

肺モニタによる人体バックグラウンド と肺中プルトニウムの調査報告

Investigation of Low-Energy γ -rays Back Ground on
Pu-Workers and of Plutonium in Lung by Lung Monitor

1973年7月



動力炉・核燃料開発事業団

東海事業所

肺モニタによる人体バックグラウンドと
肺中プルトニウムの調査報告

実施責任者 須磨崎一治
報告者 岡部正則
本山茂二

この資料は、社内における検討、周知を目的とする社内資料です。

期間 1971年9月～1973年2月

目的 本調査の目的は次のとおりである。

- ① 肺モニタで測定対象となる低エネルギー領域の個人別バックグラウンド値の把握
- ② 日常のPu取扱作業による長期吸入・蓄積された肺中Puのネガティブ・チェック
- ③ 正常人体バックグラウンド値と体重など、身体計測値との関係の解析

要旨 動燃東海事業所放射線保健室に設置されている肺モニタを使用して、当事業所Pu燃料開発室と動燃大洗工学センターおよび原研東海研究所で就業する職員363名を対象にして実施した調査の報告である。

人体に関する低エネルギー領域のバックグラウンド値の把握は、今後肺モニタを利用して、Pu作業従事者等の吸入被曝時における内部被曝管理を実施して行く上での基礎資料を与えるものである。

この個人のバックグラウンド値は、個人の体格などによって相違することが考えられる。従って、今回の調査はPu燃料開発室で就業する者全員について実施し、個人別データの収集の他、これらの個人別データを基に統計処理を行って正常人体バックグラウンド値と体重などとの関係を解析し、個人の体重から人体バックグラウンド値の最良推定値を求める方法について考察した。

この他、Pu作業従事者群と非従事者群とについて、バックグラウンド平均値を比較・検定したが、危険率1%で有意な差は認められなかった。

目 次

1. まえがき	1
2. 調査方法	3
3. 調査結果と考察	10
1) 個人別測定結果	10
2) Pu 作業従事者群と非従事者群に関するバックグラウンド 平均値の有意差の検定	15
3) 人体および鉄室バックグラウンド値の月別変動と個人別バ ックグラウンド値の補正	18
4) 体重と人体バックグラウンド値との相関関係	23
5) 被検者の体重から人体バックグラウンド値の推定	29
6) Pu および Am-Channelバックグラウンド値の体重に対 する2次曲線回帰	30
7) [体重/身長]値から人体バックグラウンド値の推定	32
8) 肺モニタの最小検出量	33
4. むすび	36
参考文献	37
付 表 個人別バックグラウンド測定記録	38

1. ま え が き

この調査は、動燃東海事業所放射線保健室に設置されている肺モニタ^{*}を使用して、1971年9月から1973年2月に亘って実施されたものである。その目的は、①肺モニタで測定対象となる低エネルギー領域の個人別バックグラウンド値の把握と、②日常のPu取扱作業による長期吸入・蓄積されたPuのネガティブ・チェック、および③正常人体バックグラウンド値と体重などとの関係を分析し、正常人体バックグラウンドのレベルと範囲が、どの程度であるかを明らかにすることにある。

個人別および正常人体バックグラウンド値の把握は、今後肺モニタを利用して、Pu作業従事者等の内部被曝管理、特に吸入被曝時における肺中Puの定量・評価をして行く上でのバックデータを与えるものである。

肺モニタ利用上の、いわゆるソフトウェアに関する問題点は、大きく分けて①吸入被曝したPu線源の同位体組成と²⁴¹Am含有比に関するものと、②吸入Puの肺内沈着の分布状態に関するもの、および③被曝者個人の体格等に関するものとが考えられる。

また③の被曝者個人に関する問題点として、

- ① 肺と検出器の相互位置関係の違いによる測定器の幾何学的効率の変化
- ② 肋骨・胸骨・心臓部分などによる遮蔽損失の差違
- ③ 胸部軟組織層による吸収損失の差違
- ④ 人体バックグラウンド値の差違

などが含まれる。

実際の被曝者の測定にあっては、以上の要因が複雑にからみ合って、測定の精度と最小検出限度が決定されることになる。従って、肺負荷量の極めて低いレベル(²³⁹Puの最大許容肺負荷量16 nCiの1/3程度を目安)が問題とされる現場サイドの被曝管理にあって、これらの要因についてどの程度精度よく補正できるかが、測定精度を評価する上でのカギとなる。

本調査でとりあげる低エネルギー領域の人体バックグラウンド値、特にPu - Channel (約12～26 KeV)とAm - Channel (約45～85 KeV)における人体バックグラウンド値は、被検者体内に天然に存在する放射性物質⁴⁰K、およびフォールアウトからもたらされる

* この肺モニタは、比例計数管系とNaI(Tl)検出器系の2系統を有し、鉄室と比例計数管系は1970年4月に設置され、NaI(Tl)検出器系は同年12月に附加された。

^{137}Cs などの量によって変化するものと考えられる。体内の ^{40}K の量は個人の体重にほぼ比例するが、 ^{137}Cs の量は時期、個人の居住地、食生活や年齢などによって大きく異なる。

本調査では、かかる人体バックグラウンド値に影響すると考えられる要因をふまえて、動燃東海、動燃大洗および原研東海の関係者363名について測定を行い、個人別のデータを整理・収集した。また、これらの個人別データを基に統計処理を行なって、体重などの身体計測値との関係を解析し、正常人体バックグラウンド値を推定するための公式を提示し、今後の内部被曝に関する個人モニタリング・プログラムを再検討するための資料を得るためにまとめた。

2. 調査方法

肺モニタによる人体バックグラウンド値の測定は今回が最初であり、特にPu作業従事者等の個人毎のデータを収集する必要性から、動燃東海事業所プルトニウム燃料開発室で就業する者全員(259名)を調査対象とした。この他特に原研と動燃大洗工学センターから測定依頼のあった81名と23名を含む総計363名である。測定の月別実施内訳を表1に示す。

表1 肺モニタによる測定実施内訳

測定実施年月	測定人数	所属別内訳
1971年 9月	14名	安管課(14)
10月	23	Pu燃製造課(23)
11月	33	Pu燃製造課(32), 管理課(1)
12月	29	Pu燃品管課(19), 製造二課(6), 管理課(4)
1972年 1月	27	Pu燃開発課(12), 品管課(5), 製造一課(4) 製造二課(3), 管理課(5)
2月	16	Pu燃開発課(12), 管理課(3), 設計課(1)
3月	18	Pu燃設計課(9), 管理課(9)
4月	7	相沢産業(5), Pu燃設計課(2)
5月	8	Pu燃製造一課(6), 安管課(2)
6月	41	Pu燃製造二課(16), 製造一課(9), 品管課(8) 開発課(2), 設計課(1), 管理課(5)
7月	26	Pu燃製造二課(6), 製造一課(5), 設計課(5) 開発課(2), 管理課(1), 技術工務課(6)
9月	17	Pu燃開発課(4), 管理課(2), 製造一課(2) 製造二課(1), 技術工務課(4), 安管課(4)
10月	32	原研東海(32)
11月	8	原研東海(8)
1973年 1月	41	原研東海(41)
2月	23	動燃大洗(23)
合計	363	

測定に用いた装置は、放射線保健室に設置されている肺モニタである。検出器としてNaI (TL)シンチレーション・ディテクタを使用し、上半身裸体でベッド上に仰臥位になった被検者の胸部に検出器を当てて、各50分間測定した。検出器と被検者胸部との相互位置関係を図1に示す。また、使用した装置の主要諸元は表2に示すとおりである。

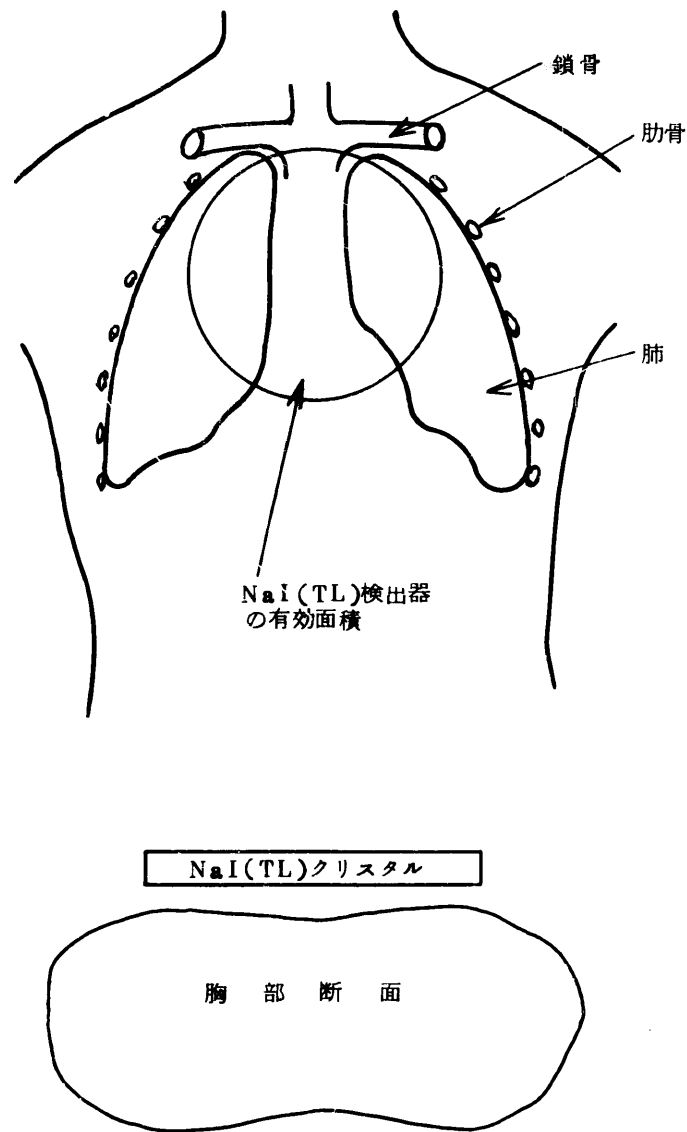


図1 NaI(TL)検出器と被検者の相互位置関係

表2 測定装置の主要諸元

検出器系	NaI(TL) 8 in 径 5 mm 厚 光電子増倍管 3 in 径 3 本 使用 窓面材質 ベリリウム箔 0.25 mm 厚
電子回路系	前置増幅器 手製 電圧増幅型 加算増幅器 手製 波高分析器 Toshiba 800ch. U. S. C. Unit-KA (800chを4分割して、200chで使用)
鉄室系	主 材 鉄 2.0 cm 厚 鉛 3 mm " 銅 0.5 mm " 塩ビ 3 mm " 内部寸法 間口2 m, 奥行2.5 m, 高さ2 m 測定台 鉄骨布張りベッド その他 換気系, 冷暖房系あり

なお、測定に先立って、被検者に皮膚面の汚染を除去するため全身シャワーを浴びてもらい、次に身長、体重、胸囲、胸厚、胸巾などの計測を行った。

以上の被検者測定と併行して、肺モニタ装置の正常動作状態をチェックするために、ベッドを含む鉄室のバックグラウンド測定と、²⁴¹Am点線源または²³⁹Pu平面線源による装置のエネルギー較正を随時実施した。その記録を表3と表4に示す。また鉄室のバックグラウンド・スペクトラムと²⁴¹Am線源によるスペクトラムの1例を図2と図3に示す。なお、鉄室内の温度と湿度については、正確な測定記録がないが簡単な空調を行なっているので、それぞれ大略24~28℃、50~70%程度と考えられる。

測定データは、約0~150 KeVのエネルギー範囲を200チャンネルに分割して与えられるが、測定値の読取りは、①約12~26 KeV(Pu-Channel)と、②約45~85 KeV(Am-Channel)の両チャンネルについてのみ行った。この場合の両チャンネル巾の選定は、表4に示されているようにそれぞれ²³⁹Puから放出される17 KeV X線と、²⁴¹Amから放出される60 KeV r線によるPhotopeak値の半値巾に相当するチャンネル間とした。この方法によって、月別にかなり変動している両Photopeak位置とエネルギー分解能値に伴うチャンネル巾の取りちがえの誤差を小さくすることができる。

以上の方法で得られた個人毎のPu-Channel、およびAm-Channelの測定値を基に統計処理を行って、

- ① バックグラウンド値に異常値を示した者の抽出

表3 鉄室バックグラウンド平均値の月別推移表

測定年月	Pu - Channel (cpm)		Am - Channel (cpm)		測定回数
	平均	σ	平均	σ	
1971. 10.	33.36	0.53	72.02	1.66	6
11.	33.93	0.86	75.33	3.04	5
12.	34.71	1.32	80.92	4.88	12
1972. 1.	33.89	1.44	76.17	2.44	16
2.	34.63	1.28	75.48	1.47	9
3.	36.19	0.45	74.28	1.58	9
4.	34.26	1.12	77.29	1.55	6
5.	34.73	0.53	72.71	2.82	3
6.	33.88	0.90	70.97	1.82	8
7.	33.20	1.26	72.61	2.09	8
8.	33.90	1.03	71.59	2.44	7
9.	35.06	1.20	73.68	2.14	11
10.	33.60	0.59	73.78	2.55	10
11.	34.07	0.72	76.35	1.76	8
12.	34.30	0.78	78.42	0.19	2
1973. 1.	34.49	0.59	77.31	2.35	12
2.	35.25	1.49	79.93	3.71	6
平均	34.32		75.23		

- ② Pu 作業従事者群と非従事者群のバックグラウンド平均値に関する有意差の検定
- ③ 正常人体バックグラウンド値と体重, または〔体重/身長〕値との関係の解析
- ④ 体重などの身体計測値から, 個人のバックグラウンド値と, その信頼区間の推定について考察した。

表4 装置のエネルギ校正記録

月 日	Pu - Channel		Am - Channel	
	ピーク位置	半値巾(チャンネル)	ピーク位置	半値巾(チャンネル)
1971. 9. 25	22 ^{ch}	13~32	83 ^{ch}	63~110
10. 15	22	13~32	83	63~110
11. 1	21	13~32	83	63~111
11. 20	21	13~33	79	57~106
12. 5	20	13~32	80	59~107
12. 16	20	13~32	80	58~107
1972. 1. 14	20	13~32	81	57~107
1. 31	20	13~32	79	57~105
2. 21	20	13~33	78	57~105
3. 16	21	13~32	78	57~105
4. 17	21	13~33	83	60~111
4. 28	20	13~32	82	60~109
5. 24	22	14~33	84	64~114
6. 1	22	14~33	82	60~110
6. 16	22	14~33	83	64~112
7. 8	22	14~34	82	60~110
7. 20	21	14~33	80	59~109
8. 8	22	13~32	82	61~112
8. 17	22	14~33	83	62~114
9. 13	22	14~33	83	62~112
9. 27	22	14~33	83	62~112
10. 17	22	14~33	82	60~111
10. 24	21	13~32	82	60~111
11. 1	22	14~33	81	60~111
11. 21	22	14~33	81	59~111
12. 12	22	14~33	81	60~111
1973. 1. 8	21	13~32	77	57~107
1. 16	21	13~32	77	57~107
1. 26	21	13~32	78	57~107
2. 2	21	13~32	77	57~107
2. 16	21	13~32	77	57~107

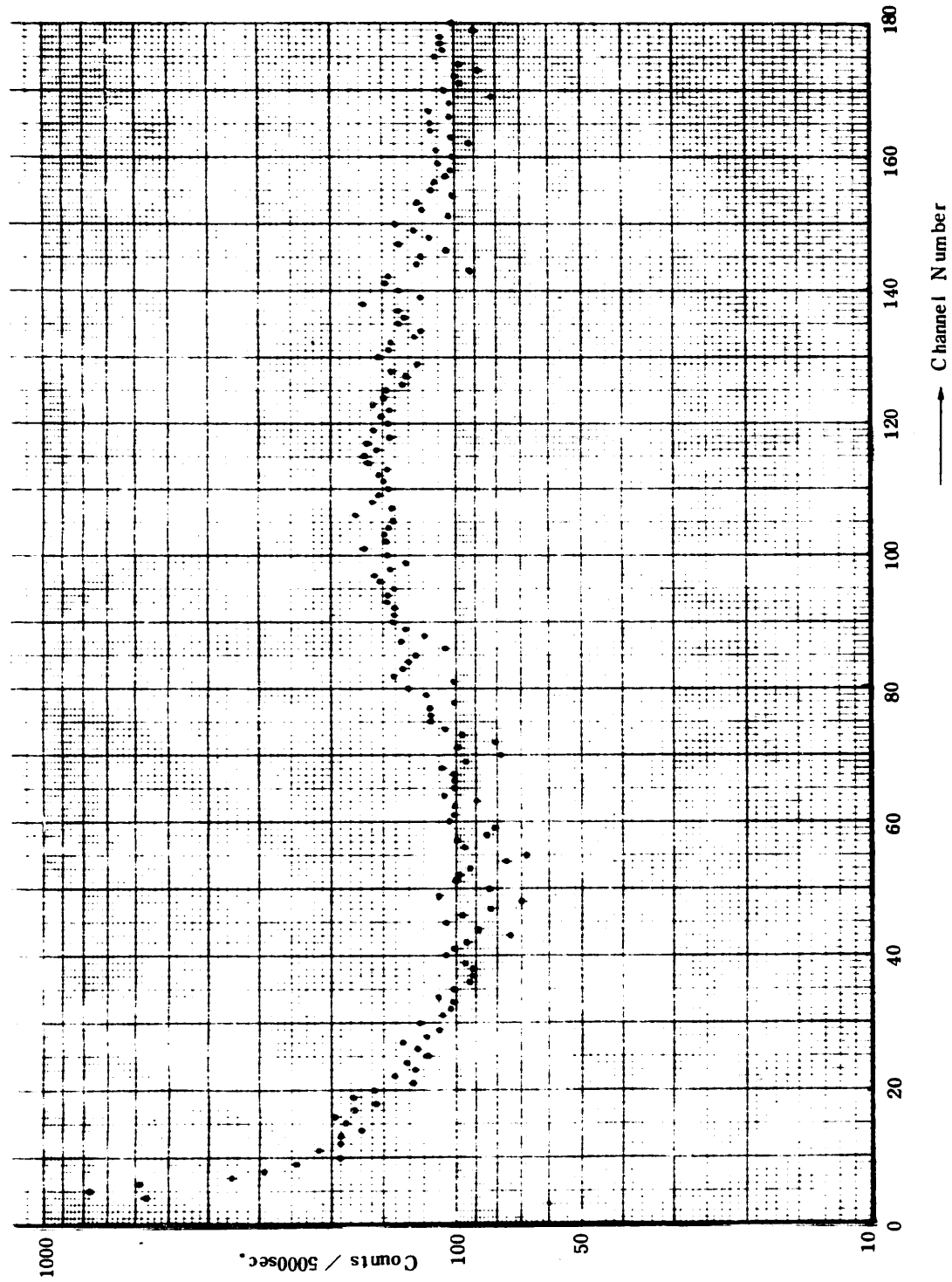


図2 鉄室バックグラウンドのスペクトラム

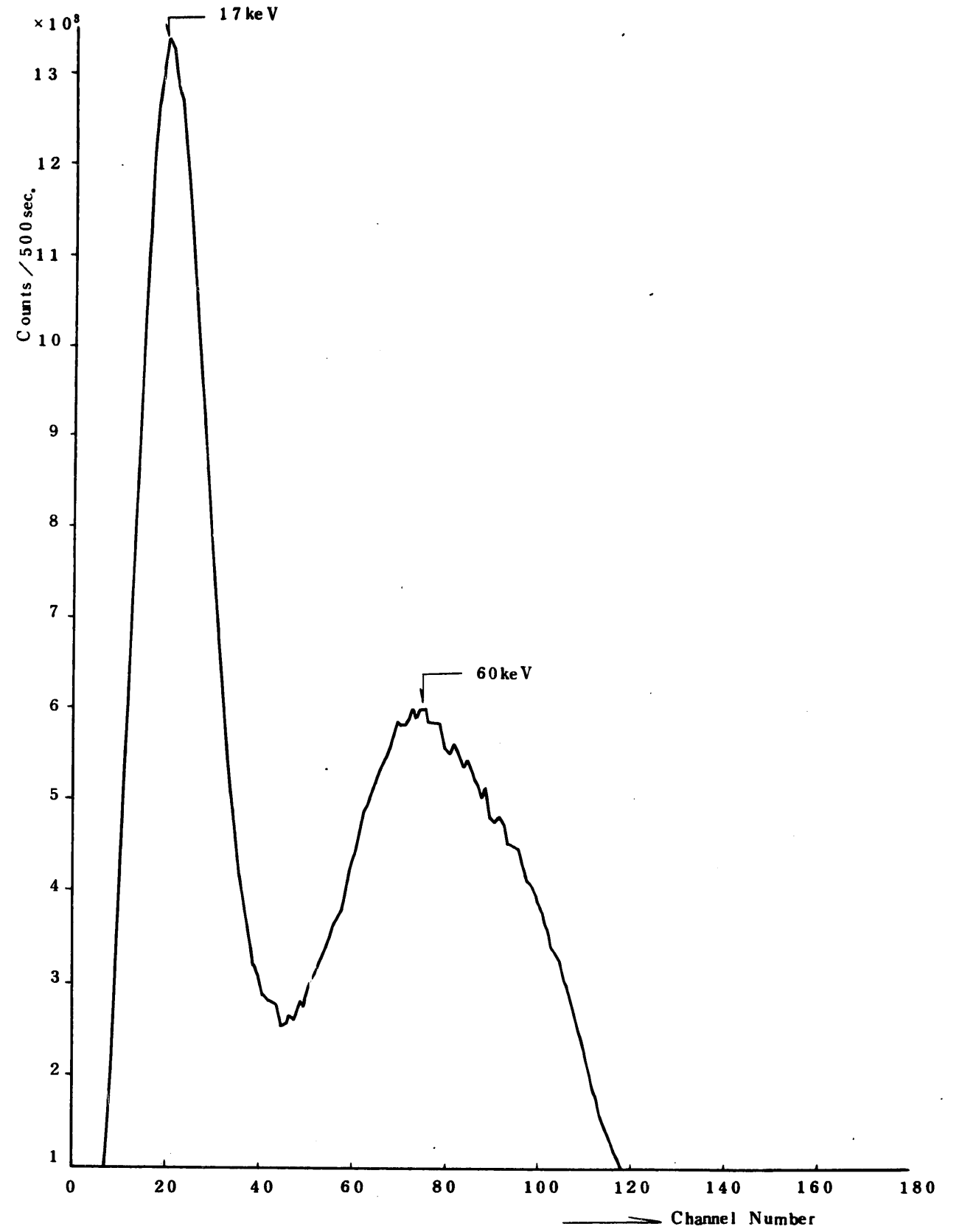


図3 ²⁴¹Am-スペクトラム

3. 調査結果と考察

1) 個人別測定結果

各個人別の測定結果を付表に示す。表中の()の前に示してある数値が実測値である。

()の中に示した数値は実測値を感度補正した値である。この補正方法については3)項で述べる。

また、表中に示した計数率の値は、実測値から鉄室バックグラウンド値を差引かない生(Gross)の値として示してある。この場合検出対象である γ (X)線が100 KeV以下の非常に低いエネルギー領域にあるため、ベッドと検出器の間に人体が横たわることによって、鉄室自身、特にベッドからもたらされるバックグラウンドが吸収減少される効果がある。¹⁾この効果は被検者の胸厚などによって異なり、単純に実測値から鉄室バックグラウンド値を差引いても正味(Net)の人体バックグラウンド値は与えられない。また本調査の目的から、必ずしもNetの値を求める必要がないと考えられるのでGrossの値を示した。以下本報告書ではこのGrossの値を「人体バックグラウンド値」と表現する。

以上の個人別測定結果(実測値)から、各月毎の平均値と標準偏差の値を求め、[(平均値) + 3 × (標準偏差)] 値を超えるような著しく高い値を示した者を抽出した結果、付表中に*印で示してある「東海 $\#$ 185」、 「東海 $\#$ 197」および「原研 $\#$ 49」の3名が該当した。この3名に関するスペクトラムを図4、図5および図6に示す。また参考までに平均バックグラウンド値に近い被検者のスペクトラムの1例を図7に示す。

これらのスペクトラムからわかるように、3名ともPu-Channel, Am-Channelの両Channelについて高い値を示しているが、「東海 $\#$ 197」については、特にAm-Channelでの増加が著しい。

更に、この3名について、原因を調べるとともに再測定を実施した。その結果、表5に示すように「東海 $\#$ 185」と「原研 $\#$ 49」の2名については異常のないことが判明したが、「東海 $\#$ 197」については再び高い値が認められ、 ^{241}Am による体内汚染のあることが明らかになった。なお、この ^{241}Am による体内汚染は、尿のバイオアッセー検査の結果と、当事業所へ入社する以前の職歴の調査結果からも裏づけられ、この者については、その後も追跡測定を実施し経過観察中である。

表5 再測定と原因調査の結果

氏名	測定月日	Pu-Channel (cpm)	Am-Channel (cpm)	判定	前回の測定で高い値を示した原因
東海 $\#$ 185	1973. 3. 26	37.77 \pm 0.87	141.83 \pm 1.68	異常なし	不明
東海 $\#$ 197	1972. 7. 31	65.19 \pm 1.14	301.17 \pm 2.45	異常あり	^{241}Am による体内汚染
原研 $\#$ 49	1973. 2. 2	43.08 \pm 0.93	171.43 \pm 1.85	異常なし	夜光腕時計を着用

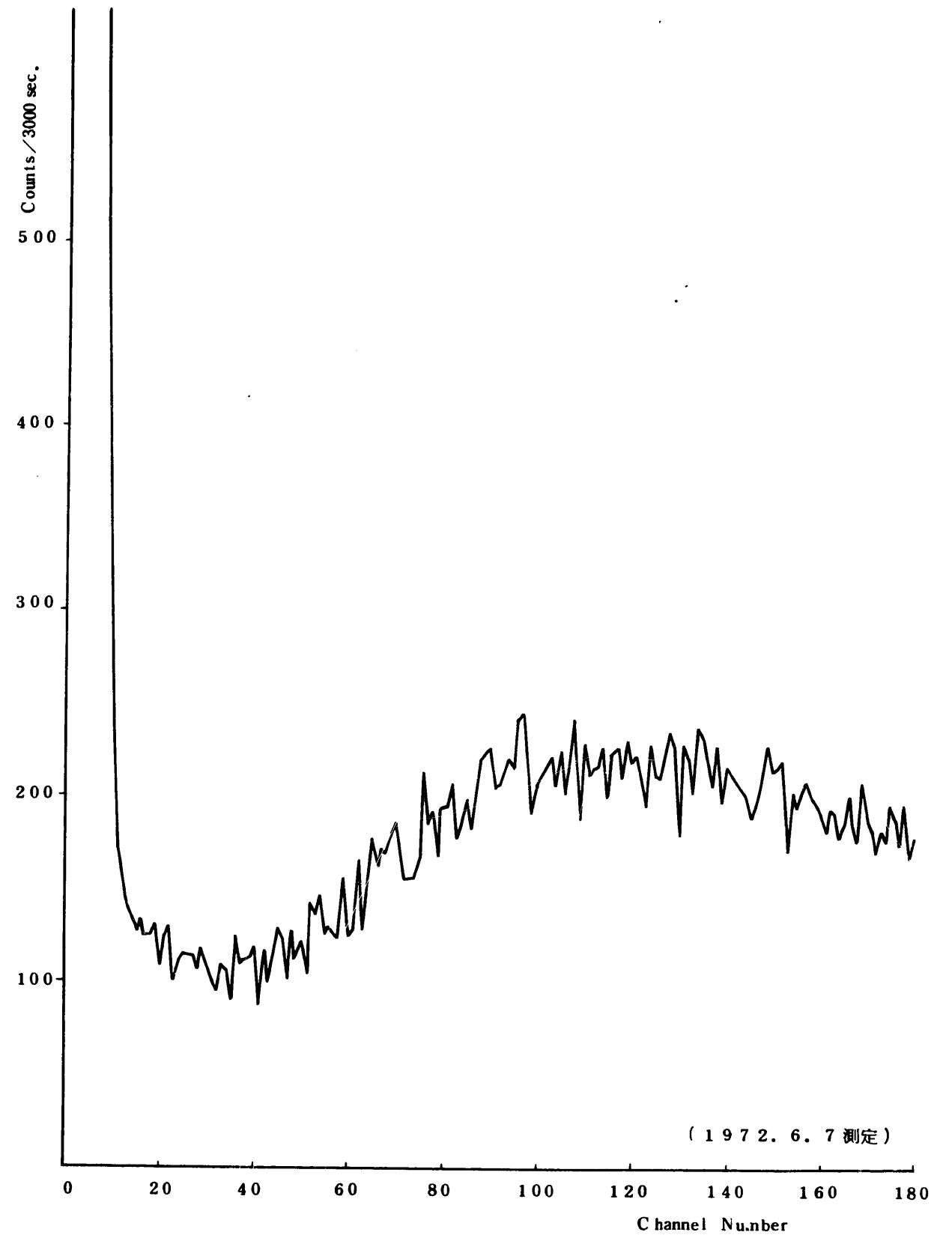


図4 「東海 $\#$ 185」のスペクトラム

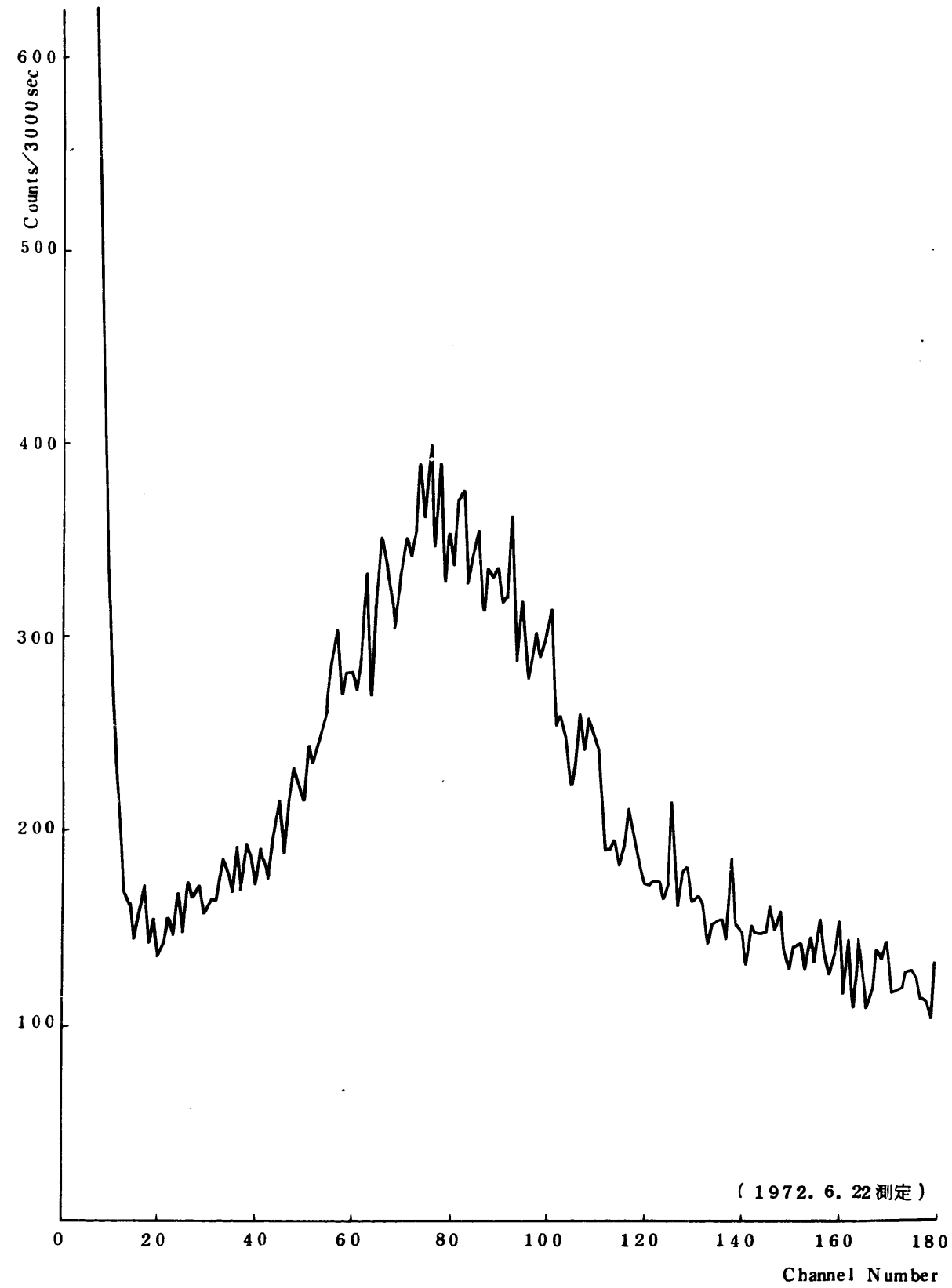


図5 「東海 No 197」のスペクトラム

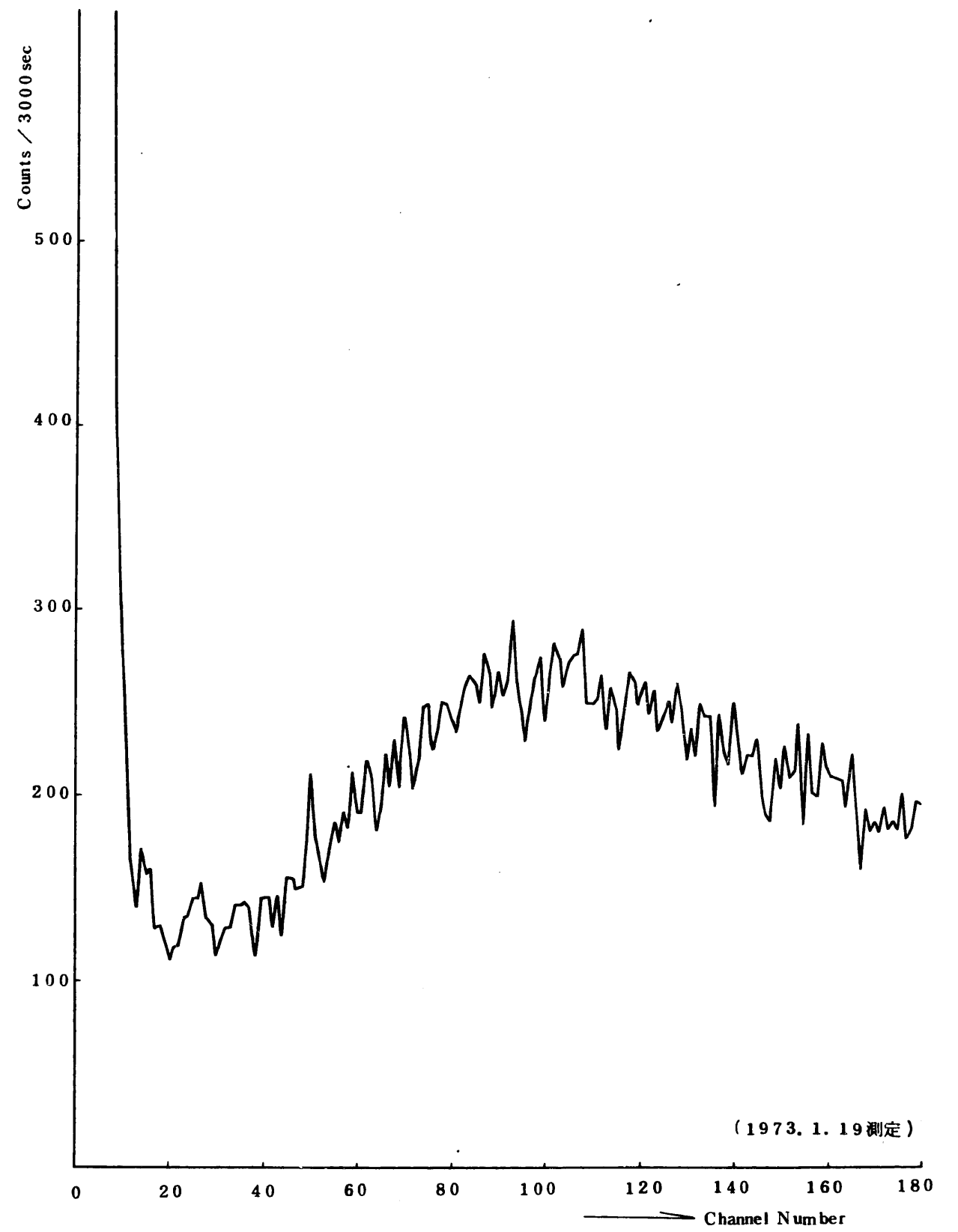


図6 「原研 No 49」のスペクトラム

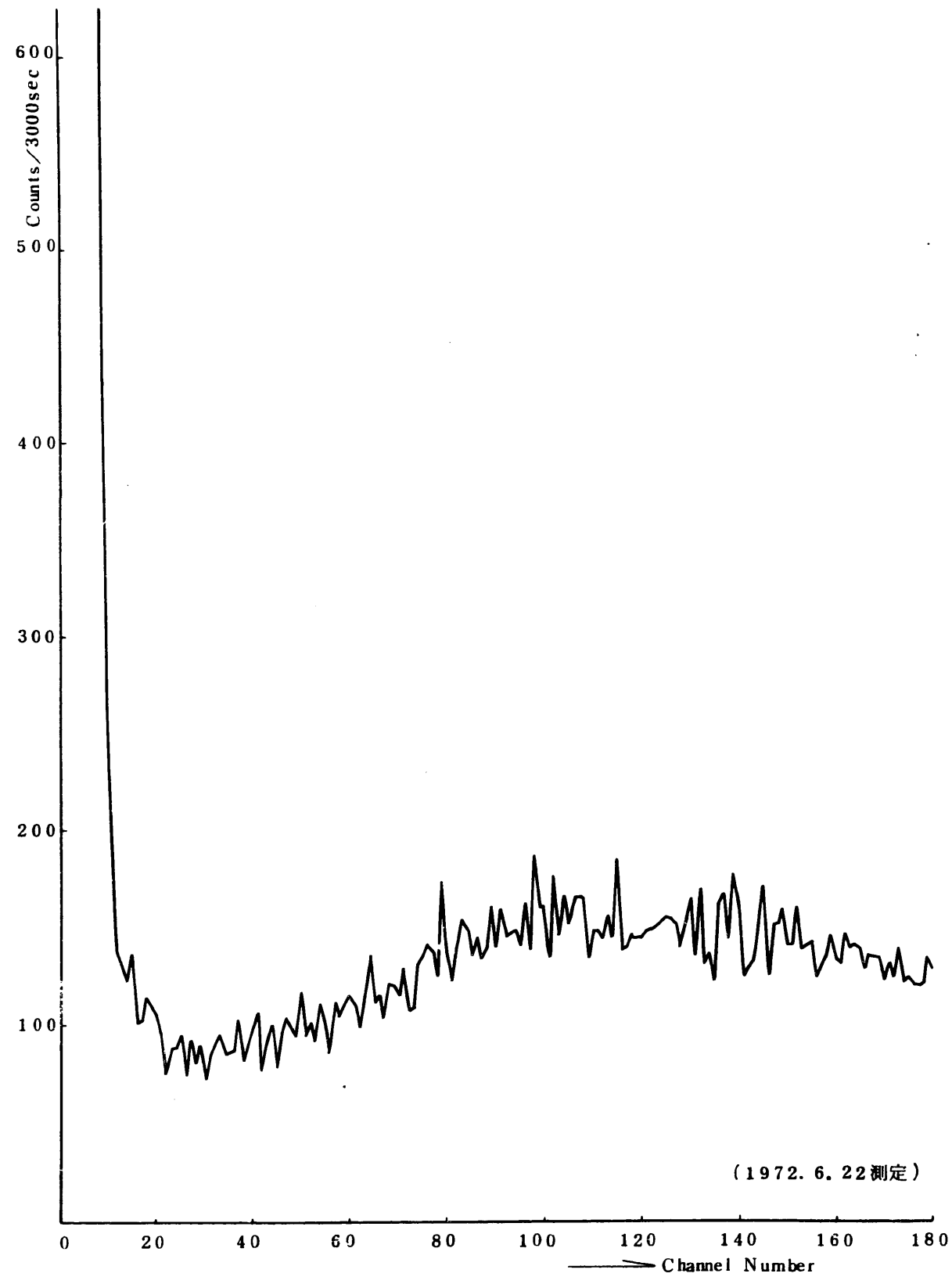


図7 平均人体バックグラウンドのスペクトラムの1例

2) Pu 作業従事者群と非従事者群に関するバックグラウンド平均値の有意差の検定

付表の個人別バックグラウンド実測値の月別の平均値と標準偏差を表6と図8に示す。

表6 人体バックグラウンド平均値の月別推移表

測定年月	Pu-Channel (cpm)		Am-Channel (cpm)		測定人数
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	
1971. 9	37.31	1.35	136.68	6.69	14
10	37.16	1.21	138.82	7.70	23
11	39.50	1.28	151.33	6.44	33
12	40.59	2.15	154.95	9.21	29
1972. 1	39.51	1.75	149.66	7.35	27
2	39.14	1.84	143.66	7.56	16
3	40.78	1.22	147.54	6.86	18
4	38.43	1.42	148.91	6.06	7
5	37.50	0.98	143.78	9.49	8
6	38.69	1.84	142.43	6.85	39
7	37.74	1.11	140.25	6.72	26
9	39.40	1.75	143.90	7.54	17
10	39.53	1.25	148.55	6.77	32
11	39.53	0.74	149.92	5.53	8
1973. 1	41.99	1.52	155.84	7.89	40
2	42.15	1.45	157.69	6.00	23
平均	39.31		147.12		

表6と図8からわかるように、人体バックグラウンドの実測値には、月別にかんがりの変動がみられる。従ってPu 作業従事者群と非従事者群のバックグラウンド実測値の間に有意な差があるか否かを調べるために、各月ごとに両群に関する実測値の平均値と標準偏差を求め、t-test によって有意差を検定した。その結果を表7に示す。

ここでPu 作業従事者群として、Pu 燃製造課第1係と第2係および開発課試料係に所属するグローブボックス作業員を選定した。なお、両群構成員の体重分布には、表8に示すように大きな差異は認められない。また、両群のバックグラウンド実測値の分布は、正規分布に近似している。(χ²-testによって正規分布への適合度を検定した。)

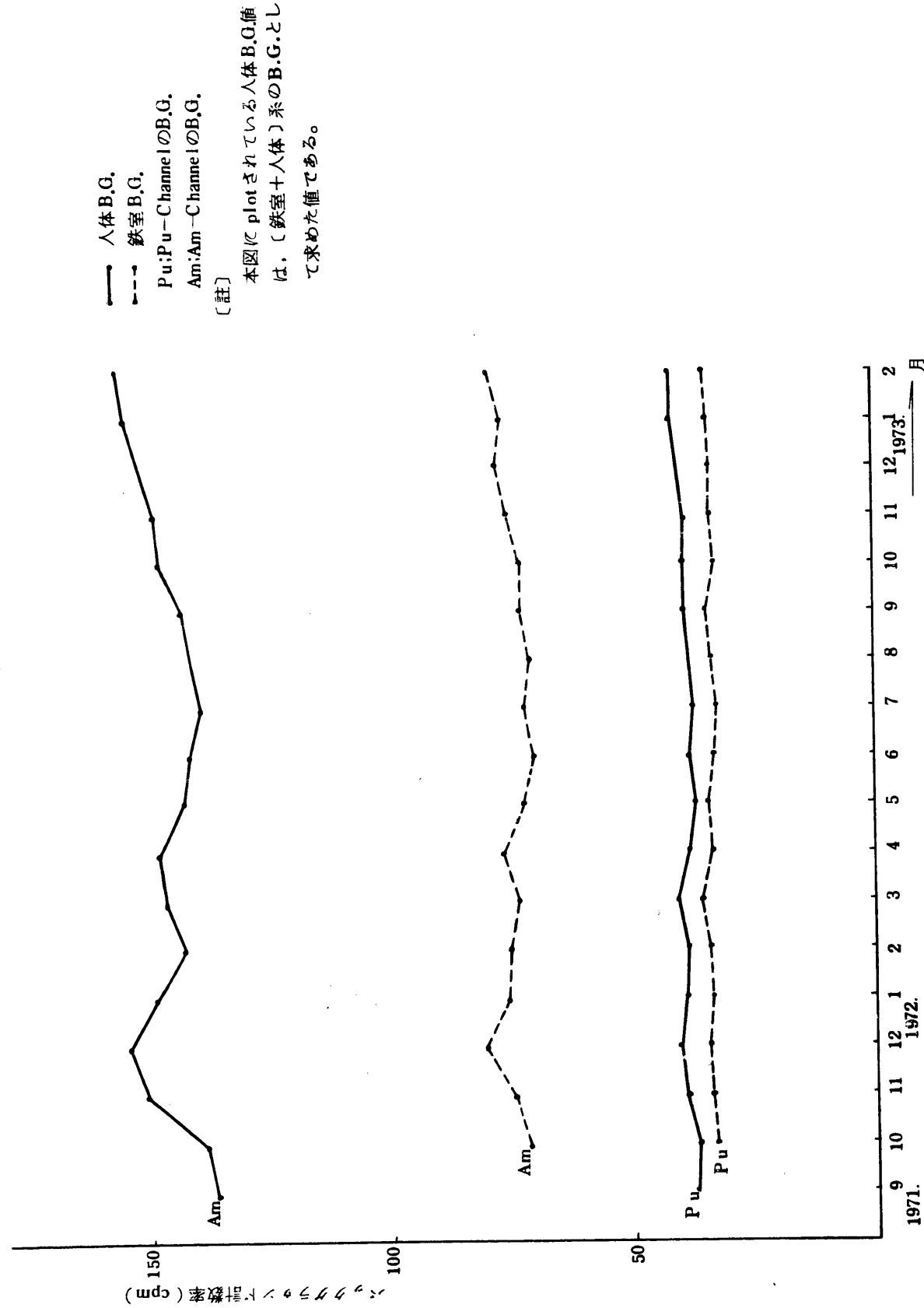


図8 人体および鉄室バックグラウンドの月別推移図

表7 Pu作業従事者群と非従事者群に関するバックグラウンド平均値の有意差の検定

測定年月		Pu作業従事者			非従事者			危険率1%での有意差の有無
		人数	平均値 cpm	標準偏差 cpm	人数	平均値 cpm	標準偏差 cpm	
1971.10	Pu*	14	36.83	1.00	9	37.68	1.37	無
	Am*		135.45	4.91		144.07	8.55	
11	Pu	24	39.70	1.22	9	38.95	1.36	"
	Am		150.40	6.42		153.82	6.15	
12	Pu	6	40.33	1.04	23	40.66	2.37	"
	Am		157.62	6.61		154.26	9.78	
1972.1	Pu	14	39.78	1.41	13	39.21	2.07	"
	Am		151.48	4.53		147.70	9.32	
2	Pu	3	39.12	1.84	13	39.15	1.93	"
	Am		144.10	6.99		143.54	7.96	
6	Pu	8	38.71	1.33	31	38.44	1.41	"
	Am		144.38	9.80		141.93	5.99	

*Pu,Am;それぞれPu-Channel, およびAm-Channelを表わす。

表8 Pu作業従事者群と非従事者群の体重分布

測定年月	Pu作業従事者			非従事者		
	人数	体重平均値	標準偏差	人数	体重平均値	標準偏差
1971.10	14	56.5 kg	5.5 kg	9	61.1 kg	6.1 kg
11	24	60.1	7.2	9	60.7	5.4
12	6	59.9	10.4	23	60.5	7.0
1972.1	14	60.9	5.8	13	58.2	4.8
2	3	59.3	5.0	13	59.3	8.7
6	8	58.0	7.6	31	62.1	8.4

表8の検定の結果からわかるように、両群のバックグラウンド実測値には、危険率1%において、何れの月にあっても有意な差は認められず、肺モニタ測定によって検出し得る内部被曝はないと云える。従って、以下の考察において、Pu 作業従事者の測定値も含めて正常人体バックグラウンド値として扱う。

3) 人体および鉄室バックグラウンド値の月別変動と個人別バックグラウンド値の補正

前に示した図8にみられるように、人体および鉄室のバックグラウンド値には月毎に差があり、季節的な変動傾向が認められる。即ち、両バックグラウンド値とも夏季に低く、冬季に高くなる傾向がうかがわれる。この傾向はPu-ChannelとAm-Channelの兩者についてみられる。なお、各月別の被検者の体重分布には、表9に示すごとく危険率5%で有意な差は認められない。因みに人体バックグラウンド値について、1972年7月の値と1973年2月の値について平均値の差を検定してみると、危険率1%において有意な差が認められる。

表9 各月別の被検者の体重分布

測定年月	人数	平均値(kg)	標準偏差(kg)
1971年 9月	14	60.3	8.7
10月	23	58.3	6.1
11月	33	60.2	6.7
12月	29	60.3	7.6
1972年 1月	27	59.6	5.4
2月	16	59.3	8.0
3月	18	60.9	7.1
4月	7	56.4	7.3
5月	8	62.6	6.1
6月	39	61.3	8.3
7月	26	61.8	6.8
9月	17	58.6	5.6
10月	32	60.1	5.5
11月	8	64.3	7.9
1973年 1月	40	61.3	7.0
2月	23	59.4	7.7
全期間	360	60.4	7.0

この季節変動の原因として、次の事項が考えられる。

- ㉑ 宇宙線等、自然放射線の季節変動
- ㉒ 電子回路系のノズルの温度、湿度による変動
- ㉓ 検出器感度の変動
- ㉔ 温度変化による検出器・電子回路系のGain変動とエネルギー分解能の変化

以上の原因について考察し、季節変動を補正するための方法を検討してみる。

まず、表6と表3に示した値から、各月別に次の㉕と㉖の値を計算し(表10)、これらの値の月別推移を図9と図10のとおりである。

- ㉕ (人体B.G.値) - (鉄室B.G.値)
- ㉖ (人体B.G.値) ÷ (鉄室B.G.値)

表10 [(人体B.G.-鉄室B.G.)値と[(人体B.G.÷鉄室B.G.)値の月別推移表

測定年月	[(人体B.G.)-(鉄室B.G.)]				[(人体B.G.)÷(鉄室B.G.)]			
	Pu-Channel		Am-Channel		Pu-Channel		Am-Channel	
1971. 10	3.80cpm	-23.2%	66.80cpm	-7.9%	1.11cpm	-3.5%	1.93cpm	-1.5%
11	5.57	+12.5	76.00	+4.7	1.16	+0.9	2.01	+2.6
12	5.88	+18.8	74.03	+2.0	1.17	+1.7	1.91	-2.6
1972. 1	5.62	+13.5	73.49	+1.3	1.17	+1.7	1.96	0
2	4.51	-8.9	68.18	-6.0	1.13	-1.7	1.90	-3.1
3	4.59	-7.3	73.26	+1.0	1.13	-1.7	1.99	+1.5
4	4.17	-15.8	71.62	-1.3	1.12	-2.6	1.93	-1.5
5	2.77	-44.0	71.07	-2.1	1.08	-6.1	1.98	+1.0
6	4.81	-2.8	71.46	-1.5	1.14	-0.9	2.01	+2.6
7	4.54	-8.3	67.64	-6.8	1.14	-0.9	1.93	-1.5
8	-	-	-	-	-	-	-	-
9	4.34	-12.3	70.22	-3.2	1.12	-2.6	1.95	-0.5
10	5.81	+17.4	74.77	+3.0	1.17	+1.7	2.01	+2.6
11	5.35	+8.1	73.57	+1.4	1.16	+0.9	1.96	0
12	-	-	-	-	-	-	-	-
1973. 1	7.50	+51.5	78.53	+8.2	1.22	+6.1	2.02	+3.1
2	6.90	+39.4	77.76	+7.2	1.20	+4.3	1.97	+0.5
平均	4.95	18.9	72.56	3.8	1.15	2.5	1.96	1.6

(注) 表中の%の値は、平均値に対する各月毎の偏差値を、平均値に対する百分比で示したものである。

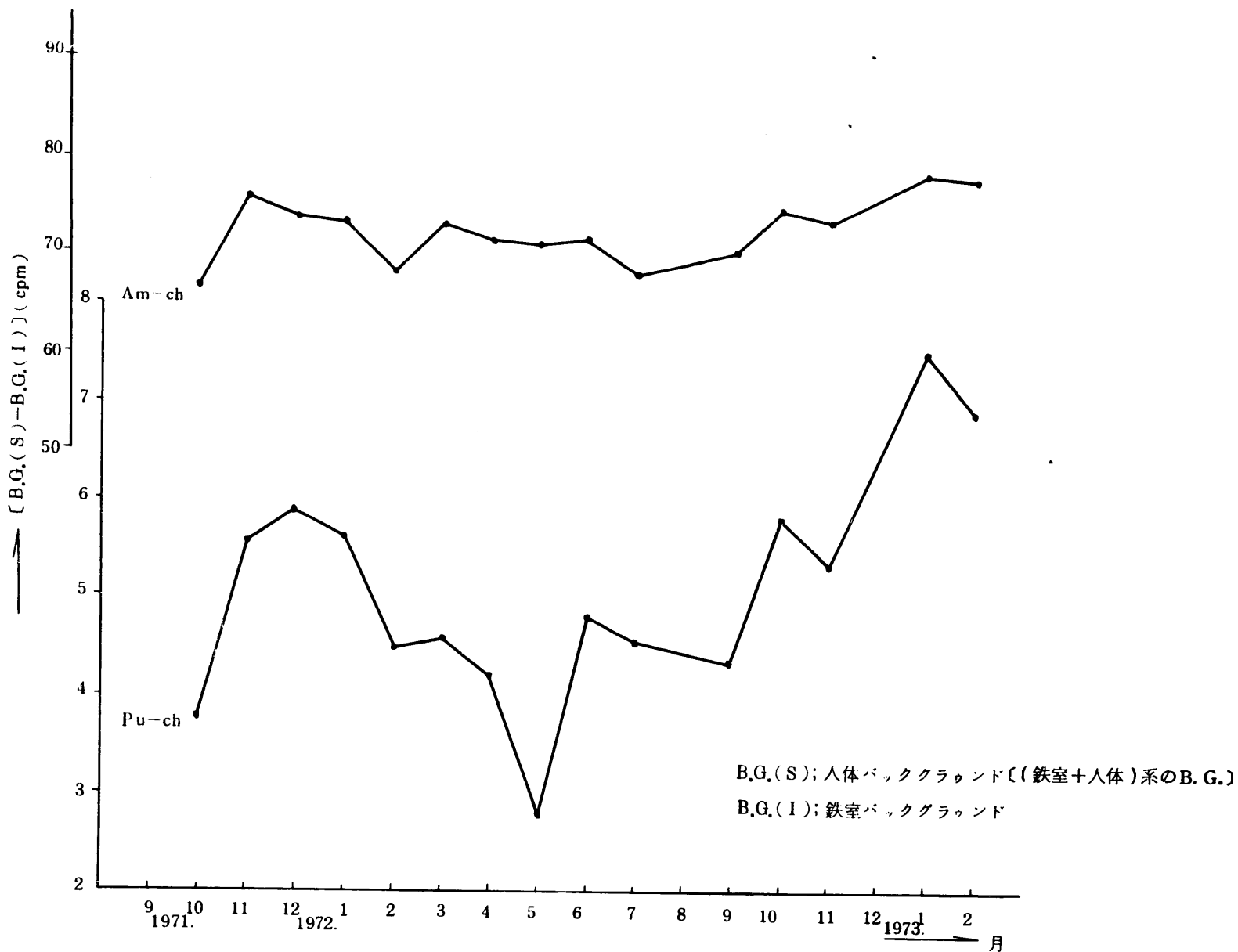


図9 [人体バックグラウンド値]-[鉄室バックグラウンド値]の月別推移図

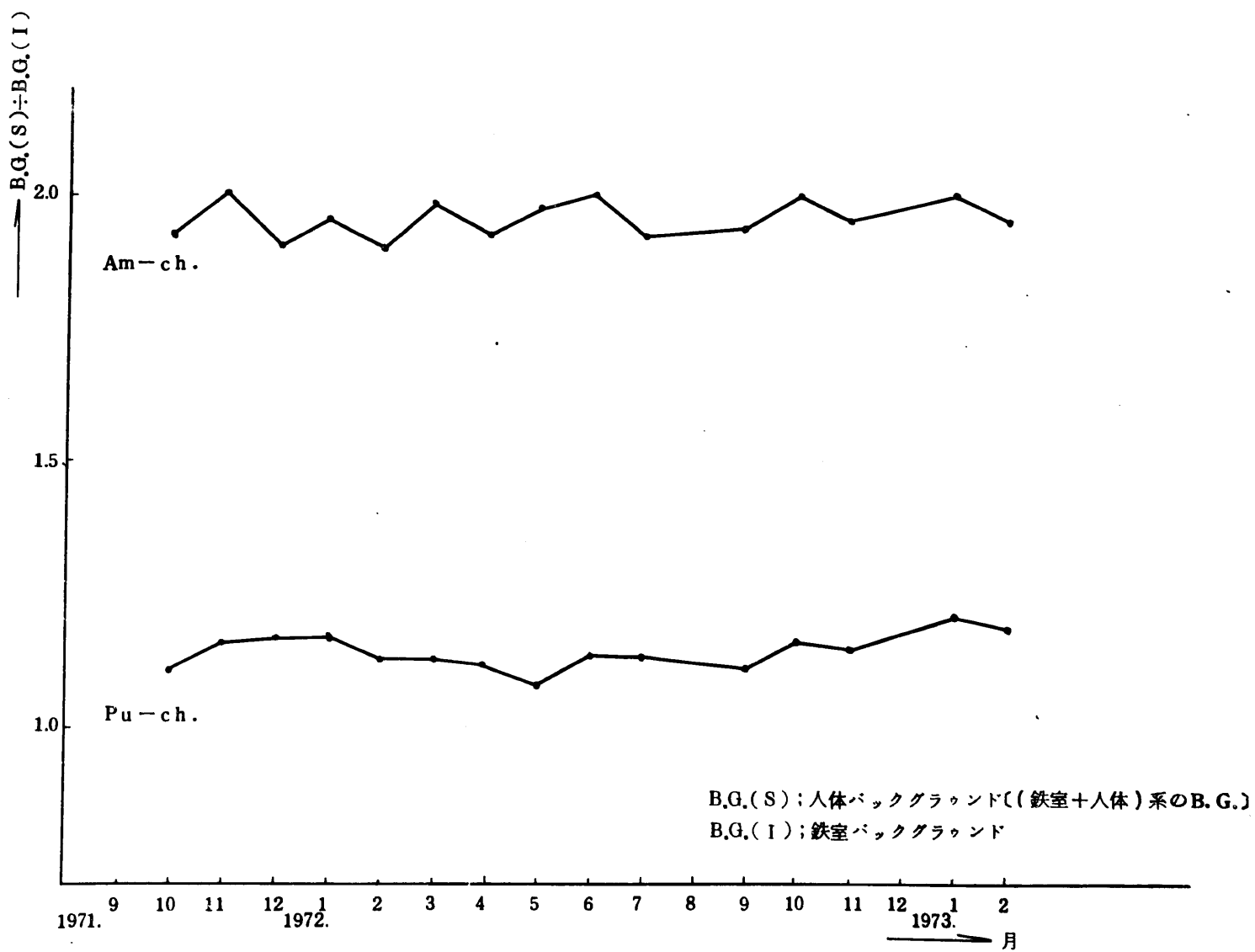


図10 [人体バックグラウンド値]÷[鉄室バックグラウンド値]の月別推移図

夏季・冬季における測定値（バックグラウンド値）の変動が、前述の原因③、⑥に起因するものとするならば、この①の値の月別推移が、一定値に近い値を示し、原因③、④に起因するものとするならば、④の値の推移について一定値が認められることになる。

表10に、それぞれ平均値に対する各月毎の変動値を百分率で併記してある。この各月別の変動値について、両者を比較すると、①の値については、月ごとに大きな変動が見られるが、④の値については、その変動巾が小さく、大略一定値に近いことがわかる。また、原因④についても、検出器・電子回路系のGain変動とエネルギー分解能の変化による測定値への影響を少なくするために前記2項の調査方法で述べた方法によって、Pu-ChannelとAm-Channelの巾を選定しているため、このエネルギー較正による影響が、上述の規則性をもった月別推移として現われることは考え難い。

以上をまとめて、夏季・冬季のバックグラウンド値の変動は、主として原因③の検出器の感度変化に起因するものであると考えるのが妥当であろう。

よって、この感度変化を補正する項（C.F.）として、次式で表わす値を各月毎に求め、表11に示す。

$$C.F. = \frac{\text{全期間についての人体 B.G. 平均値}}{\text{各月別人体 B.G. 平均値}}$$

表11 検出器感度変化に関する補正項の値

測定年月	Pu-Channel	Am-Channel
1971. 9	1.054	1.076
10	1.058	1.060
11	0.995	0.972
12	0.968	0.949
1972. 1	0.995	0.983
2	1.004	1.024
3	0.964	0.997
4	1.023	0.988
5	1.048	1.023
6	1.016	1.033
7	1.042	1.049
9	0.998	1.022
10	0.994	0.990
11	0.994	0.981
1973. 1	0.936	0.944
2	0.933	0.933

付表の（）中に示した値は、それぞれ各個入の実測値に表11の補正項を乗じて求めた補正バックグラウンド値である。

以下の考察においては、総べてこの補正值をもって、個人のバックグラウンド値とする。

なお、この補正した個人バックグラウンド値について、東海事業所関係のPu作業従事者全員と非従事者全員の平均値の差に関する有意性を検定したところ、表12に示すように、危険率1%において有意な差は認められなかった。

表12 Pu作業従事者群と非従事者群のバックグラウンド値の有意差の検定

	Pu 作業従事者			非従事者			有意差の有無 (危険率1%)
	人数	平均値 cpm	標準偏差 cpm	人数	平均値 cpm	標準偏差 cpm	
Pu-Channel	69	39.14	1.21	186	39.07	1.58	無
Am-Channel		146.95	6.40		147.17	7.60	無

4) 体重と人体バックグラウンド値との相関関係

体内の⁴⁰Kの量は体重に比例し、体内の⁴⁰Kの量の増加に伴って、低エネルギー領域のバックグラウンド・レベルが上昇すると考えられるが、これに関する定量的なデータの文献が見当たらない。また、体内⁴⁰Kの量と低エネルギー領域でのバックグラウンドの上昇率との関係は、使用測定器や、人体・検出器の相互位置関係（Geometry）などによって相違することが考えられる。

そこで、本測定器による人体バックグラウンド値と体重との相関関係の有意性を調べるため、付表の中で著しく高い値を示した3名を除く360名のデータから、相関係数を計算した。図11と図12に、それぞれPu-ChannelおよびAm-Channelバックグラウンドと体重の相関図を示す。また、被検者の体重分布と、PuおよびAm-Channelに関する人体バックグラウンドの分布は、図13、図14および図15に示すごとく正規分布に近似できる。

計算の結果、相関係数（r）として、次の値を得た。

Pu-Channel について $r = 0.240$

Am-Channel について $r = 0.514$

この相関係数について、F検定によって相関関係の有意性を検定すると、危険率1%で、両者とも有意であることが証明される。

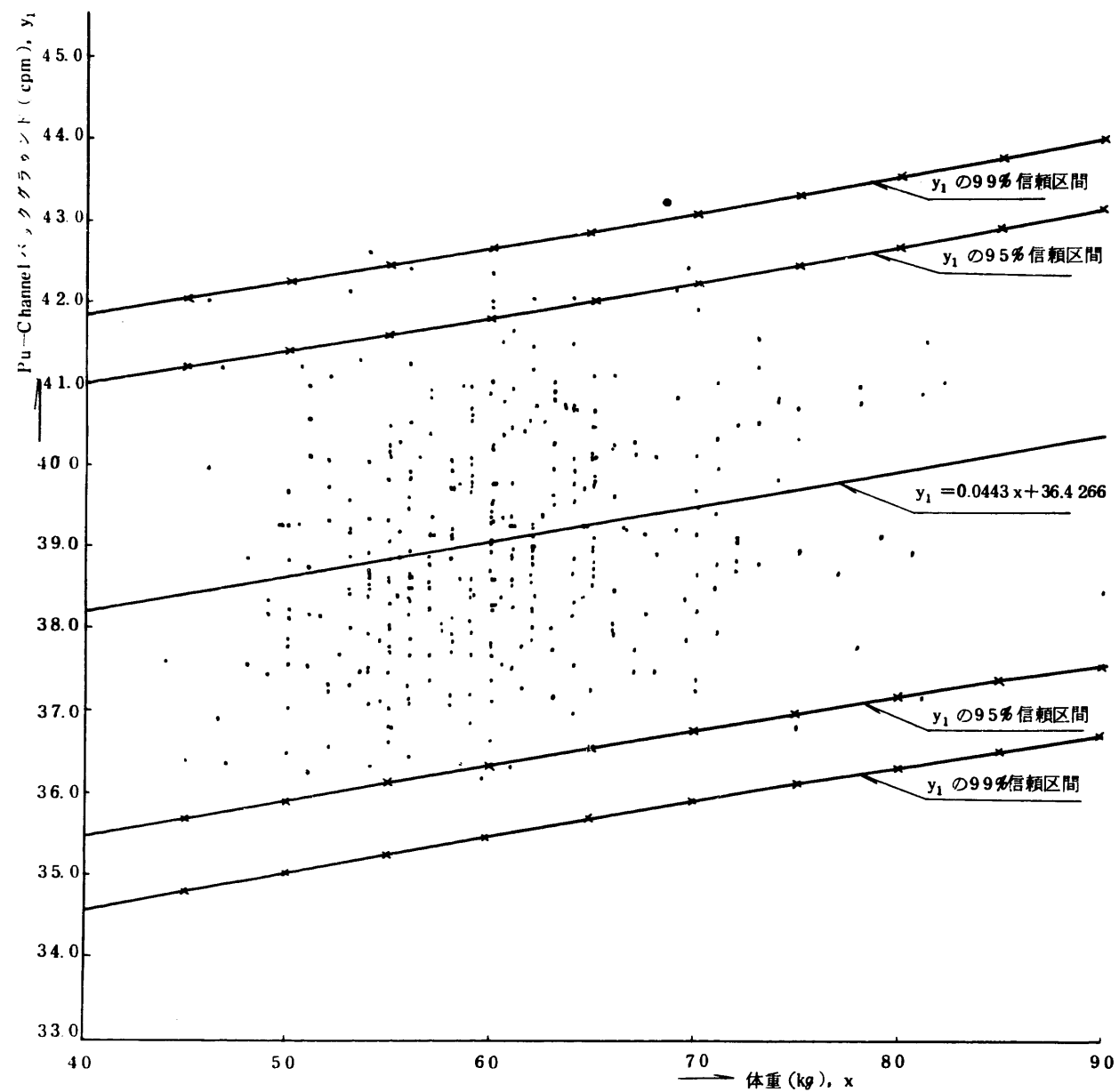


図 11 体重と人体バックグラウンドの相関図
(Pu-Channelについて)

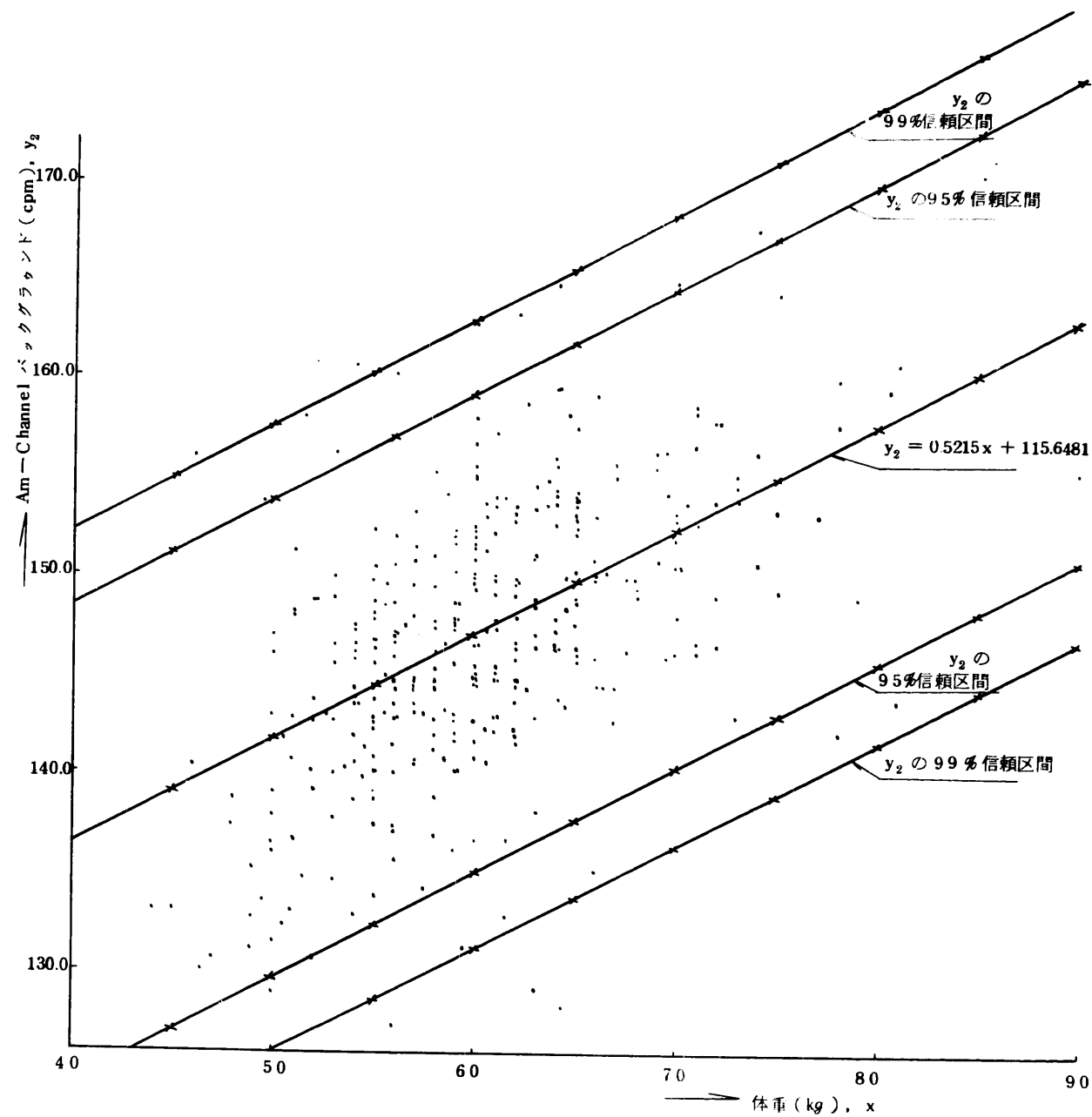


図 12 体重と人体バックグラウンドの相関図
(Am-Channelについて)

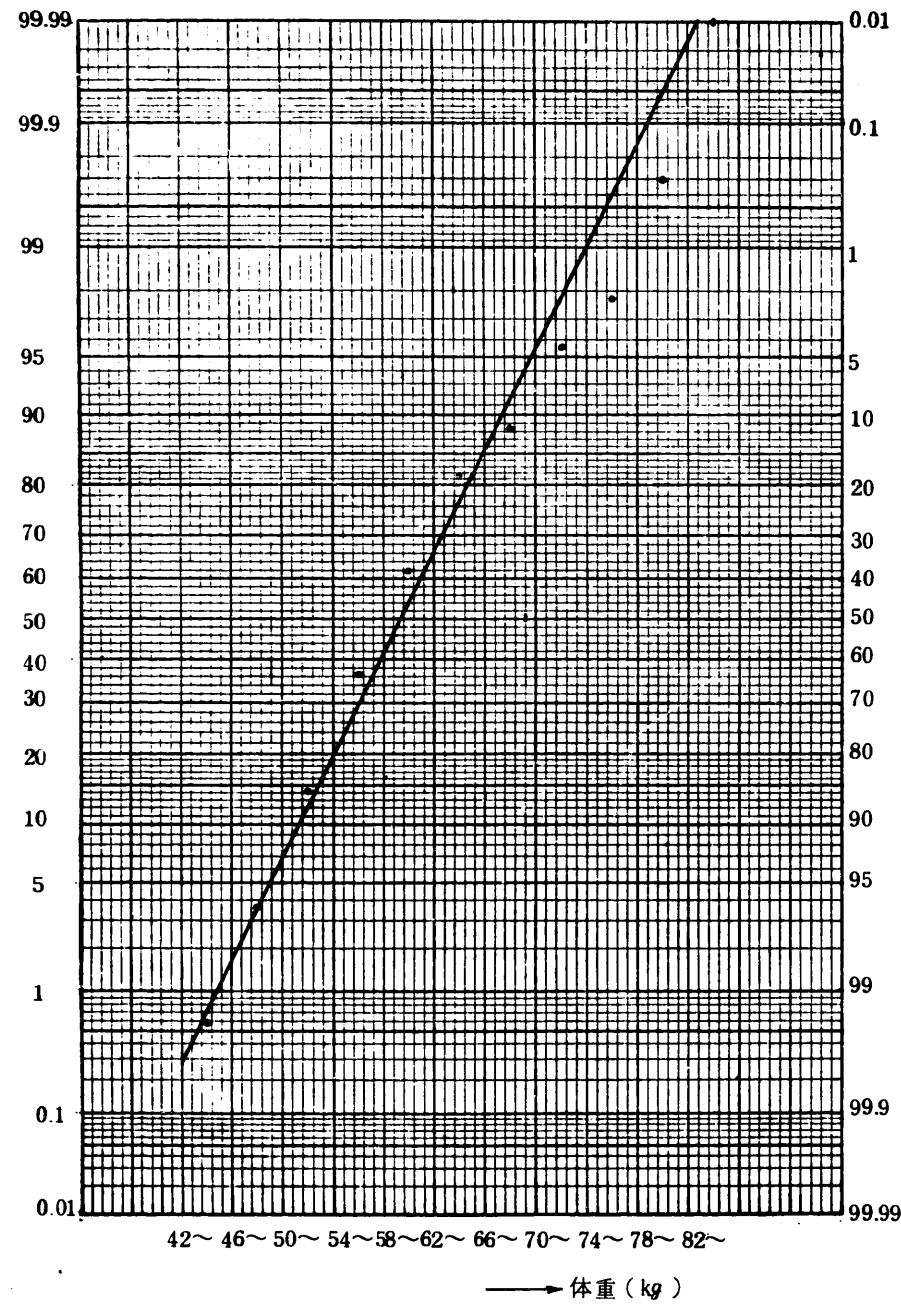


図13 被検者体重の正規分布のチェック

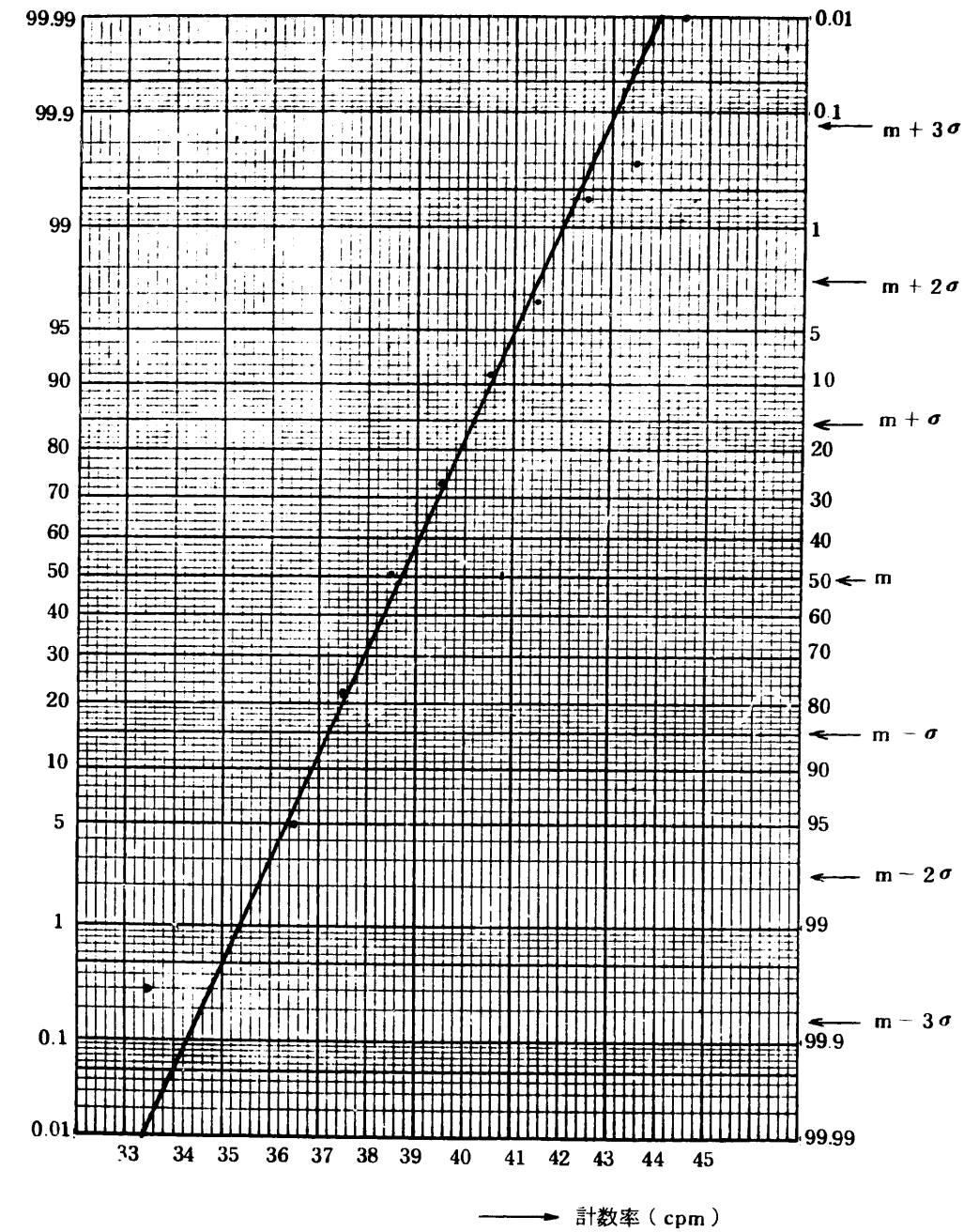


図14 Pu-Channelに関する人体バックグラウンド値の正規分布のチェック

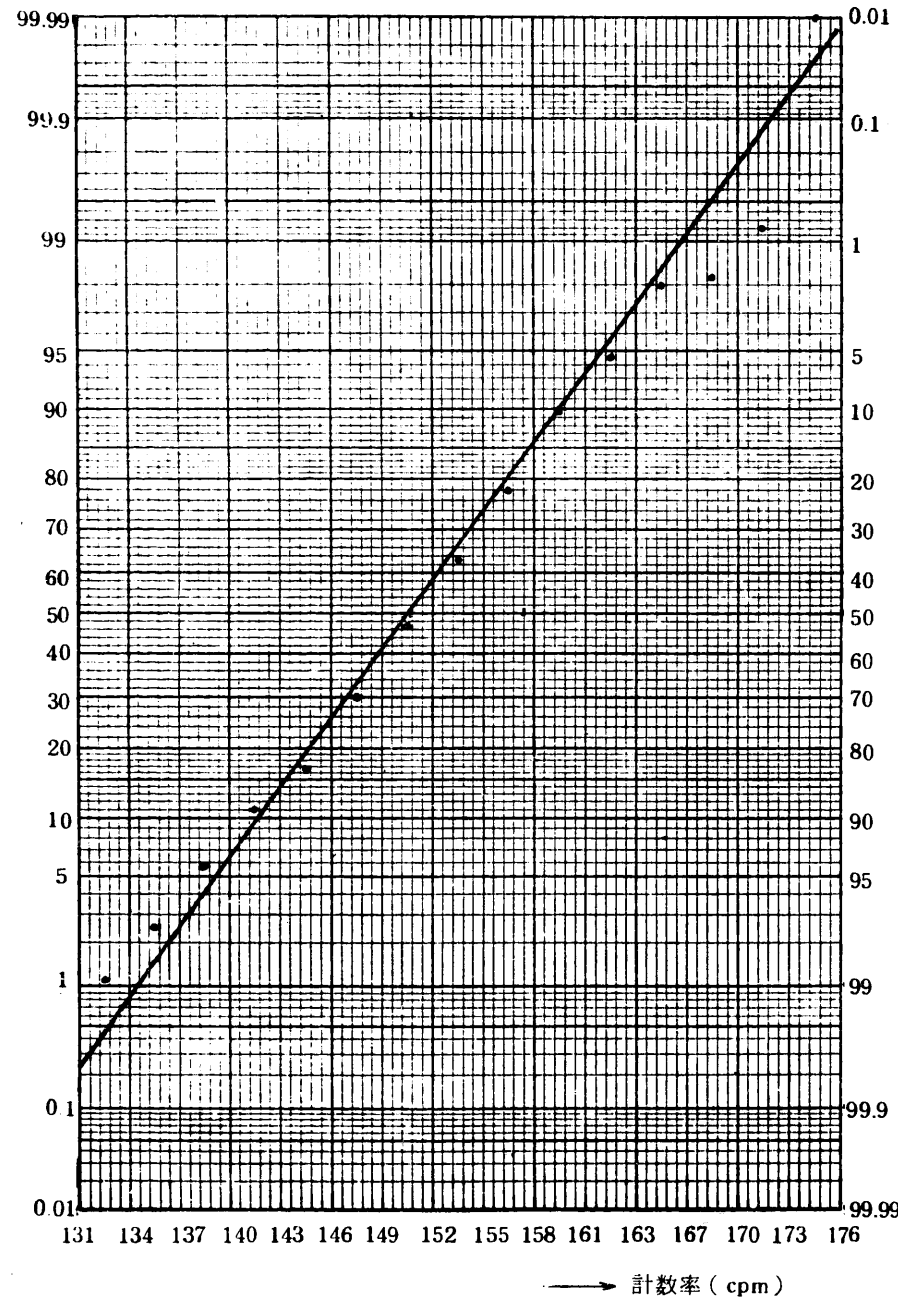


図 15 Am-Channel に関する人体バックグラウンド値の正規分布のチェック

5) 被検者の体重から人体バックグラウンド値の推定

4)で述べたごとく、人体バックグラウンド値と、被検者の体重との間に正の相関々係が見られる。次に被検者個人の体重 (Kg) から Pu および Am-Channel に関する人体バックグラウンドを推定するための計算式を回帰分析によって求め、この推定値に関する 95% 信頼区間と 99% 信頼区間をも合せ求める。

まず、ここでは回帰分析の最も簡単な直線回帰の場合を考えてみる。

4)項と同様に 360 名のデータから、Pu および Am-Channel バックグラウンド値、 y_1 (cpm) および y_2 (cpm) の値の体重 X (Kg) に対する一次回帰式を、最小二乗法によって求めると次式(1)と(2)を得る。

Pu-Channel について

$$y_1 = 0.0443x + 36.4266 \dots\dots\dots(1)$$

Am-Channel について

$$y_2 = 0.5215x + 115.6481 \dots\dots\dots(2)$$

この(1)および(2)式に、被検者の体重 (Kg) を代入し、 y_1 と y_2 を計算する。この y_1 、 y_2 が、この場合の点推定値である。個人のバックグラウンド値は、この推定値の前後に分布し、その分布は正規分布に従うとみなし (図 14 と図 15 参照)、360 組のデータから、(1)式および(2)式で計算される値の 95% 信頼区間と 99% 信頼区間を計算した。表 13 に計算の結果を示す。

表 13 回帰直線により推定される値の信頼区間

体重 X (kg)	Pu-Channel について (cpm)			Am-Channel について (cpm)		
	y_1	95% 信頼区間	99% 信頼区間	y_2	95% 信頼区間	99% 信頼区間
4.0	38199	35427~40971	34555~41842	136.508	124232~148401	120630~152386
4.5	38420	35662~41192	34795~42045	139.116	127056~151098	123316~154915
5.0	38642	35893~41390	35030~42254	141.723	129746~153700	125982~157464
5.5	38863	36121~41605	35259~42467	144.331	132380~156282	128624~160038
6.0	39085	36345~41825	35484~42686	146.938	134997~158879	131244~162632
6.5	39306	36564~42048	35703~42909	149.546	137598~161494	133842~165250
7.0	39528	36781~42275	35917~43138	152.153	140181~164125	136418~167888
7.5	39749	36992~42506	36126~43372	154.761	142747~166775	138971~170551
8.0	39971	37201~42741	36330~43611	157.368	145295~169441	141501~173235
8.5	40192	37405~42979	36529~43855	159.976	147830~172122	144012~175940
9.0	40414	37606~43222	36723~44104	162.583	150346~174820	146500~178666

図11と図12中に、それぞれ求めた回帰直線と、95%および99%信頼区間を示す曲線を併記した。

実際に肺モニタで、或る個人の内部被曝管理を実施していく場合にあっては、その個人の体重が属するランクに対応するバックグラウンド値の99%信頼区間の上限値が、被曝の有無を判定する上での1つの目安になる。即ち、この上限値を超えるような人体バックグラウンド値が測定された場合には、再測定あるいはバイオアッセー検査の実施、場合によってはホールボディ・カウンターによる測定、作業環境の点検等が必要になる。なお、内部被曝管理上のスクリーニングレベルを体重別にまとめて表14に示す。

表14 体重ランク別人体バックグラウンド値のスクリーニング・レベル

体重ランク	Pu-ch. B.G.値のスクリーニング・レベル	Am-ch. B.G.値のスクリーニング・レベル
45kg以上55kg未満	42.47cpm	160.04cpm
55kg以上65kg未満	42.91	165.25
65kg以上75kg未満	43.37	170.55
75kg以上85kg未満	43.86	175.94

6) PuおよびAm-Channelバックグラウンド値の体重に対する2次曲線回帰

付表の個人のバックグラウンド値を体重ランク別に整理・集計して、人体バックグラウンド平均値と体重ランクとの関係を図示すると、図16と図17のとおりとなる。

これらの図からわかるように、体重と人体バックグラウンド値との関係は、初期の単調増加の部分と、総だれ現象の見られる部分とからなる。この模様から、回帰式として直線回帰より2次曲線回帰の式を当てはめる方がより妥当性があるように推察される。

次の(3)、(4)式は、4)項で述べたと同様360名のデータを基にして計算した2次回帰式である。

Pu-Channelについて

$$y_1 = -0.0019x^2 + 0.2842x + 29.0280$$

$$= -0.0019(x-74.7894)^2 + 39.6555 \dots\dots(3)$$

Am-Channelについて

$$y_2 = -0.0109x^2 + 1.8958x + 73.2634$$

$$= -0.0109(x-86.9633)^2 + 115.6959 \dots\dots(4)$$

但し、x:体重(Kg)

y₁, y₂:それぞれPuおよびAm-Channelの人体バックグラウンド

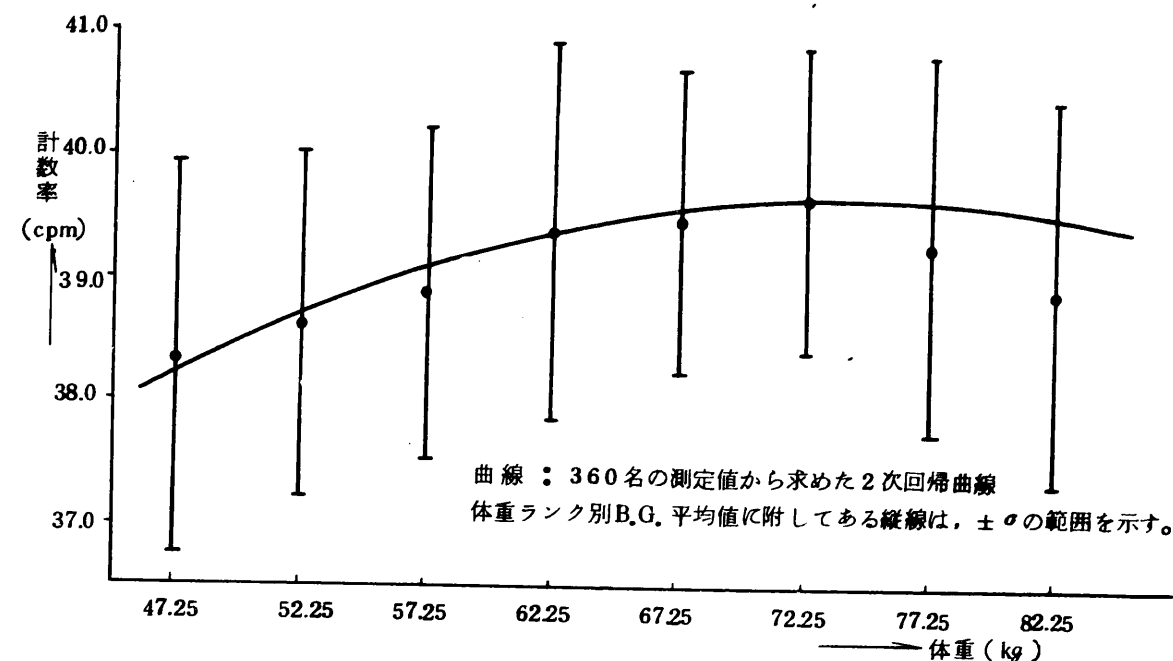


図16 体重ランク別バックグラウンド平均値と2次回帰曲線 (Pu-Channelについて)

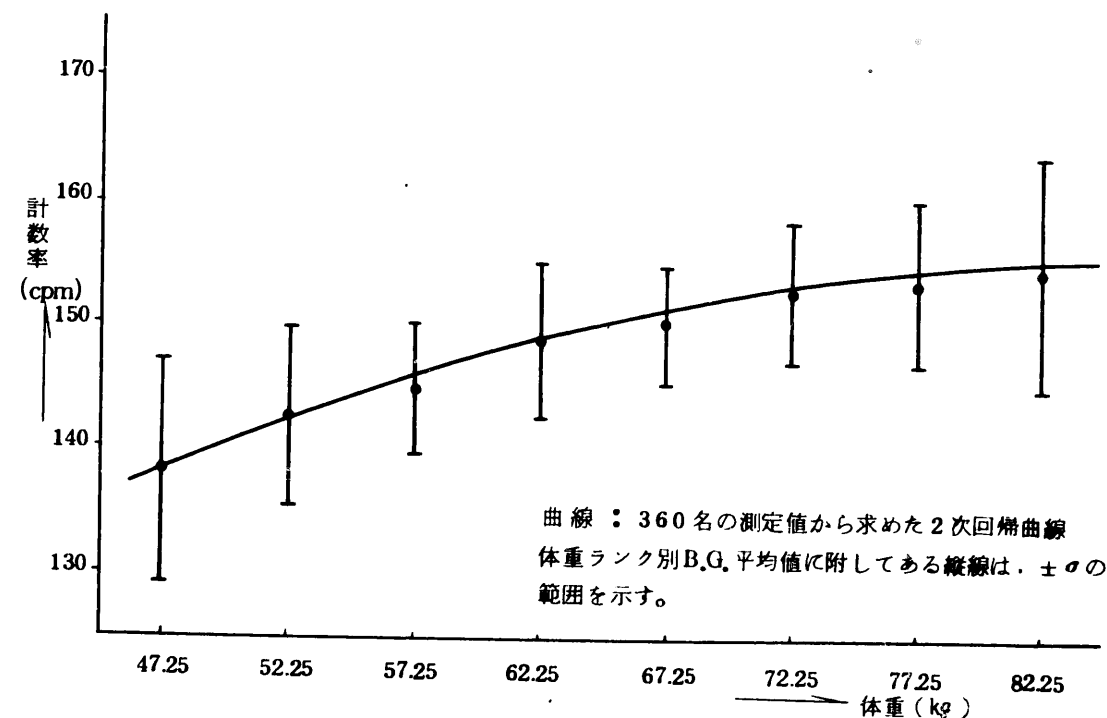


図17 体重ランク別バックグラウンド平均値と2次回帰曲線 (Am-Channelについて)

図16と図17に示す曲線は、それぞれ式(3)と式(4)から計算される点推定値をプロットしたものである。

以上求めた2次曲線回帰式に関する信頼区間と、2次回帰の理論的な考察については、別報にゆずることにしてここでは省略する。

7) (体重/身長)値から人体バックグラウンド値の推定

低エネルギー領域の人体バックグラウンド値と体重との関係は、前述のように人体バックグラウンド値と体内⁴⁰K量の関係と見なされ、体内⁴⁰K量の増加に伴って人体バックグラウンド値が増加するものと考えられる。しかし、体内⁴⁰Kの分布を均一であると仮定しても、実際に肺モニタの検出器を胸部に当てて測定する場合には、この検出器に対する人体の相互位置関係即ちGeometryの差違による計数効率の変化があるので、人体バックグラウンド値と体重の関係には一次式で表わされる比例関係は見られない。従って、ここでは一つの試みとして、このGeometryを考慮した概念として〔体重/身長〕値を導入して、5)項で述べたと同様に、人体バックグラウンド値(y₁とy₂)と〔体重/身長〕値(x)の相関係と回帰分析を行った。その結果は次のとおりである。

相関係数：Pu-Channelについて

$$r = 0.1933$$

Am-Channelについて

$$r = 0.5276$$

回帰直線：Pu-Channelについて

$$y_1 = 0.0729x + 36.4650$$

Am-Channelについて

$$y_2 = 0.9868x + 111.4523$$

また、y₁とy₂の値に関する99%信頼区間を計算すると、表15のとおりであり、それぞれの値に対する相対標準誤差も合せ示してある。

現実に、人体に関してとり得るxの値についての相対標準誤差は

Pu-Channelについて、大略9~9.5%

Am-Channelについて、大略10~11.5%

程度である。

ここで求めた相関係数および相対標準誤差を、5)項で求めた値と比較してみると、大略同程度の値を示していることがわかる。従って、Geometryを考慮した値として〔体重/身長〕値を導入して、人体バックグラウンド値を推定することは、実質的に体重から推定する場合と同程度の精度となる。

表15 〔体重/身長〕値から推定した人体バックグラウンド値の99%信頼区間

〔体重/身長〕値 X	Pu-Channel について			Am-Channel について		
	y ₁	99%信頼区間	相対標準誤差	y ₂	99%信頼区間	相対標準誤差
2.7	38.43	±3.65	9.5%	138.10	±15.67	11.4%
2.9	38.58	±3.64	9.4	140.07	±15.62	11.2
3.1	38.73	±3.63	9.4	142.04	±15.58	11.0
3.3	38.87	±3.62	9.3	144.02	±15.56	10.8
3.5	39.02	±3.62	9.3	145.99	±15.54	10.6
3.7	39.16	±3.62	9.2	147.96	±15.54	10.5
3.9	39.31	±3.62	9.2	149.94	±15.56	10.4
4.1	39.45	±3.63	9.2	151.91	±15.58	10.3
4.3	39.60	±3.64	9.2	153.88	±15.61	10.1
4.5	39.75	±3.65	9.2	155.86	±15.66	10.0
4.7	39.89	±3.66	9.2	157.83	±15.72	10.0
4.9	40.04	±3.68	9.2	159.81	±15.79	9.9

8) 肺モニタの最小検出量

一般に放射線測定器の最小検出量は、検出系の全効率(検出効率)、バックグラウンドおよび測定時間によって異なり、また最小検出量をどのように定義するかで違ってくる。ここではJAERI-memo4145(未公開)²⁾に述べられている次の式を採用して最小検出量を算出してみる。

$$S = \frac{1}{2\eta t} (k^2 + 2k\sqrt{n_b t})$$

但し、t_b ≫ t, 2√n_bt ≫ k とする。

式中、S：最小検出量(nCi)

η：検出系の全効率(検出効率)(cpm/nCi)

t：試料測定時間(min)

t_b：バックグラウンド測定時間(min)

n_b：バックグラウンド(cpm)

k：標準偏差σの倍数

肺モニタの場合には、検体が人体であり検出対象が肺中のPuであって、²³⁹Puから放出される平均17KeVの極めて低いエネルギーのL-X線を測定するので、検出効率を求め

るために種々困難な問題がある。これらの問題点については、「まえがき」で述べたので省略するが、通常、肺モニタの検出効率、骨格を有する人体組織等価の胸部Phantomを用いて実験的に求められている。当所の肺モニタについては、RANDO Phantom^{*}を使用して求められた $\eta_1 = 2.02 \text{ cpm/n Ci of Total activity}$ の値がある。(1971年2月原研城谷氏によって求められた¹⁾)

この値は、使用したPu線源中に含まれる総 α 放射能(²³⁹Puの他、²⁴⁰Puと²⁴¹Amの寄与がある)に対するL-X線の計数率として求められているので、²³⁹Puのみの値に換算しなおすと、 $\eta_2 = 1.05 \text{ cpm/n Ci of } ^{239}\text{Pu}$ を得る。

使用したPhantomに近い体格の被検者について、測定時間50分、信頼度3 σ での最小検出量を、上記 η_2 の値と表14から求められるPhantom体重5.4Kgに対応する $n_b = 38.86 \text{ cpm}$ を使って計算すると

$$S = \frac{1}{2 \times 1.05 \times 50} (9 + 6\sqrt{38.86 \times 50}) = 2.60 \text{ nCi}$$

を得る。

しかし、実際の被検者363名について調べた身体計測値の平均値は、表16に示すようにPhantomの値と可成り相違する。従ってPhantomについて求めた上記 η_2 の値をそのまま平均体格の被検者に当てはめて考えることには問題がある。即ち、上記検出効率 η_2 の値は、被検者の胸部軟組織層厚、肺の大きさ、検出器と肺中心部までの距離および肋骨、胸骨等による遮蔽の違いなどによって異なるので、これらに対する補正が必要である。

表16 被検者の身体計測値と胸部Phantomの身体計測値の対比

身体計測値	被検者		胸部Phantom
	平均値	標準偏差	
身長 (cm)	166.7	5.7	163
体重 (kg)	60.4	7.0	54
胸囲 (cm)	89.0	5.0	84.5
胸厚 (cm)	20.4	1.8	18

平均体格の被検者に関する実効胸部軟組織層厚を、城谷氏ら³⁾の計算式を使って、身長、体重、胸囲および胸厚の値から推定すると、大略3.8cmとなる。同じくPhantomについては

* アルダーソン社(米国)製の胸部ファントム(女性ファントム)。骨格; 自然人骨, 軟組織; 原子番号7.30, 密度0.985, 肺組織; 原子番号7.30, 密度0.32

3.3 cmとなる。

また、検出器と肺中心間の距離 l を

$$l = (\text{検出器} \cdot \text{ベッド面距離 (cm)} - \text{胸厚 (cm)} \times 0.5)$$

の式で求めると、平均体格の被検者については約13cm、Phantomについては10cmとなる。

肺の面積および肋骨、胸骨、心臓などの部分の面積は、胸部X線写真からみて、平均体格の被検者とPhantomについて、ほぼ等しい。

従って、ここでは実効胸部軟組織厚の違いによる相対吸収損失と、検出器・肺中心間距離の違いによる相対幾何学的効率の変化を補正することになる。これら補正項の値を、JAERI-memo 4842の第6図と第8図から求めると、それぞれ次の値を得る。

実効胸部軟組織厚の補正值…………… 0.77

検出器・肺中心間距離の補正值…………… 0.77

これらの補正項の値で、上記検出効率 η_2 を補正すると

$$\eta_3 = \eta_2 \times 0.77 \times 0.77 = 0.62 \text{ cpm/nCi}$$

また体重60.4Kgに対応する人体バックグラウンド値 n_b を、表14から求めると、

$$n_b = 39.09 \text{ cpm}$$

この η_3 と n_b の値を用いて最小検出量を計算すると、次のとおりとなる。

$$S = \frac{1}{2 \times 0.62 \times 50} (9 + 6\sqrt{39.09 \times 50}) = 4.42 \text{ nCi}$$

但し、測定時間は50分、信頼度は3 σ をとった。

以上、求めた最小検出量は²³⁹Puが肺中に均一に分布しているものとして計算される値である。不均一分布についてはここでふれない。

4. 　　む　　す　　び

以上、肺モニタを使用して1971年9月から1973年2月までに実施した対象者総数363名に関する測定の結果と正常人体バックグラウンド値の範囲について述べた。今回検出された異常者1名(^{241}Am による体内汚染者)については、その体内沈着量からみて、即障害に結び付く程度の被曝は考えられないが、今後その経過を観察することが必要であり、このために尿のバイオアッセー検査と、肺モニタによる追跡測定を継続実施中である。

また、Pu作業従事者群と非従事者群とについて、バックグラウンド平均値を比較・検定したが、肺モニタで検出でき得る有意な差は認められなかった。なお、本装置の最小検出量は約4.5 nCiである。

正常人体バックグラウンド値については、Pu-Channelバックグラウンド、Am-Channelバックグラウンドとも、体重から推定することが可能であり、その推定値の99%信頼区間の上限値は、今後肺モニタによって定常モニタリングまたは特殊モニタリングを実施して行く場合において、測定結果を評価する上での有力な目安となろう。なお、体重以外のパラメーターとして、[体重/身長]値から正常人体バックグラウンド値の推定を試みたが、実質的には、体重から推定する場合と同程度の精度であった。

今回は特に肺モニタを用いての最初の測定であったので、Pu燃関係者全員を対象として実施したが、本調査結果に基づいて、今後のモニタリング・プログラムについて、現在、再検討を行っている。

最後にこの報告書をまとめるに当り、種々御教示を頂いた吉岡信一先生および御校閲を賜った安全対策課の諸氏に深く感謝いたします。

参 考 文 献

- 1) 城谷孝, 藤田稔, “肺中プルトニウム測定法の研究 - 大面積薄型NaI(Tl)検出器の開発とその校正 - ” JAERI-memo 4455(未公開), 1971
- 2) 城谷孝, 藤田稔, 立田初己 “肺中プルトニウム測定法の研究 - 大面積比例計数管の開発 - ” JAERI-memo 4145(未公開), 1970
- 3) 城谷孝, 藤田稔, “肺中プルトニウムモニター装置 - 測定・管理マニュアル - ” JAERI-memo 4828(未公開), 1972
- 4) M. R. Boss, J.R. Mann “Body counter evaluations of plutonium exposures ” Health physics, 1967. Vol.13, pp. 259-266

付表

個人別バックグラウンド測定記録
(その1)

氏名	測定月日	Pu-Channel(cpm)	Am-Channel(cpm)	体重	W/H(*)
東海 1	1971. 9.27	3584(3758)	12648(136.13)	50kg	30.30
2	"	3554(3726)	14190(152.73)	70	42.94
3	"	3642(38.19)	123.76(133.20)	51	31.48
4	9.28	37.76(39.59)	144.72(155.76)	64	37.87
5	"	3654(38.31)	135.10(145.41)	60	36.14
6	"	37.92(39.76)	140.30(151.00)	58	35.80
7	"	39.30(41.21)	131.80(141.86)	50.5	33.01
8	9.29	39.69(41.61)	143.97(154.95)	73	43.98
9	"	37.98(39.82)	135.94(146.31)	64	34.73
10	"	36.02(37.77)	137.18(147.65)	58	32.69
11	9.30	36.98(38.77)	137.52(148.01)	51	38.32
12	"	35.93(37.67)	137.29(147.77)	59	34.91
13	"	37.42(39.23)	131.22(141.23)	58	32.95
14	"	38.94(40.83)	146.38(157.55)	78	45.61
15	10.18	36.48(38.40)	132.26(140.16)	59	38.31
16	"	36.72(38.66)	135.44(143.53)	54	34.84
17	10.19	36.94(38.89)	137.12(145.31)	58	34.52
18	"	35.68(37.56)	132.84(140.77)	51	30.18
19	10.20	35.56(37.43)	136.68(144.84)	60	34.68
20	"	38.96(41.01)	139.85(148.20)	51	30.36
21	"	36.10(38.00)	137.84(146.07)	71	40.80
22	"	36.60(38.53)	129.42(137.15)	56	32.56
23	10.21	36.78(38.72)	160.02(169.57)	54	34.52
24	"	35.64(37.52)	132.50(140.41)	53.5	31.40
25	"	37.34(39.31)	125.00(132.46)	50.5	31.37
26	10.22	38.29(40.31)	140.19(148.56)	55.5	34.47
27	"	36.52(38.44)	141.56(150.01)	53	33.76
28	10.25	37.68(39.67)	138.06(146.30)	63	36.42
29	"	36.70(38.63)	132.88(140.81)	58.5	35.89
30	10.26	37.23(39.19)	141.13(149.56)	55.5	33.43

* W/Hは、体重(kg)を身長(cm)で割った値を100倍した値を示す。
** ((平均値)+3×(標準偏差))を超えた者

個人別バックグラウンド測定記録
(その2)

氏名	測定年月	Pu-Channel(cpm)	Am-Channel(cpm)	体重	W/H
東海 31	1971.10.26	36.40(38.32)	131.28(139.12)	55	31.98
32	10.27	36.70(38.63)	148.98(157.87)	60	36.81
33	"	37.84(39.83)	137.46(145.67)	65	37.14
34	10.28	36.40(38.32)	146.30(155.03)	60	37.74
35	"	39.88(41.98)	143.87(152.36)	60	36.59
36	10.29	38.84(40.89)	142.00(150.48)	74	44.58
37	"	39.45(41.53)	150.35(159.33)	64	37.43
38	11.16	40.95(40.56)	164.70(160.10)	56	34.36
39	"	39.08(38.70)	157.42(153.03)	65	40.12
40	"	39.02(38.65)	148.34(144.20)	56	33.73
41	"	41.66(41.26)	158.10(153.69)	73	43.20
42	11.17	37.18(36.82)	146.86(142.76)	55	33.95
43	"	41.54(41.14)	161.92(157.40)	65	37.36
44	"	38.62(38.25)	147.14(143.03)	50	31.06
45	"	38.72(38.35)	151.34(147.12)	56	33.33
46	11.18	39.68(39.30)	147.62(143.50)	64.5	38.39
47	"	39.28(38.90)	151.94(147.70)	61	36.31
48	"	38.98(38.61)	141.34(137.40)	55	32.54
49	"	40.34(39.95)	146.94(142.84)	56	33.53
50	11.19	40.56(40.17)	157.44(153.05)	70	39.55
51	"	40.54(40.15)	151.76(147.53)	56.5	33.83
52	11.24	36.92(36.57)	144.22(140.20)	52	32.30
53	"	38.60(38.23)	158.40(153.98)	64	38.10
54	"	38.10(37.73)	144.16(140.14)	55	31.61
55	"	37.86(37.50)	151.00(146.79)	55	34.16
56	11.25	41.08(40.69)	156.68(152.31)	65	36.72
57	"	39.34(38.96)	153.52(149.24)	68	39.08
58	"	38.48(38.11)	149.64(145.47)	59	35.76
59	"	38.44(38.07)	147.14(143.03)	57.5	33.63
60	11.26	40.58(40.19)	146.66(142.57)	55	32.35
61	"	39.98(39.60)	145.64(141.58)	60	34.49
62	"	39.96(39.58)	151.24(147.02)	63	37.50
63	"	38.46(38.09)	139.06(135.18)	66	38.60
64	11.29	38.24(37.87)	148.44(144.30)	58	33.92
65	"	40.10(39.72)	151.26(147.04)	50	30.49

個人別バックグラウンド測定記録
(その3)

氏名	測定年月	Pu-Channel (cpm)	Am-Channel (cpm)	体重	W/H
東海 66	1971.11.29	39.42 (39.04)	157.00 (152.62)	62kg	36.47
67	"	38.28 (37.91)	148.84 (144.69)	62	37.35
68	11.30	41.38 (40.98)	158.28 (153.86)	61	35.47
69	"	41.34 (40.94)	165.10 (160.49)	81	47.37
70	"	40.64 (40.25)	144.87 (140.83)	55	33.54
71	12.7	38.80 (37.40)	150.68 (143.06)	57	33.73
72	"	40.44 (38.98)	167.74 (159.25)	80.5	46.53
73	"	41.60 (40.09)	150.32 (142.71)	52	31.14
74	"	39.68 (38.24)	160.00 (151.90)	60	35.71
75	12.8	40.10 (38.65)	160.38 (152.26)	55	33.74
76	"	41.34 (39.84)	156.58 (148.66)	55	33.33
77	"	39.66 (38.22)	154.26 (146.45)	62	36.47
78	12.9	40.20 (38.74)	158.84 (150.80)	60	36.59
79	"	40.18 (38.73)	161.07 (152.92)	77	46.67
80	12.10	38.74 (37.34)	134.20 (127.41)	56	33.94
81	12.13	38.06 (36.68)	148.26 (140.76)	60	36.81
82	"	39.24 (37.82)	140.02 (132.93)	61.5	34.75
83	"	35.02 (33.75)	136.14 (129.25)	63	35.80
84	"	40.62 (39.15)	156.68 (148.75)	72	40.22
85	12.14	37.72 (36.35)	151.48 (143.82)	54	32.33
86	"	39.80 (38.36)	142.55 (135.34)	49	30.63
87	"	40.88 (39.40)	157.28 (149.32)	60	37.04
88	"	41.14 (39.65)	144.63 (137.31)	56	33.33
89	12.15	44.66 (43.04)	157.84 (149.85)	55	33.95
90	"	44.06 (42.47)	164.44 (156.12)	69.5	41.37
91	"	42.60 (41.06)	166.98 (158.53)	71	41.52
92	12.16	43.63 (42.05)	167.86 (159.37)	60	36.14
93	"	38.60 (37.20)	155.02 (147.18)	58	38.67
94	"	42.05 (40.53)	151.40 (143.74)	55	32.16
95	"	44.26 (42.66)	169.14 (160.58)	54	35.06
96	12.17	42.48 (40.94)	161.30 (153.14)	57	32.39
97	"	39.40 (37.97)	154.32 (146.51)	54	33.54
98	"	39.84 (38.40)	162.30 (154.09)	69.5	42.38
99	"	42.40 (40.87)	151.88 (144.19)	57	34.34
100	1972. 1.17	38.80 (38.42)	146.08 (143.60)	62	37.80

個人別バックグラウンド測定記録
(その4)

氏名	測定年月	Pu-Channel (cpm)	Am-Channel (cpm)	体重	W/H
東海 101	1972. 1.17	37.30 (36.93)	132.44 (130.19)	46.5 ^{kg}	29.06
102	"	36.82 (36.46)	138.06 (135.71)	5	33.33
103	"	39.66 (39.27)	151.50 (148.92)	62	37.13
104	1.18	38.20 (37.82)	145.14 (142.67)	60	35.93
105	"	38.14 (37.76)	151.30 (148.73)	63	37.72
106	1.19	40.26 (39.86)	156.42 (153.76)	65	35.52
107	"	38.88 (38.50)	151.42 (148.85)	53	32.12
108	"	38.87 (38.49)	150.01 (147.46)	54	32.14
109	1.20	39.23 (38.84)	152.70 (150.10)	65	38.24
110	"	39.02 (38.63)	142.60 (140.18)	59	33.71
111	1.21	39.76 (39.37)	146.02 (143.54)	54	33.13
112	"	38.28 (37.90)	147.20 (144.70)	56	32.75
113	1.24	40.16 (39.76)	152.72 (150.12)	59	35.76
114	"	39.40 (39.01)	144.64 (142.18)	61	37.89
115	1.26	39.28 (38.89)	147.54 (145.03)	55.5	33.04
116	"	40.40 (40.00)	156.04 (153.39)	63	38.18
117	"	39.76 (39.37)	153.10 (150.50)	60	36.36
118	"	39.38 (38.99)	155.80 (153.15)	75	44.91
119	1.27	39.04 (38.65)	149.80 (147.25)	61	37.20
120	"	38.82 (38.44)	150.74 (148.18)	64.5	37.50
121	"	45.32 (44.87)	172.42 (169.49)	64	38.32
122	"	41.16 (40.75)	157.38 (154.70)	63.5	38.96
123	1.28	39.00 (38.61)	147.28 (144.78)	60	35.09
124	"	41.68 (41.27)	145.22 (142.75)	56	31.64
125	"	37.18 (36.81)	142.60 (140.18)	55	35.26
126	"	42.86 (42.44)	154.63 (152.00)	56	33.73
127	2. 1	40.62 (40.60)	159.40 (163.23)	62	36.90
128	"	40.18 (40.16)	144.06 (147.72)	55	33.13
129	2. 3	37.12 (37.10)	137.28 (140.57)	54	32.93
130	"	39.50 (39.48)	151.24 (154.87)	60	34.48
131	2.14	36.30 (36.28)	133.52 (136.72)	51	29.48
132	"	39.30 (39.28)	146.58 (150.10)	66.5	40.06
133	2.15	39.78 (39.76)	147.26 (150.79)	66	38.82
134	"	39.14 (39.12)	141.32 (144.71)	58	37.18
135	2.17	42.10 (42.08)	146.02 (149.52)	62	35.84

個人別バックグラウンド測定記録
(その5)

氏名	測定年月	Pu-Channel (cpm)	Am-Channel (cpm)	体重	W/H
東海 136	1972. 2.17	40.74 (40.72)	143.78 (147.23)	64kg	37.21
137	2.18	36.40 (36.38)	127.60 (130.66)	47	28.23
138	"	39.52 (39.50)	143.54 (146.98)	56	28.53
139	2.21	37.24 (37.22)	145.24 (148.73)	59	35.65
140	"	37.22 (37.20)	140.26 (143.63)	81	45.76
141	2.29	42.18 (42.16)	152.58 (156.24)	53	31.36
142	"	38.97 (38.95)	138.69 (142.02)	54	32.67
143	3.13	40.48 (38.83)	151.16 (150.72)	57	35.44
144	"	39.65 (38.04)	135.04 (134.65)	53	32.68
145	3.14	41.78 (40.08)	146.72 (146.29)	54	35.90
146	"	41.41 (39.72)	143.06 (142.65)	59	34.67
147	3.16	40.56 (38.91)	150.24 (149.80)	62	38.77
148	"	39.48 (37.87)	141.82 (141.41)	54.5	33.09
149	3.17	40.04 (38.41)	147.78 (147.35)	54	34.59
150	"	43.90 (42.11)	165.12 (164.64)	64	37.58
151	3.22	40.82 (39.16)	144.90 (144.48)	57	35.49
152	"	39.84 (38.22)	150.26 (149.82)	67.5	39.64
153	3.23	39.30 (37.70)	143.50 (143.08)	52.5	32.25
154	"	40.98 (39.31)	139.52 (139.12)	50	32.34
155	3.27	40.12 (38.49)	153.38 (152.94)	66	39.10
156	"	40.86 (39.20)	148.34 (147.91)	70	41.59
157	3.28	42.26 (40.54)	158.08 (157.62)	72	41.79
158	"	41.84 (40.14)	146.74 (146.31)	65	38.62
159	3.30	39.08 (37.49)	143.08 (142.67)	67	40.53
160	"	41.72 (40.02)	147.04 (146.61)	71	40.25
161	4.18	38.28 (38.97)	146.28 (144.51)	60	37.48
162	"	38.87 (39.57)	153.41 (151.55)	60	35.69
163	4.19	38.03 (38.71)	147.68 (145.89)	54	33.42
164	"	37.36 (38.03)	146.25 (144.48)	66	41.12
165	4.20	41.30 (42.04)	158.01 (156.10)	46	28.70
166	4.21	38.24 (38.93)	151.55 (149.72)	61	38.32
167	"	36.92 (37.58)	139.16 (137.48)	48	31.17
168	5.26	37.00 (38.60)	146.14 (149.53)	57	35.08
169	"	36.92 (38.51)	138.87 (142.09)	59	35.12
170	5.29	38.76 (40.43)	137.56 (140.75)	57	34.95

個人別バックグラウンド測定記録
(その6)

氏名	測定年月	Pu-Channel (cpm)	Am-Channel (cpm)	体重	W/H
東海 171	1972. 5.29	36.76 (38.35)	143.12 (146.44)	64kg	38.79
172	5.30	36.42 (37.99)	131.18 (134.22)	57.5	33.43
173	"	39.16 (40.85)	163.56 (167.35)	74	42.90
174	5.31	37.39 (39.01)	146.98 (150.39)	65	39.16
175	"	37.58 (39.20)	142.86 (146.17)	67.5	37.92
176	6. 1	35.96 (36.36)	138.78 (143.35)	58.5	35.61
177	"	36.89 (37.30)	141.35 (146.00)	65	37.25
178	6. 2	36.64 (37.05)	127.38 (131.57)	50	29.38
179	"	37.10 (37.51)	144.28 (149.03)	68	40.67
180	6. 6	40.33 (40.78)	148.61 (153.50)	63.5	36.29
181	"	40.71 (41.16)	153.92 (158.98)	66	38.87
182	"	38.86 (39.29)	148.84 (153.74)	49.5	32.57
183	6. 7	39.68 (40.12)	150.58 (155.53)	64	36.00
184	"	37.20 (37.61)	135.92 (140.39)	60.5	37.35
**185	"	46.34 (46.85)	195.94 (202.39)	54	32.93
186	"	39.74 (40.18)	150.62 (155.58)	67	40.19
187	6. 8	38.10 (38.52)	150.20 (155.14)	90	53.07
188	"	36.70 (37.11)	134.42 (138.84)	58	34.22
189	"	39.91 (40.35)	149.99 (154.92)	67	39.00
190	"	38.04 (38.46)	138.50 (143.06)	55.5	34.15
191	6.19	38.22 (38.64)	151.78 (156.77)	56	35.83
192	"	37.14 (37.55)	134.28 (138.70)	54	33.01
193	"	38.88 (39.31)	140.72 (145.35)	61	36.97
194	"	38.74 (39.17)	141.64 (146.30)	62	37.26
195	6.20	39.32 (39.76)	139.20 (143.78)	52	31.03
196	6.22	37.07 (37.48)	127.08 (131.26)	49	30.63
**197	"	63.54 (64.56)	307.54 (317.69)	60	35.50
198	"	38.28 (38.70)	139.70 (144.30)	62	36.30
199	6.23	39.94 (40.38)	150.00 (154.94)	75	42.98
200	"	40.56 (41.01)	149.24 (154.15)	58.5	36.47
201	"	39.36 (39.80)	141.80 (146.47)	60	35.15
202	"	39.44 (39.88)	143.89 (148.62)	56	32.62
203	6.26	38.69 (39.12)	132.30 (136.65)	60	34.82
204	"	37.18 (37.59)	143.16 (147.87)	64	38.21
205	"	37.40 (37.82)	137.50 (142.02)	78	47.27

個人別バックグラウンド測定記録
(その7)

氏名	測定年月	Pu-Channel (cpm)	Am-Channel (cpm)	体重	W/H
東海 206	1972. 6.27	38.46 (38.89)	135.62 (140.08)	53kg	33.40
207	"	40.50 (40.95)	149.60 (154.52)	63	37.79
208	"	38.34 (38.77)	147.26 (152.10)	65	39.76
209	"	39.16 (39.59)	141.82 (146.49)	53	34.06
210	6.29	38.90 (39.33)	141.02 (145.66)	62	38.04
211	"	36.94 (37.35)	138.12 (142.66)	53	33.54
212	"	38.76 (39.19)	133.52 (137.91)	53	32.32
213	"	41.08 (41.54)	148.70 (153.59)	60.5	35.48
214	6.30	40.02 (40.46)	148.96 (153.86)	61.5	36.83
215	"	36.74 (37.15)	140.28 (144.90)	60	37.27
216	"	36.42 (36.82)	144.38 (149.13)	75	45.79
217	7.13	37.16 (38.52)	139.04 (145.84)	56	35.22
218	"	37.92 (39.31)	127.46 (133.69)	49.5	30.04
219	"	38.86 (40.28)	142.82 (149.80)	66	39.05
220	7.14	36.18 (37.50)	126.82 (133.02)	54	31.40
221	"	38.63 (40.04)	140.45 (147.32)	59	34.40
222	"	36.36 (37.69)	134.88 (141.48)	56	33.94
223	"	37.84 (39.22)	138.78 (145.57)	53	32.62
224	7.17	38.42 (39.83)	145.02 (152.11)	61	37.13
225	"	37.90 (39.29)	146.23 (153.38)	61	37.20
226	"	36.56 (37.90)	139.00 (145.80)	69.5	39.94
227	7.18	37.18 (38.54)	149.10 (156.39)	71	42.01
228	"	36.38 (37.71)	142.62 (149.59)	60	35.59
229	"	38.36 (39.76)	139.34 (146.15)	58	34.32
230	"	39.58 (41.03)	152.38 (159.83)	78	43.82
231	7.20	36.84 (38.19)	139.68 (146.51)	56	32.94
232	"	39.34 (40.78)	146.92 (154.10)	64	38.79
233	"	37.51 (38.88)	127.56 (133.80)	55	31.57
234	"	37.48 (38.85)	145.31 (152.42)	71	42.26
235	7.21	39.60 (41.05)	142.90 (149.89)	60	36.59
236	"	37.06 (38.42)	135.60 (142.23)	60.5	35.69
237	7.27	39.28 (40.72)	145.36 (152.47)	64	39.02
238	"	37.34 (38.71)	140.88 (147.77)	70	42.42
239	7.28	37.68 (39.06)	137.96 (144.71)	62	36.09
240	"	35.58 (36.88)	129.90 (136.25)	59	33.39

個人別バックグラウンド測定記録
(その8)

氏名	測定年月	Pu-Channel (cpm)	Am-Channel (cpm)	体重	W/H
東海 241	1972. 7.28	38.96 (40.39)	144.16 (151.21)	60.5 ^{kg}	35.28
242	"	37.36 (38.73)	146.42 (153.58)	72	41.86
243	9.14	40.94 (40.65)	144.26 (147.48)	59	35.50
244	"	39.15 (38.87)	135.80 (138.83)	48	30.09
245	"	42.70 (42.40)	153.16 (156.58)	60	37.17
246	"	38.34 (38.07)	135.64 (138.66)	55	33.48
247	9.16	36.60 (36.34)	139.02 (142.12)	55	33.54
248	9.18	38.70 (38.43)	148.90 (152.22)	59	37.15
249	"	40.02 (39.74)	154.56 (158.01)	64.5	36.54
250	"	37.44 (37.17)	147.32 (150.61)	56	34.85
251	"	41.08 (40.79)	149.62 (152.96)	60.5	34.18
252	9.19	40.38 (40.09)	151.86 (155.25)	58	36.36
253	"	39.44 (39.16)	150.46 (153.82)	65	37.57
254	"	38.82 (38.54)	141.20 (144.35)	54	35.06
255	"	42.50 (42.20)	147.30 (150.58)	69	40.93
256	9.20	39.54 (39.26)	140.90 (144.04)	66.5	39.09
257	"	38.24 (37.97)	138.54 (141.63)	59	35.65
258	9.21	39.20 (38.92)	141.62 (144.78)	57	33.22
259	"	36.76 (36.50)	126.16 (128.97)	50	29.85
原研 1	10.19	39.80 (39.39)	149.40 (147.95)	57	33.93
2	"	40.96 (40.53)	148.90 (147.46)	65	40.63
3	"	38.44 (38.04)	143.02 (141.63)	62	35.84
4	"	40.92 (40.49)	144.30 (142.90)	61	57.20
5	10.20	40.24 (39.82)	144.36 (142.96)	59	34.71
6	"	38.34 (37.94)	138.26 (136.92)	58	34.52
7	10.23	39.52 (39.11)	149.54 (148.09)	55	33.03
8	"	37.72 (37.33)	132.04 (130.76)	52	30.41
9	"	39.98 (39.56)	151.76 (150.29)	70	40.46
10	"	39.02 (38.61)	143.66 (142.27)	62	38.39
11	10.24	39.30 (38.89)	147.74 (146.31)	64	38.79
12	"	40.22 (39.80)	148.00 (146.56)	58.5	33.82
13	"	39.80 (39.39)	148.64 (147.20)	60.5	34.87
14	"	38.66 (38.26)	151.14 (149.67)	62	36.47
15	10.25	38.56 (38.16)	147.50 (146.07)	50	31.19
16	"	38.10 (37.70)	141.88 (140.50)	57	31.58

個人別バックグラウンド測定記録
(その9)

氏名	測定年月	Pu-Channel (cpm)	Am-Channel (cpm)	体重	W/H
原研 17	1972.10.25	40.33 (39.91)	154.32 (152.82)	65kg	37.90
18	"	39.24 (38.83)	149.30 (147.85)	62	36.69
19	10.26	41.16 (40.73)	153.52 (152.03)	59	34.38
20	"	38.02 (37.62)	134.48 (133.18)	44	26.86
21	"	41.30 (40.87)	156.86 (155.34)	69	41.62
22	"	39.72 (39.31)	150.58 (149.12)	61	36.20
23	10.27	39.12 (38.71)	154.98 (153.48)	64	38.93
24	"	39.86 (39.45)	145.66 (144.25)	62.5	36.13
25	"	37.44 (37.05)	151.92 (150.45)	55	33.39
26	"	37.94 (37.55)	146.54 (145.12)	61	38.00
27	10.30	40.41 (39.99)	160.97 (159.41)	64	38.10
28	"	42.38 (41.94)	166.30 (164.69)	70	40.94
29	"	38.20 (37.80)	148.20 (146.76)	55	34.06
30	"	38.28 (37.88)	146.88 (145.46)	60	34.88
31	10.31	41.42 (40.99)	150.08 (148.62)	59	34.91
32	"	40.70 (40.28)	152.90 (151.42)	60	34.88
33	11. 1	38.46 (38.06)	145.48 (142.76)	63	37.17
34	"	38.66 (38.26)	146.28 (143.54)	57	35.40
35	"	39.40 (38.99)	144.60 (141.90)	62	36.26
36	"	40.30 (39.88)	159.04 (156.07)	74	43.79
37	11. 2	39.71 (39.30)	152.75 (149.89)	64.5	37.50
38	"	39.28 (38.87)	149.18 (146.39)	72	41.86
39	"	39.86 (39.45)	156.42 (153.49)	71	41.40
40	"	40.58 (40.16)	145.62 (142.90)	51	30.91
41	1973. 1.17	38.86 (36.21)	139.12 (131.33)	59.5	35.21
42	"	40.97 (38.17)	142.85 (134.85)	51.5	32.39
43	1.18	41.34 (38.52)	153.32 (144.73)	57	33.73
44	"	41.90 (39.04)	162.54 (153.44)	65	37.57
45	"	40.96 (38.16)	151.22 (142.75)	58	36.02
46	1.19	40.78 (37.99)	154.42 (145.77)	66	38.37
47	"	41.54 (38.70)	148.34 (140.03)	56	34.57
48	"	41.44 (38.61)	157.58 (148.76)	65	39.39
**49	"	54.00 (50.54)	243.71 (230.06)	75	44.38
50	1.22	43.10 (40.16)	158.60 (149.72)	68	41.21
51	"	42.12 (39.24)	165.38 (156.12)	69	39.88

個人別バックグラウンド測定記録
(その10)

氏名	測定年月	Pu-Channel (cpm)	Am-Channel (cpm)	体重	W/H
原研 52	1973. 1.22	41.00 (38.20)	140.70 (132.82)	49kg	30.53
53	"	43.16 (40.21)	163.28 (154.14)	65	39.51
54	1.23	41.68 (38.83)	151.32 (142.85)	73	42.94
55	"	43.10 (40.16)	157.50 (148.68)	65	36.83
56	"	40.04 (37.31)	144.80 (136.69)	61.5	36.94
57	"	39.86 (37.14)	148.12 (139.83)	54.5	35.62
58	1.24	41.38 (38.55)	153.28 (144.70)	61	35.47
59	"	43.93 (40.93)	164.75 (155.52)	60	37.04
60	"	43.20 (40.25)	161.17 (152.14)	60	34.48
61	"	44.60 (41.05)	157.12 (148.32)	63	36.84
62	"	43.56 (40.58)	163.50 (154.34)	73	44.24
63	1.25	43.24 (40.29)	159.84 (150.89)	63	38.89
64	"	43.54 (40.57)	168.02 (158.61)	62.5	36.44
65	"	42.68 (39.76)	154.64 (145.98)	70	41.18
66	"	42.32 (39.43)	158.76 (149.87)	61	37.65
67	1.26	43.77 (40.78)	173.87 (164.13)	75	42.37
68	"	41.12 (38.31)	153.30 (144.72)	61	37.42
69	"	44.52 (41.48)	162.18 (153.10)	62	37.13
70	"	44.12 (41.11)	157.48 (148.66)	52	32.91
71	1.29	43.84 (40.85)	159.94 (150.98)	63	36.42
72	"	41.84 (38.98)	152.04 (143.53)	56	32.94
73	"	41.98 (39.11)	166.92 (157.57)	72	42.86
74	"	40.82 (38.03)	154.24 (145.60)	55	34.38
75	1.30	39.94 (37.21)	146.24 (138.05)	63	37.50
76	"	39.00 (36.34)	151.36 (142.88)	61	37.65
77	"	42.82 (39.90)	156.42 (147.66)	59	35.46
78	"	43.58 (40.60)	160.18 (151.21)	51	31.48
79	1.31	42.22 (39.34)	157.48 (148.66)	52	32.50
80	"	41.08 (38.27)	160.68 (151.68)	70	41.18
81	"	39.08 (36.41)	141.08 (133.18)	45	27.44
大洗 1	2. 5	43.08 (39.98)	160.12 (149.38)	58	35.37
2	"	43.51 (40.38)	169.51 (158.14)	71	41.04
3	"	40.32 (37.42)	161.12 (150.31)	70	42.60
4	"	42.20 (39.17)	159.44 (148.74)	79	44.38
5	2. 6	43.36 (40.24)	160.83 (150.04)	66	36.87

個人別バックグラウンド測定記録
(その11)

氏名	測定年月	Pu-Channel (cpm)	Am-Channel (cpm)	体重 ^{kg}	W/H
大洗 6	1973. 2. 6	43.10 (40.00)	161.28 (150.46)	46	28.40
7	"	44.40 (41.21)	164.56 (153.52)	62	38.75
8	"	44.92 (41.69)	168.48 (157.17)	61	34.37
9	2. 7	43.24 (40.13)	158.44 (147.81)	59	35.39
10	"	40.80 (37.87)	152.12 (141.19)	50	30.96
11	"	40.68 (37.76)	154.74 (144.36)	67	41.23
12	"	42.42 (39.37)	156.84 (146.32)	55	34.92
13	2. 8	39.88 (37.01)	154.05 (143.71)	64	36.68
14	"	42.19 (39.16)	162.22 (151.34)	57	34.76
15	"	41.86 (38.85)	146.30 (136.48)	50	30.40
16	"	40.14 (37.25)	149.18 (139.17)	52	32.00
17	"	42.92 (39.83)	154.82 (144.43)	60	35.29
18	2. 9	40.73 (37.80)	147.85 (137.93)	50	31.06
19	"	40.01 (37.13)	155.34 (144.92)	56	33.84
20	"	43.72 (40.58)	162.72 (151.80)	59	36.53
21	"	41.37 (38.40)	157.70 (147.12)	56	33.63
22	2.10	42.40 (39.35)	157.08 (146.54)	60	35.93
23	"	42.24 (39.20)	152.10 (141.89)	58	35.05