×A (cps) 以下
- A : 入射窓面積 (cm²) = 16 (cm²)

(2) 計数効率

i. 測定条件

- ・入射窓面積と同面積若しくはそれより大きい線源を使用
- ・線源との距離は5mmとする
- ・ α 線放出線源を使用 (²⁴¹Am板状線源)
- ・測定時間 300秒

ii. 判定基準

10%以上(但し、10%以上とは、ウラン線源の場合となっていて、他の線源では規定はない。しかし今回は10%以上を準用する。)

$$\eta = \frac{n}{\phi \cdot A} \times 100$$

η : 効率 (%)

n : 正味計数率 (cps)

ϕ : 基準線源の単位面積当りの α 線放出率 (1/s · cm²)

A : 入射窓面積 (cm²)

(3) エネルギー分解能

- ・²³⁹Pu - ²⁴¹Am線源を使用
- ・FWHMは²³⁹Puピークより求める

- ・線源との距離は5 mmとする
 - ・空気中にて測定
- (4) エネルギー直線性
- ・M i x α 線源を使用 (^{239}Pu - ^{241}Am - ^{244}Cm)
 - ・線源との距離は5 mmとする
 - ・コリメート使用
 - ・空気中にて測定
- (5) γ 線感度
- ・ ^{137}Cs 線源を使用 (基準小線源)
 - ・線量率 3 mSv/h
 - ・測定時間は300秒
- (6) 中性子線感度
- ・ ^{241}Am -Be線源を使用 (計測機器校正室 中性子線照射装置)
 - ・線量率 50 $\mu\text{Sv/h}$
 - ・測定時間は300秒
- (7) β 線感度
- ・ U_3O_8 板状線源を使用 (Al板にて α 線をカット)

2) 特性試験結果

自然計数率及び計数効率については、J I Sの基準を満足する結果が得られた。分解能については、2台とも約600 keVの結果が得られた。

γ 線、中性子線、 β 線に対してはいずれも若干の感度が認められた。このうち、 γ 線、 β 線はともに低いチャンネル域に計数されているが、中性子線に対してはチャンネル全域に計数が認められた。

試験結果の一覧を表-1に示す。また、各試験時における α 線スペクトル型サーベイメータのスペクトル表示を図-3～図-16に示す。

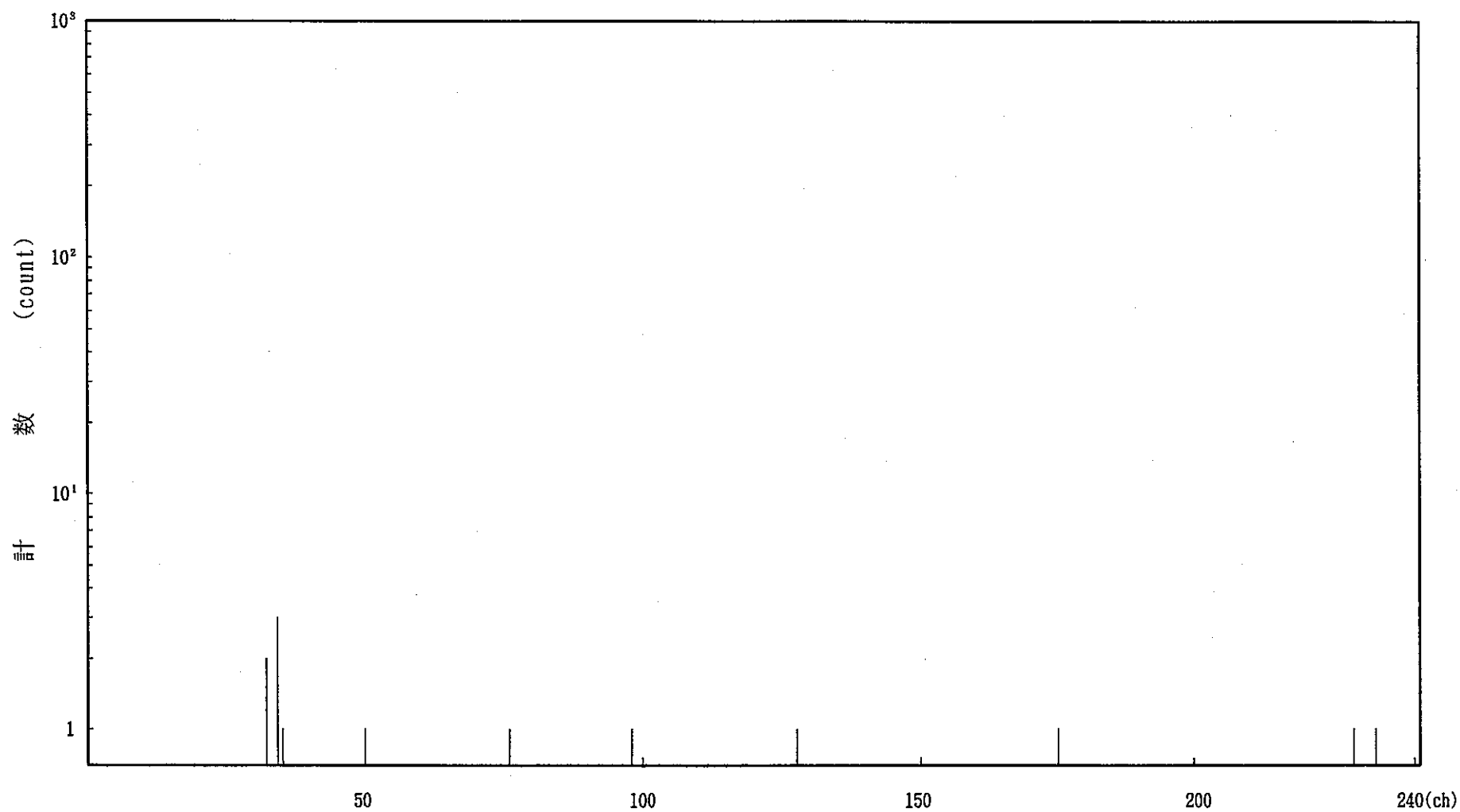


図-3 自然計数率試験時のスペクトル
(Ser.No 86R2044 13c/1800sec)

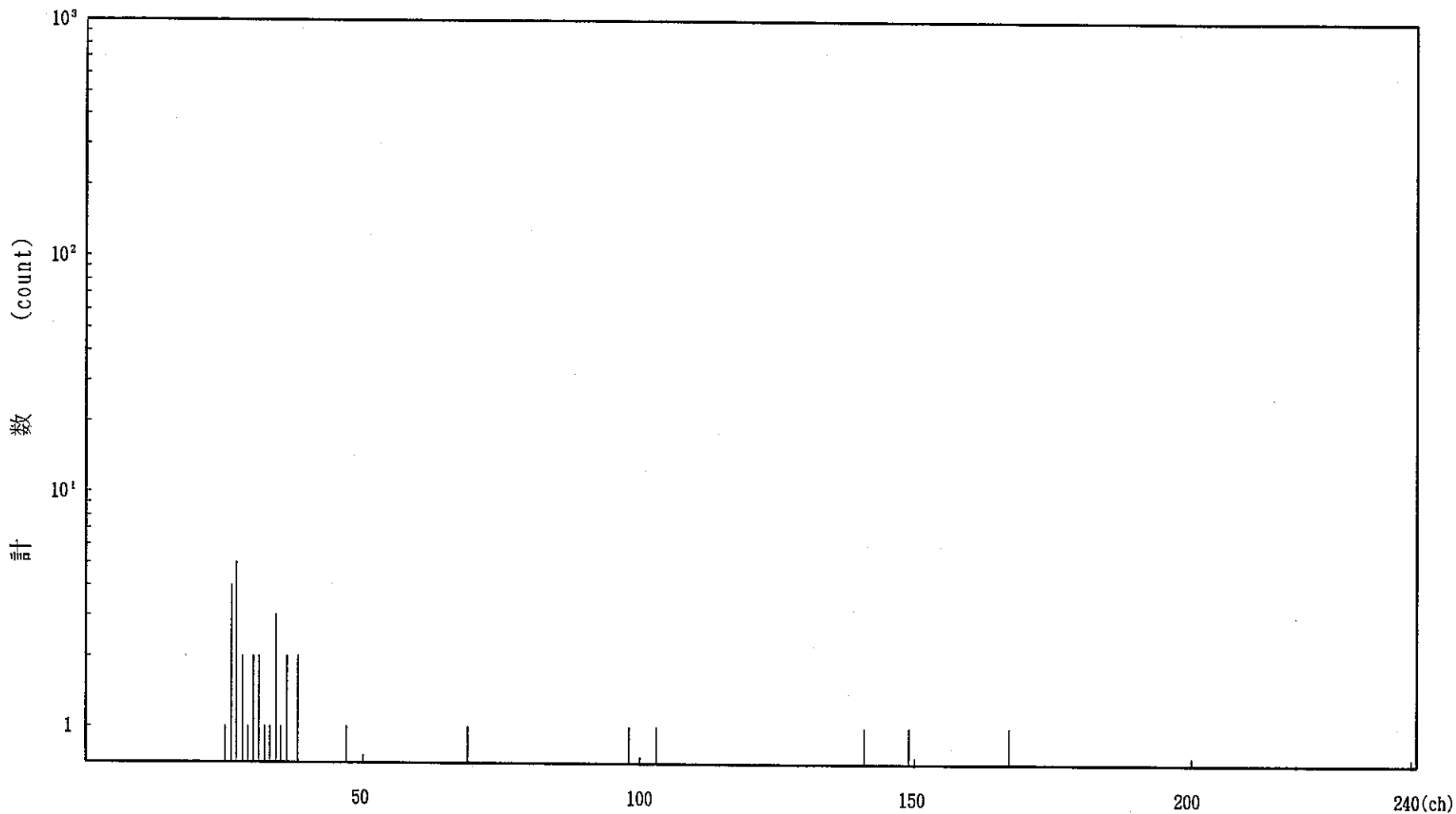


図-4 自然計数率試験時のスペクトル
(Ser.No 86R2045 34c/1800sec)

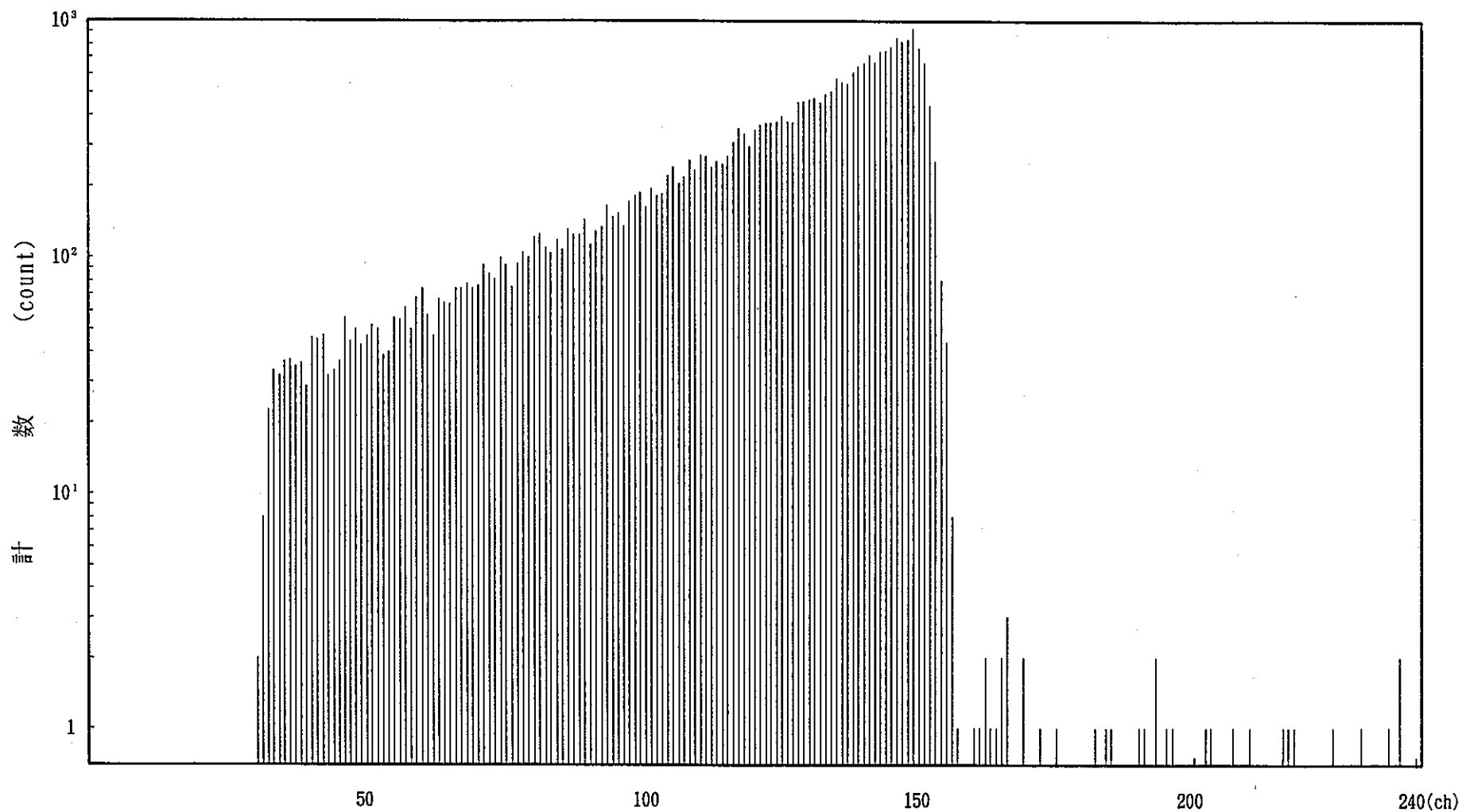


図-5 計数効率試験時のスペクトル
(Ser.No 86R2044 線源 ²⁴¹Am)

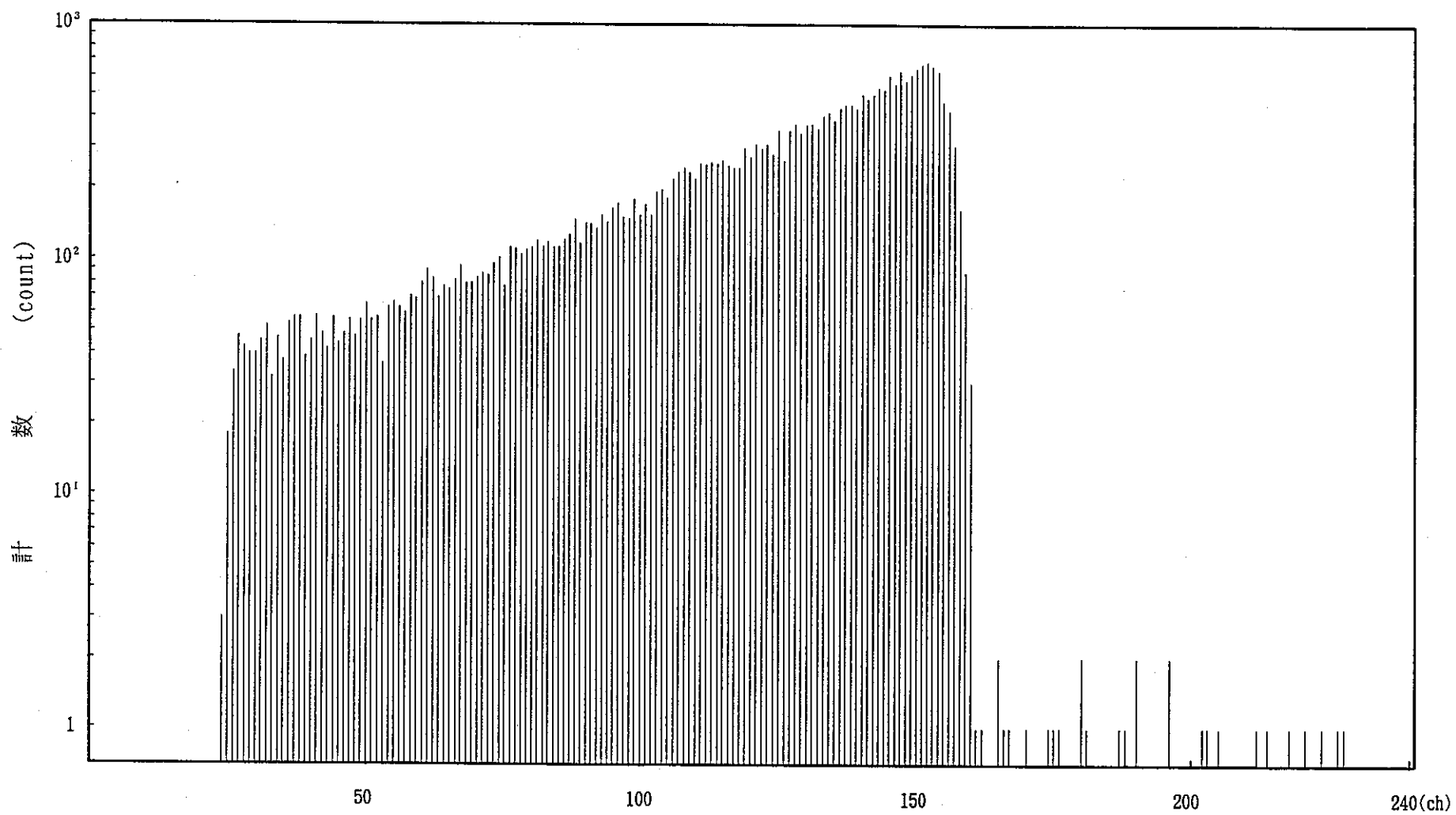


図-6 計数効率試験時のスペクトル
(Ser.No 86R2045 線源 ²⁴¹Am)

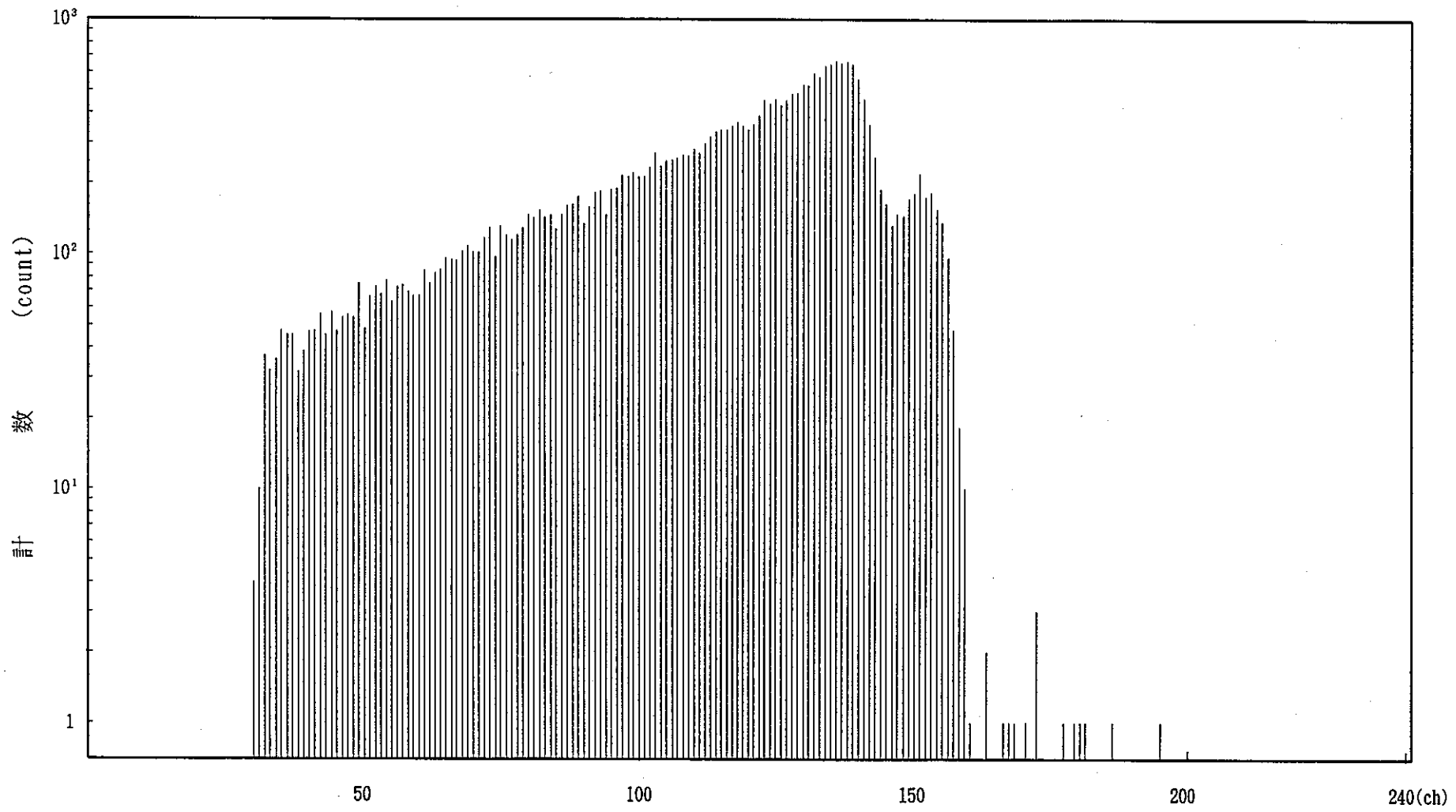


図-7 分解能試験時のスペクトル
(Ser.No 86R2044 線源 ²³⁹Pu-²⁴¹Am)

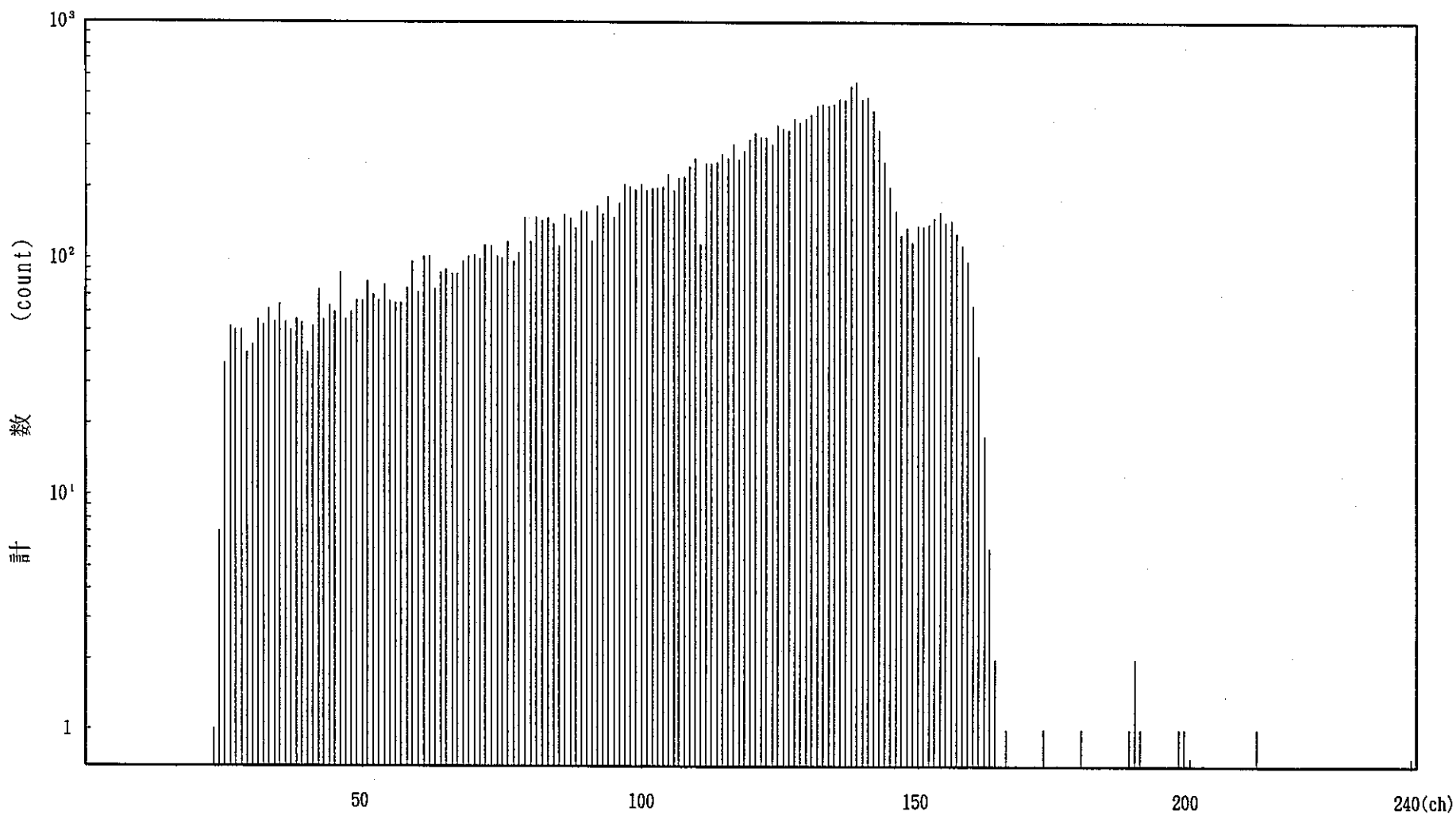


図-8 分解能試験時のスペクトル
 (Ser.No 86R2045 線源 $^{239}\text{Pu}-^{241}\text{Am}$)

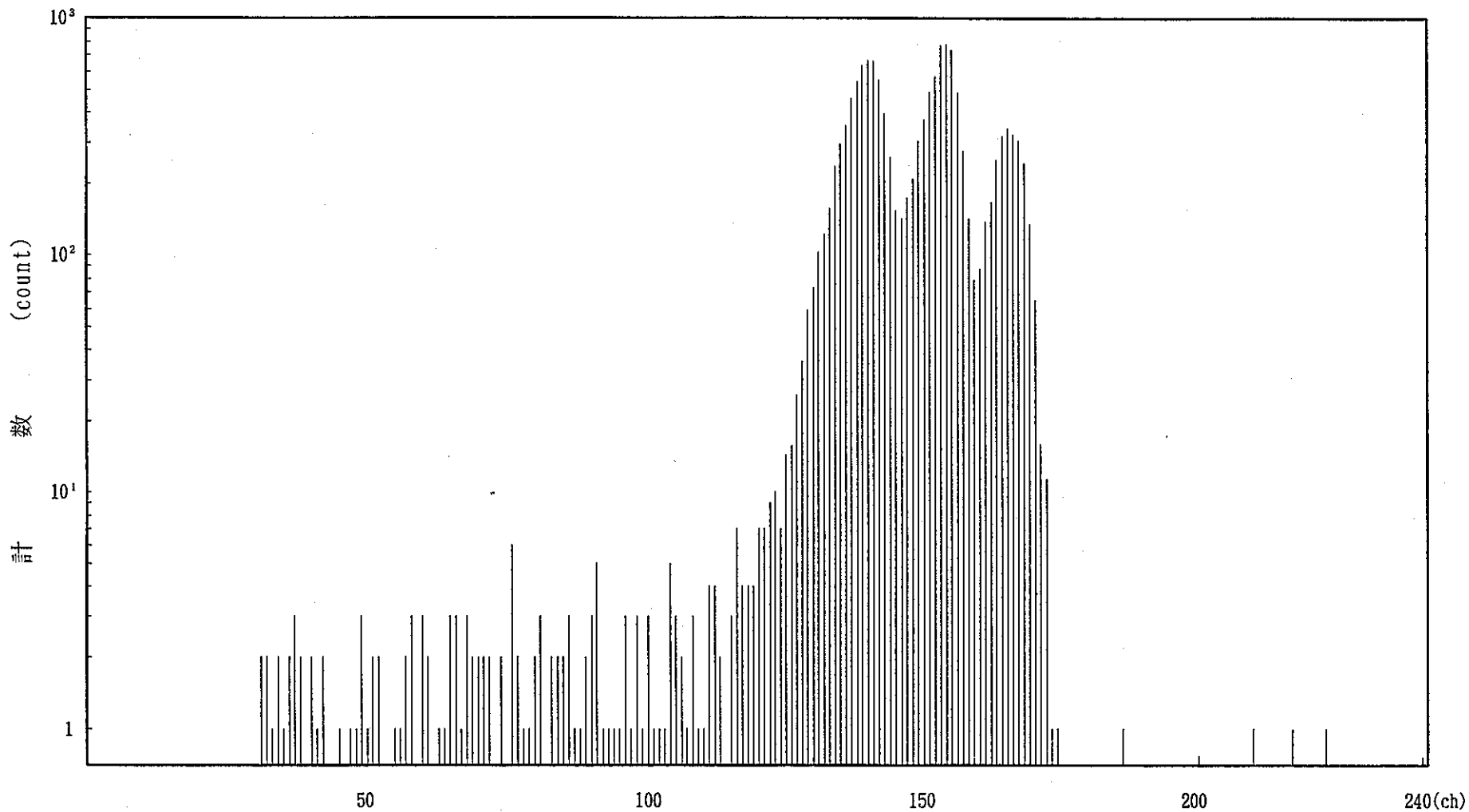


図-9 直線性試験時のスペクトル
(Ser.No 86R2044 線源 ^{239}Pu - ^{241}Am - ^{244}Cm)

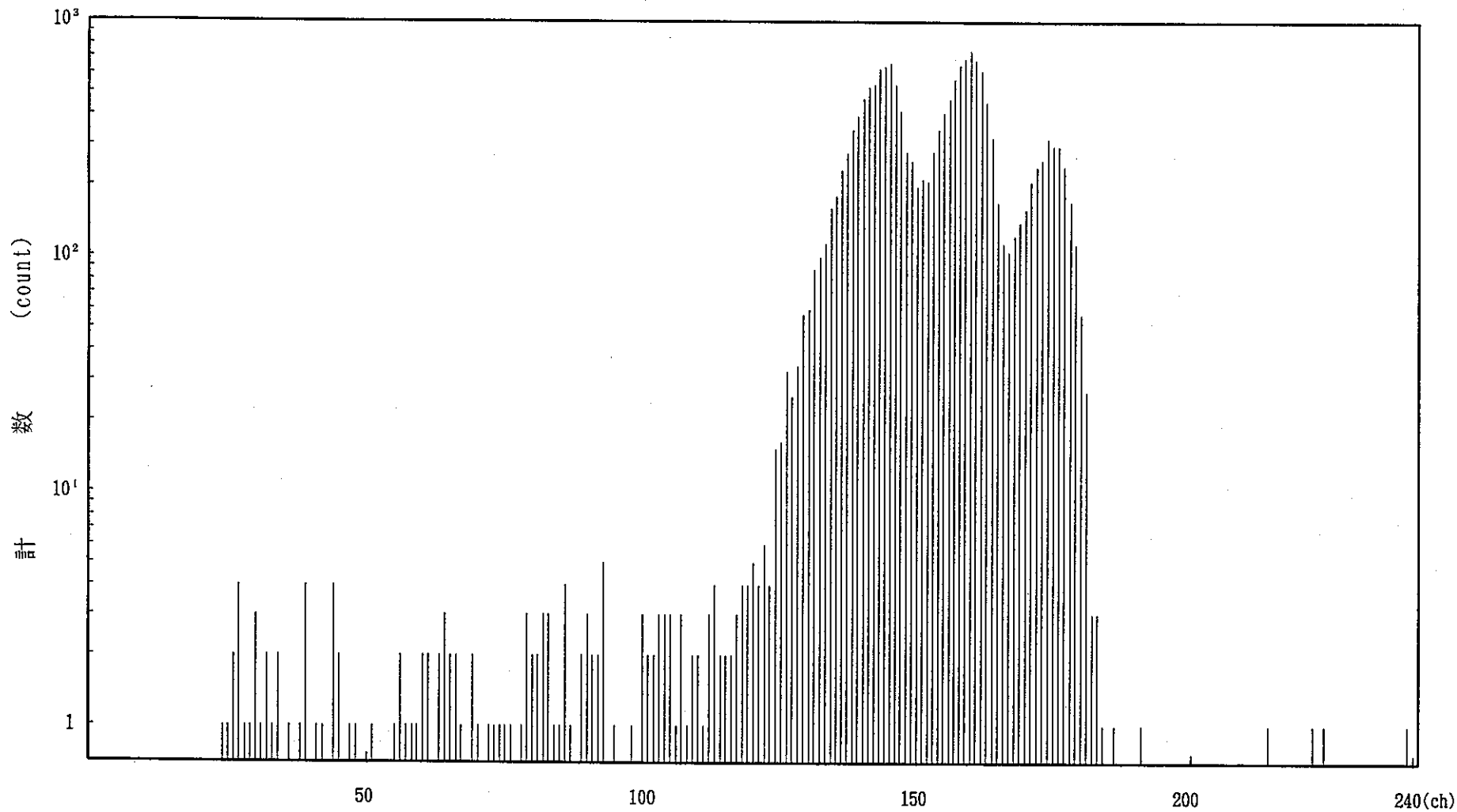


図-10 直線性試験時のスペクトル
 (Ser.No 86R2045 線源 ^{239}Pu - ^{241}Am - ^{244}Cm)

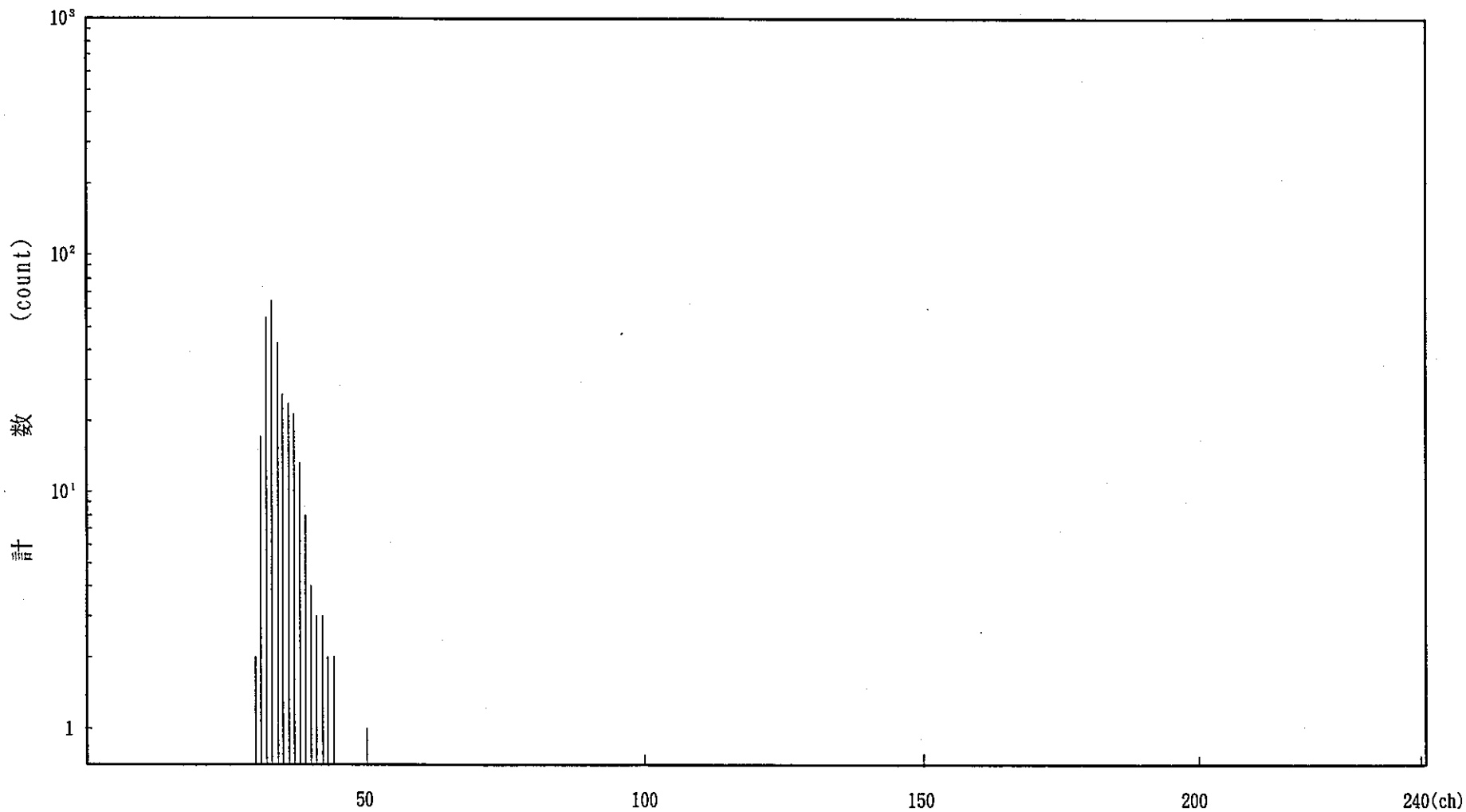


図-11 γ 線感度試験時のスペクトル
(Ser.No 86R2044 3mSv/h 284c/300sec)

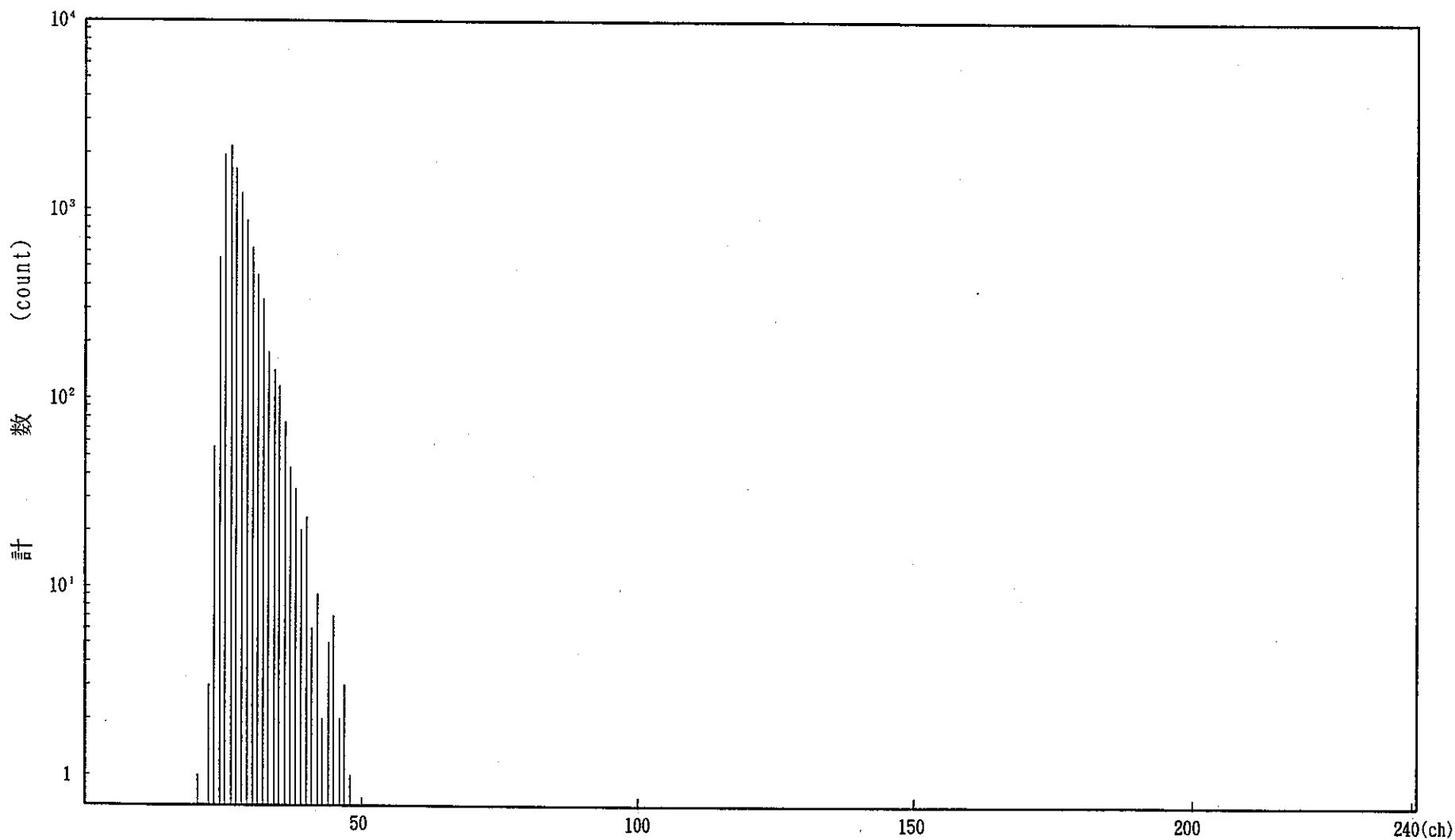


図-12 γ 線感度試験時のスペクトル
(Ser.No 86R2045 3mSv/h 10447c/300sec)

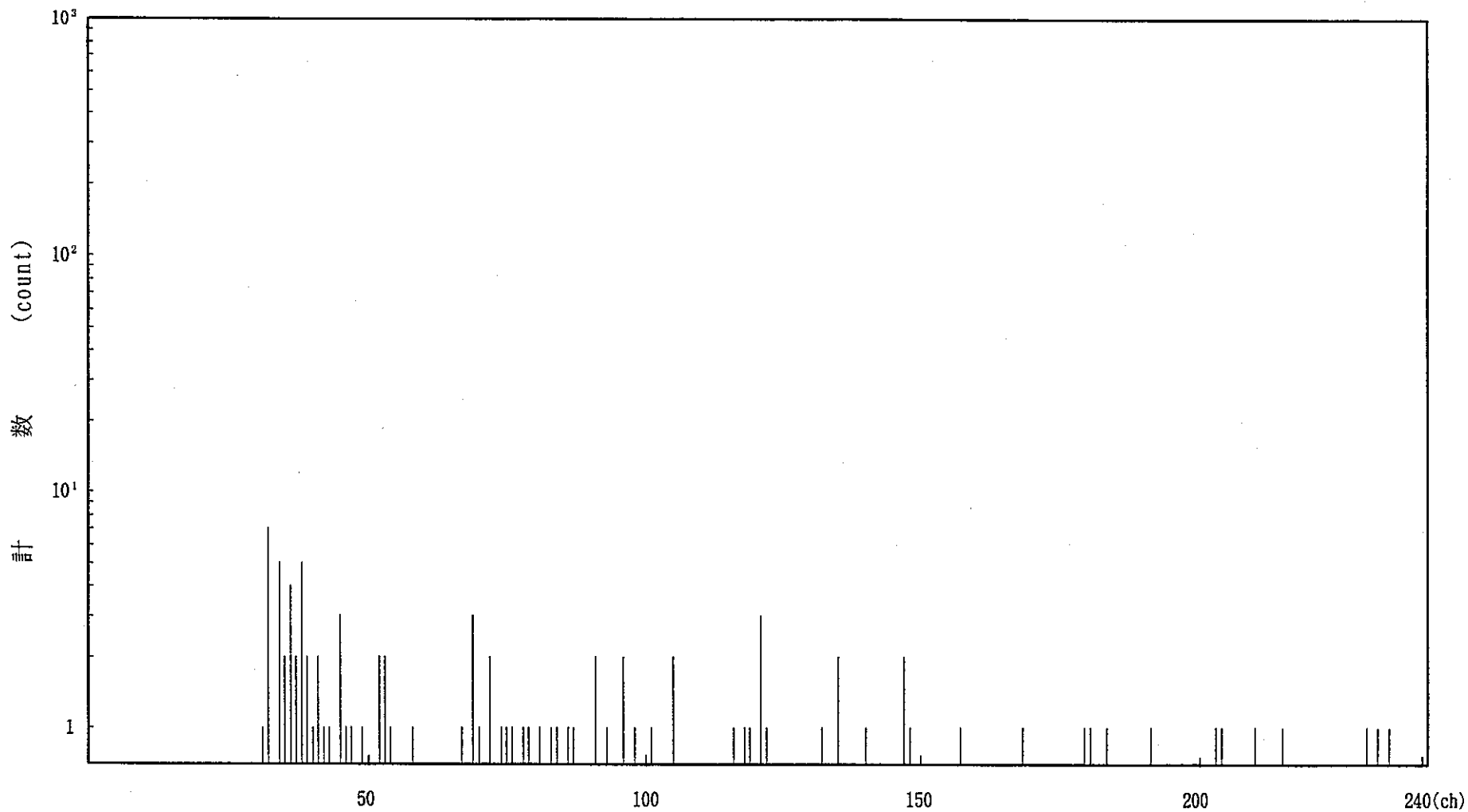


図-13 中性子感度試験時のスペクトル
(Ser.No 86R2044 50 μ Sv/h)

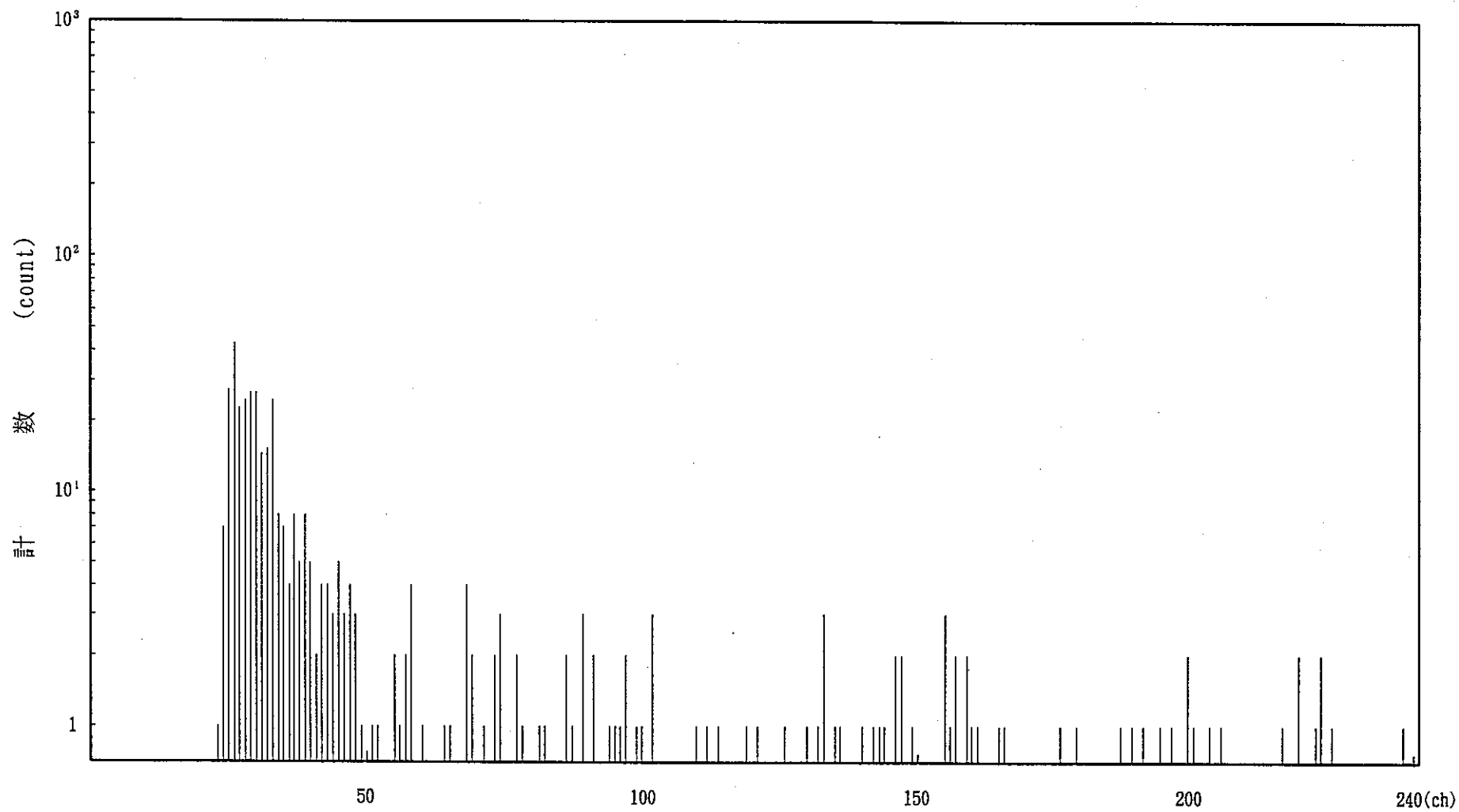


図-14 中性子感度試験時のスペクトル
(Ser.No 86R2045 50 μ Sv/h)

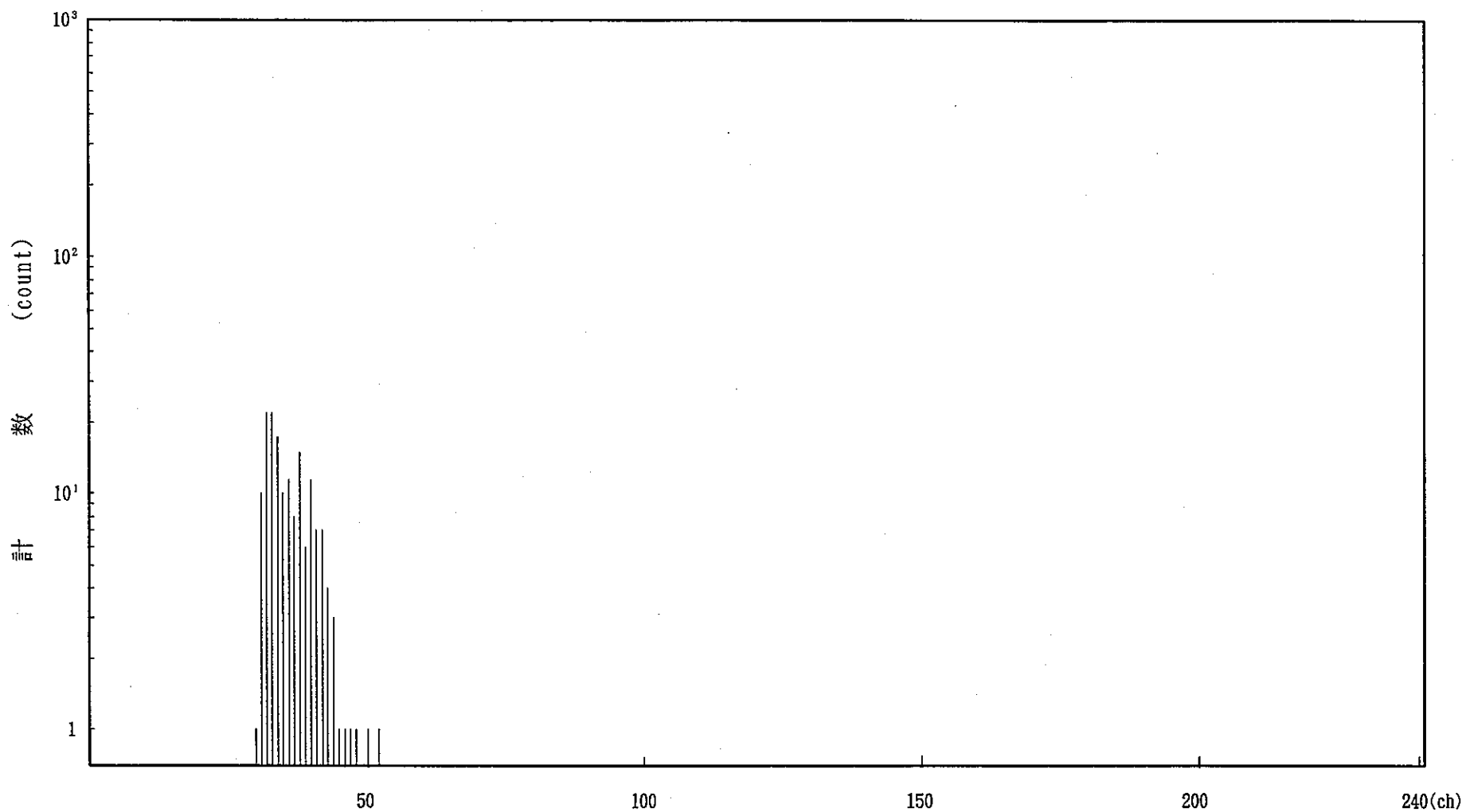


図-15 β 線感度試験時のスペクトル
(Ser.No 86R2044 線源 U₃O₈)

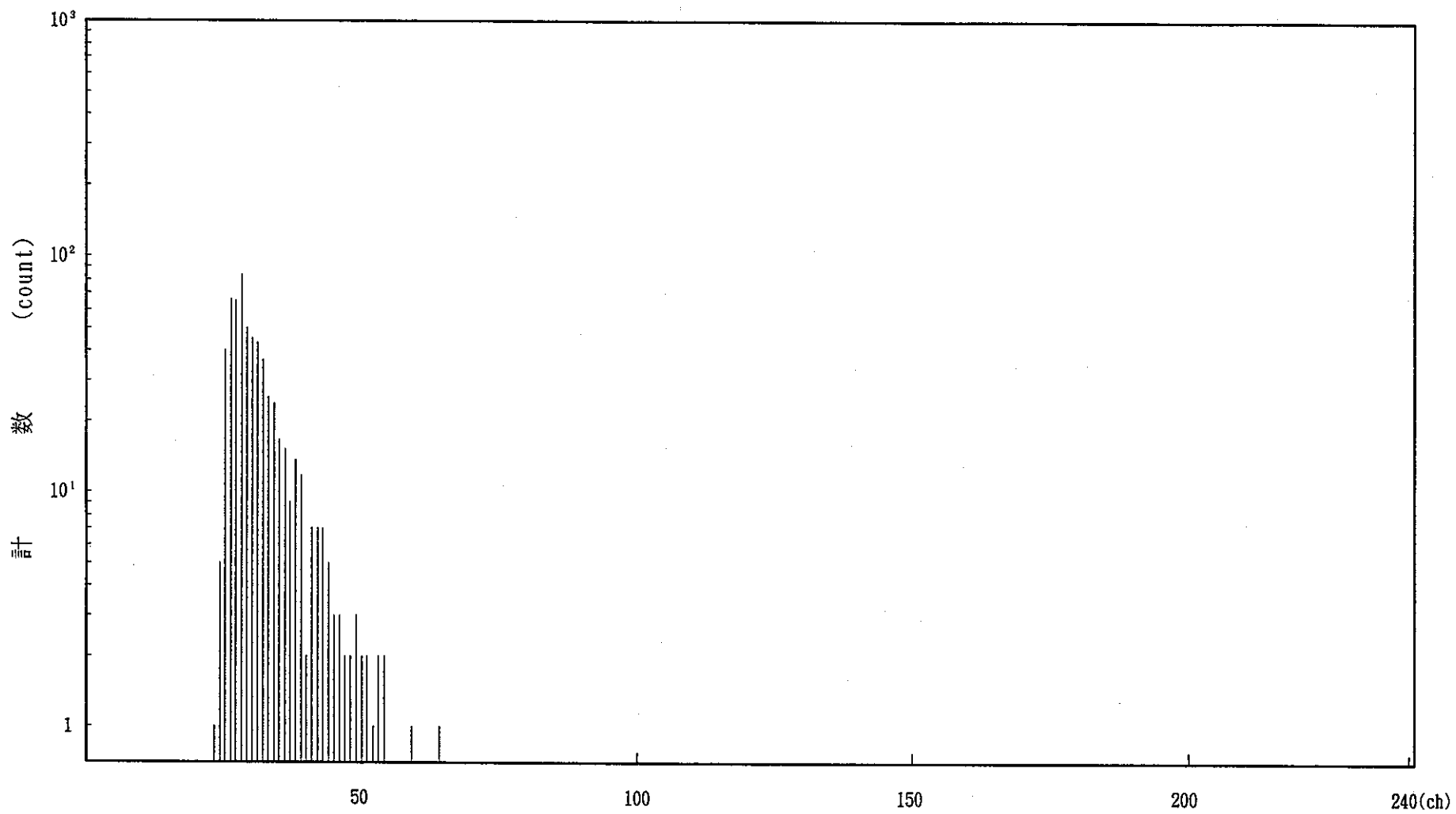


図-16 β 線感度試験時のスペクトル
(Ser.No 86R2045 線源 U_3O_8)

表-1 α 線スペクトル型サーベイメータ特性試験結果

試験項目	α 線スペクトル型サーベイメータ	
	Ser. No 86R2044	Ser. No 86R2045
自然計数率	0.007 cps	0.019 cps
計数効率	26.8%	26.2%
エネルギー分解能	610 keV	590 keV
エネルギー直線性	$< \pm 1\%$ (F.S)	$< \pm 1\%$ (F.S)
γ 線感度	0.32 cps/1mSv/hr	11.7 cps/1mSv/hr
n線感度	5.8 cps/1mSv/hr	11 cps/1mSv/hr
β 線感度	0.39 cps/100Bq	1.4 cps/100Bq

3. 2 現場試験

1) 試験方法

プルトニウム燃料第一開発室及び第二開発室の作業現場で、作業時の α 線サーベイメータ等によるサーベイで計数があった場合に、本 α スペクトル型サーベイメータを用いてプルトニウムであるかラドン・トロンであるかの判別を行う。

- ・実施場所 プルトニウム燃料第一開発室及び第二開発室
- ・実施担当者 安全管理部放射線管理第一課P u - 1, 2 担当放管員

2) 現場試験結果

期間中13件の判別を行ったが、いずれも短時間で容易にその判別が行われ、プルトニウム燃料施設での表面汚染管理に適用できることが確認された。

表-2に試験結果を示す。

表-2 α 線スペクトル型サーベイメータ現場試験結果

発生日	施設	室名等	測定対象物	計数值	PuかRn-Tnかの判別に要した時間(分)	判定結果
平成元年 11月2日	プル燃第二 開発室	A-104	床 面	300 dpm (α シチ サーベイメータ)	15	Rn-Tn
平成元年 12月8日	プル燃第二 開発室	A-105	鉛シート	200~300dpm (α シチ サーベイメータ)	20	Rn-Tn
平成2年 4月3日	プル燃第一 開発室	R-125	作業台の上 (ビニール シート上)	200~300dpm (α シチ サーベイメータ)	10	Rn-Tn
平成2年 4月5日	プル燃第一 開発室	R-125	カバーオール (左わき下)	200~300dpm (α シチ サーベイメータ)	15	Rn-Tn
平成2年 4月5日	プル燃第一 開発室	R-125	作業台の上	300~400dpm (α シチ サーベイメータ)	10	Rn-Tn
平成2年 4月5日	プル燃第一 開発室	R-125	カバーオール (左肩)	300~500dpm (α シチ サーベイメータ)	15	Rn-Tn
平成2年 4月6日	プル燃第一 開発室	R-230	ビニール エプロン	200~300dpm (α シチ サーベイメータ)	25	Rn-Tn
平成2年 4月6日	プル燃第一 開発室	R-125	両手 (R I ゴム手袋)	200~300dpm (α シチ サーベイメータ)	15	Rn-Tn

発生日	施設	室名等	測定対象物	計数值	PuかRn-Tnかの判別に要した時間(分)	判定結果
平成2年 4月10日	プル燃第一 開発室	R-125	グローボックスパネル面 (グロー交換後)	300 dpm (α シンチ サーベイメータ)	20	Rn-Tn
平成2年 4月17日	プル燃第一 開発室	R-129	カバーオール (左ひじ, 左わき)	200~300dpm (α シンチ サーベイメータ)	20	Rn-Tn
平成2年 4月19日	プル燃第一 開発室	R-125	カバーオール (両ひじ) R I ゴム手袋 (右手)	200~300dpm (α シンチ サーベイメータ)	25	Rn-Tn
平成2年 4月20日	プル燃第一 開発室	管理区域 出入口 ハンドフット クローズモニタ	両手	•15c/10sec (HFCM) •200~300dpm (α シンチ サーベイメータ)	10	Rn-Tn
平成2年 4月25日	プル燃第一 開発室	管理区域 出入口 ハンドフット クローズモニタ	両手	•16c/10sec (HFCM) •100~200dpm (α シンチ サーベイメータ)	10	Rn-Tn

4. ま と め

α 線スペクトル型サーベイメータの特性試験や現場試験の結果、自然計数率、計数効率等の結果は良好であるとともに、プルトニウムとラドン等との判別が容易にでき特に問題のないことが確認できた。

γ 線感度や β 線感度は、プルトニウムとラドン等とを判別する領域のチャンネルより低く離れた位置のチャンネルに計数されているため、判別に影響のない範囲でディスクリを調整することにより低減できる。但し、中性子線感度についてはチャンネル全体的に計数されており、ディスクリ調整で低減しても判別領域に計数があるため、測定環境中に中性子線が存在するところで測定を行う場合は注意する必要がある。

プルトニウムかラドン・トロンかの判別に要した時間は10分から20分位であった。これは従来の判別方法で行って要した時間の6分の1の時間となる。

以上のように α 線スペクトル型サーベイメータは、当初めざしたように判別機能と計数機能を有した小型、軽量で操作性の良い測定器とすることができ、プルトニウム燃料施設のみならずウラン取扱施設、再処理施設でも使用することが可能であるため、今後各施設での放射線管理に適用していきたい。

5. 参 考 文 献

J I S Z 4 3 2 9 放射性表面汚染計