

本資料は 年 月 日付けで登録区分、
変更する。 2007. 6. -6

[技術情報室]

UO₂ペレット破壊試験時AE測定

Acoustic Emission during UO₂ pellet compression testing

1977年12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

UO₂ ペレット破壊試験時 A E 測定

実施責任者 三 浦 信 (技術部検査開発課)

報告者 佐 藤 政 一 (")

五十嵐 幸 (")

近 藤 吉 隆 (")

期 間 1977年4月1日～1977年9月1日

目 的 ATR用UO₂ ペレット破壊時のA E特性を求めATR用被覆管SCC検出のための基礎的A Eデータの集積を目的とする。

要 旨 ATR燃料燃焼末期におけるFPガスに依るSTRESS CORROSION CRACKINGのA E法に依る検出技術開発のための予備試験を行なった。

試験はまず予備試験として、アルミナ磁器とWCU 模擬ペレットの破壊時A E測定から始めた。その結果アルミナ磁器のA Eは70kHz～220kHzの周波数分布を示し、またWCU 模擬ペレットのA Eの周波数は非常に低いところにピークを持っていた。

ATRサイズUO₂ ペレット破壊試験時のA E測定結果は非常に多量のA E発生を示した。試験は圧縮モードで行なわれたがA E発生率が急増する時期は圧縮荷重の微小な変動時期と一致していた。試験機のラム位置保持中にA E発生はみられなかったがラム移動再開後は再び以前のA E発生率と同じ値の発生率にまで達していた。A E信号の波形にはバースト状とパケット状と名付けた2つの種類が見られ、それぞれが異なる破壊現象に対応するものと考えられた。

また主な周波数成分はZr合金破壊時のA Eといくぶん異なる結果を示した。

目 次

1. はじめに	1
2. 試験方法	2
2.1 試験装置	2
2.1.1 A E 信号解析装置	2
2.1.2 試験機	2
2.2 試験方法	2
2.2.1 アルミナ磁器破壊時の A E 測定	2
2.2.2 WCu 模擬ペレット破壊時の A E 測定	2
2.2.3 UO ₂ ペレット破壊時 A E 測定	4
3. 結果及び検討	6
3.1 アルミナ磁器破壊時 A E 測定結果	6
3.2 WCu 模擬ペレット破壊時 A E 測定結果	6
3.3 UO ₂ ペレット破壊時 A E 測定結果	6
3.3.1 A E カウント	6
3.3.2 荷重変動と A E の発生状況	12
3.3.3 A E 信号波形	20
3.3.4 A E 信号周波数分析	30
3.3.5 A E 信号ピーク電圧分布分析	52
4. ま と め	55
デ ー タ 集	
1) アルミナ磁器破壊時 A E 測定再現試験結果	57
2) WC 模擬ペレット破壊時 A E 測定試験結果	59
3) UO ₂ ペレット破壊試験時 A E 測定結果	61
4) UO ₂ ペレット破壊試験時 A E 測定再現試験結果	80
5) UO ₂ ペレット破壊試験時 A E 信号波形	82
(デジタルメモリにより保持された A E 信号波形)	
6) UO ₂ ペレット破壊試験時 A E 信号ピーク電圧分布測定再現試験結果	90

1. はじめに

A T R 燃料の燃焼末期には F P ガスに依る腐食作用が原因する応力腐食割れ (Stress Corrosion Cracking 以下 S C C) の可能性がある。

本実験は、実際の燃料使用状況下を模擬し UO_2 ペレットを媒介とした内面からの応力負荷下での S C C を Acoustic Emission (以下 A E) により検出するための基礎的データを収集する目的で行なったものである。

これは従来の技術で、被覆管のクラック発生時期を捕えることが不可能であるため最近発展して来た A E 技術の適用を考えたからである。

しかし、 UO_2 ペレットを使用した S C C 試験に A E 技術を応用する場合には、被覆管のクラックによる A E だけを有効に抽出するための技術が必要とされる。

それは、 UO_2 ペレットを媒介として内面から被覆管に応力をかけると、まずペレットが割れ、その破片によって被覆管が応力を受けるという状況となり、また、S C C が進み被覆管の変形が大きくなってゆくと、その変形に従ってペレットの割れも進行してゆくものと考えられているが、このような状況下において A E 技術を使用するためには、ペレットの割れる時の A E と被覆管の S C C による A E を区別して検出する必要があるためである。

このような目的から、 UO_2 ペレットの圧縮試験時の A E を測定し、その過程に於ける A E カウント分析及び周波数分析を行なった。

しかし、 UO_2 ペレットの破壊試験は、制約が多いためむやみに行なうことができない。このため予備試験としてアルミナ磁器や WCu の模擬ペレットの破壊試験時 A E 測定も行なった。

2. 試 験 方 法

2.1 試験装置

2.1.1 A E 信号解析装置

A E測定装置	Nortec	AEMS-4
プリアンプ	"	NDT-257W
A Eセンサ	"	DZ-210
フィルタ	LOCK LAND	442型
デジタルメモリ	岩 通	DM701
高速度レコーダ	ハネウエル	1806A
データレコーダ	TEAC	R-410
相関計算器	"	C-120
フーリエ変換器	"	F-120
X-Tレコーダ	BRUSH	MARK 220
X-Yレコーダ	横河電気	3077

2.1.2 試験機

リング試験機	東京衝機	容量 50 t
--------	------	---------

2.2 試験方法

2.2.1 アルミナ磁器破壊時の A E 測定

アルミナ磁器破壊時の A E 測定法ブロック図を図 1 に示す。

図より明らかなようにアルミナ磁器の場合破壊荷重は非常に小さいため特に試験機等は使用せず、長さ 30 cm ほどのアルミナ磁器管の一端を万力にはさみ、そこを押し砕く過程の A E 測定を行なった。

A E センサは他端にラバ圧着法により取り付けた。

発生した A E は一 H、デジタルメモリに記録され波形の再生及び周波数の分析がなされた。

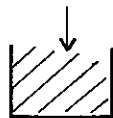
また同時に、周波数特性が 1 MHz の高速度レコーダに全過程の A E 信号を記録し発生状況のモニタ及び上記分析のためのサンプル信号のチェックを行なった。

2.2.2 WCu 模擬ベレット破壊時の A E 測定

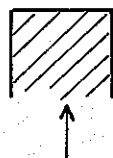
重量的に UO_2 に近いため広く使用されている WCu 模擬ベレット破壊時の A E 測定を行なった。

方法は、2.2.1 で述べたと同様である。

万力にて圧縮



アルミナ磁器管 (外径 7 mm, 肉厚 2 mm)



A E センサー (ラバー圧着)

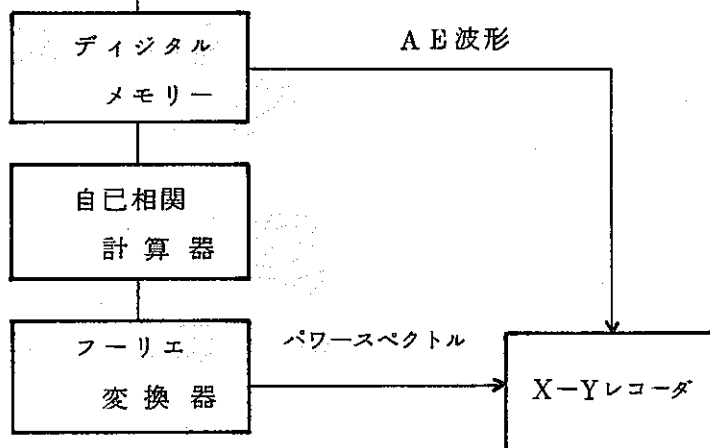
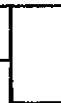


図1. アルミナ磁器破壊音測定ブロック図

2.2.3 UO₂ ペレット破壊時 AE 測定

使用したペレットは、ATRサイズの天然ウランペレットでディッシュ型である。

試験は、リング試験機を圧縮モードで使用することで行なったが、ウランの破片が飛散することを防ぐため、上下のアンビルを塩化ビニルで覆い、AEセンサはその下部アンビルにエポキシ樹脂で接着させ試験を行なった。

この様子を、写真1に示す。

AE測定は、圧縮開始直後から最大荷重達成後の適当な時期まで行なった。その時の測定ブロック図を図2に示す。ここでは、生信号の周波数分析は行わず、デジタルメモリにより周波数変換を行なった結果を一旦、データレコーダに記録しておき、試験終了後、波形の再生と同時に周波数の分析を行なう方法を採用した。

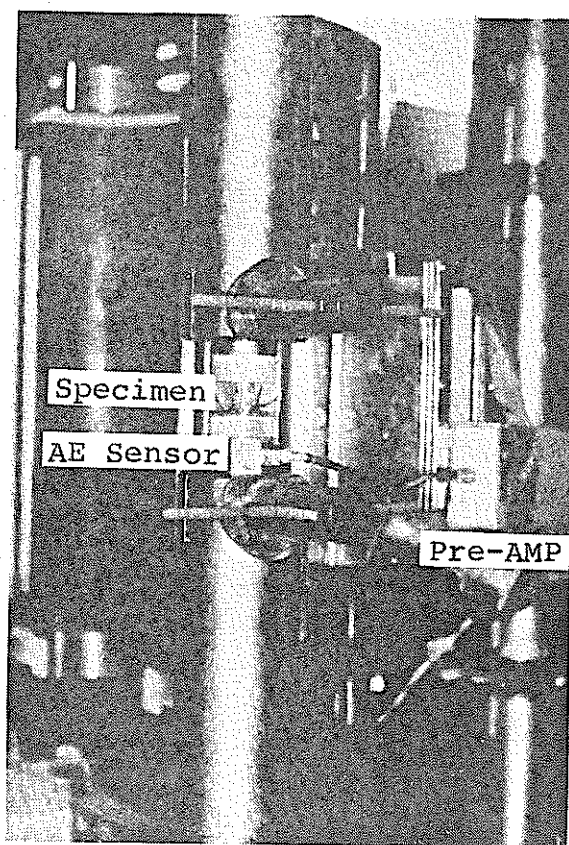


写真1. 圧縮試験状況

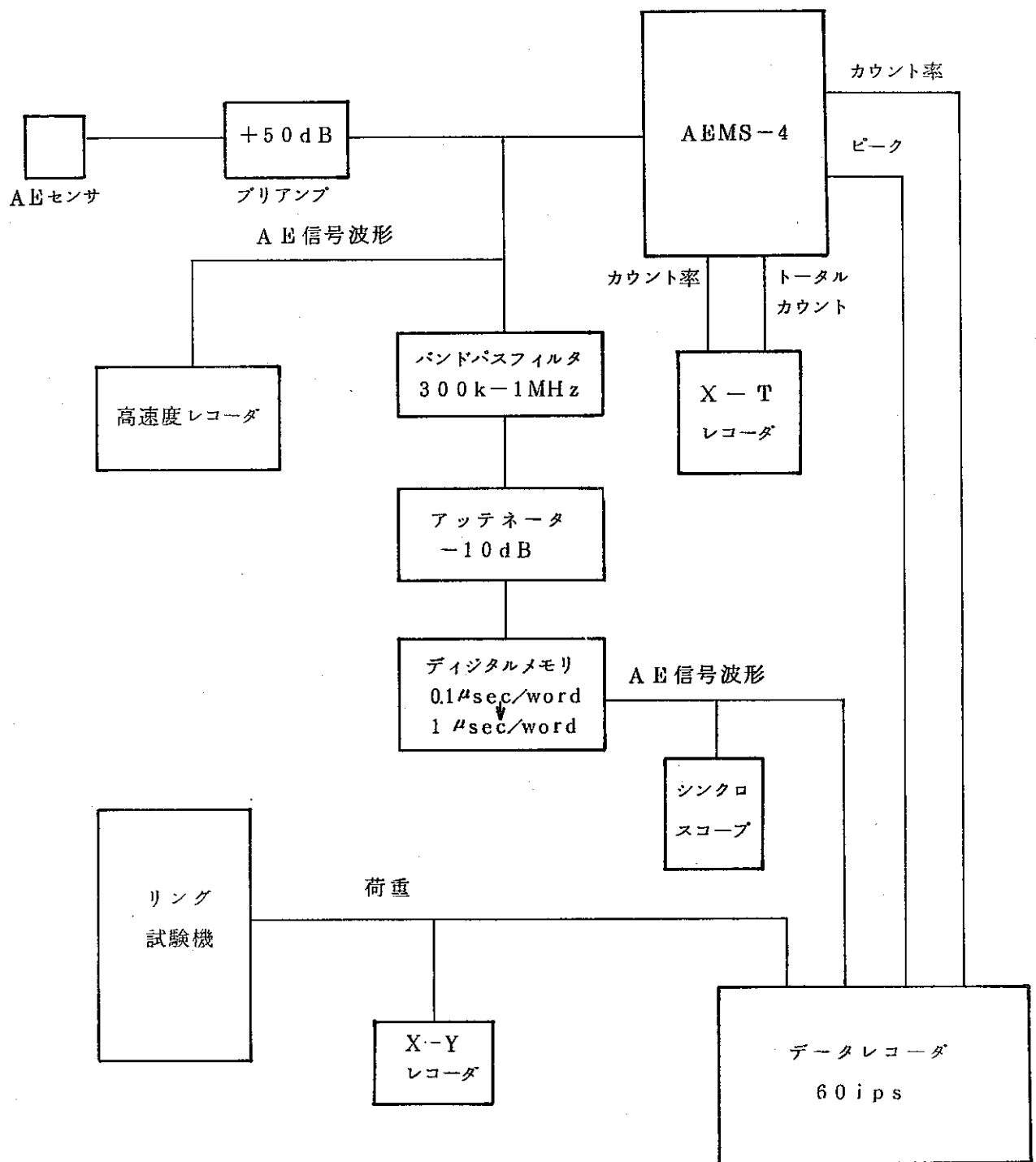


図2. UO_2 ペレット破壊試験時AE測定系ブロック図

3. 結果及び検討

3.1 アルミナ磁器破壊時 A E 測定結果

図 3 に、アルミナ磁器破壊時の A E 発生状況を示す。

図中のアルファベットは、後に示す波形再生及び周波数分析の対象とした信号を示すものである。

また、圧縮中にガラスが砕ける時のような可聴音の発生した時もあったので、その信号に相当する部分は特に示しておいた。図 3 は、圧縮を中止している部分も含んでいるが、それは図中に示してある。

これは、デジタルメモリで記録した信号を再生し、また、周波数分析をするために要した時間に相当している。

またその間、A E は発生していなかった。

図 4 に、図 3 中で a) で示された信号の波形及び、パワースペクトルを示す。

図より明らかなように、70 KHz 付近及び、220 KHz 付近にピークを持つような分布を示した。

また、デジタルメモリに記録された A E 信号波形について観察した。

図 4 には、サンプリング時間を変えて記録再生した波形 2 つを示す。

図より明らかなように、典型的なリングング波形を示していた。

図 5, 6 に、図 3 中に示した b) の信号及び、c) 信号についてそのパワースペクトル及び、波形を示す。

夫々の図の比較より明らかなように、3 回の再現試験の結果は、ほとんど同じ傾向を示した。

3.2 WCu 模擬ペレット破壊時 A E 測定結果

WCu 模擬ペレットは、アルミナ磁器のような脆性的な破壊様式を示さず、万力の締め付けにしたがって、割れるというよりは崩れるような傾向を示した。したがって、発生した A E 信号の周波数も非常に低いところにピークを持っていた。

これらの結果より、脆性的な破壊様式を示すものと考えられる UO₂ ペレットの模擬材料としては、WCu は不適當であることがわかった。結果を図 7 に示す。

3.3 UO₂ ペレット破壊時 A E 測定結果

3.3.1 A E カウント

UO₂ ペレットの場合の A E 測定は、前述の如く、図 2 に示した装置で行なった。A E

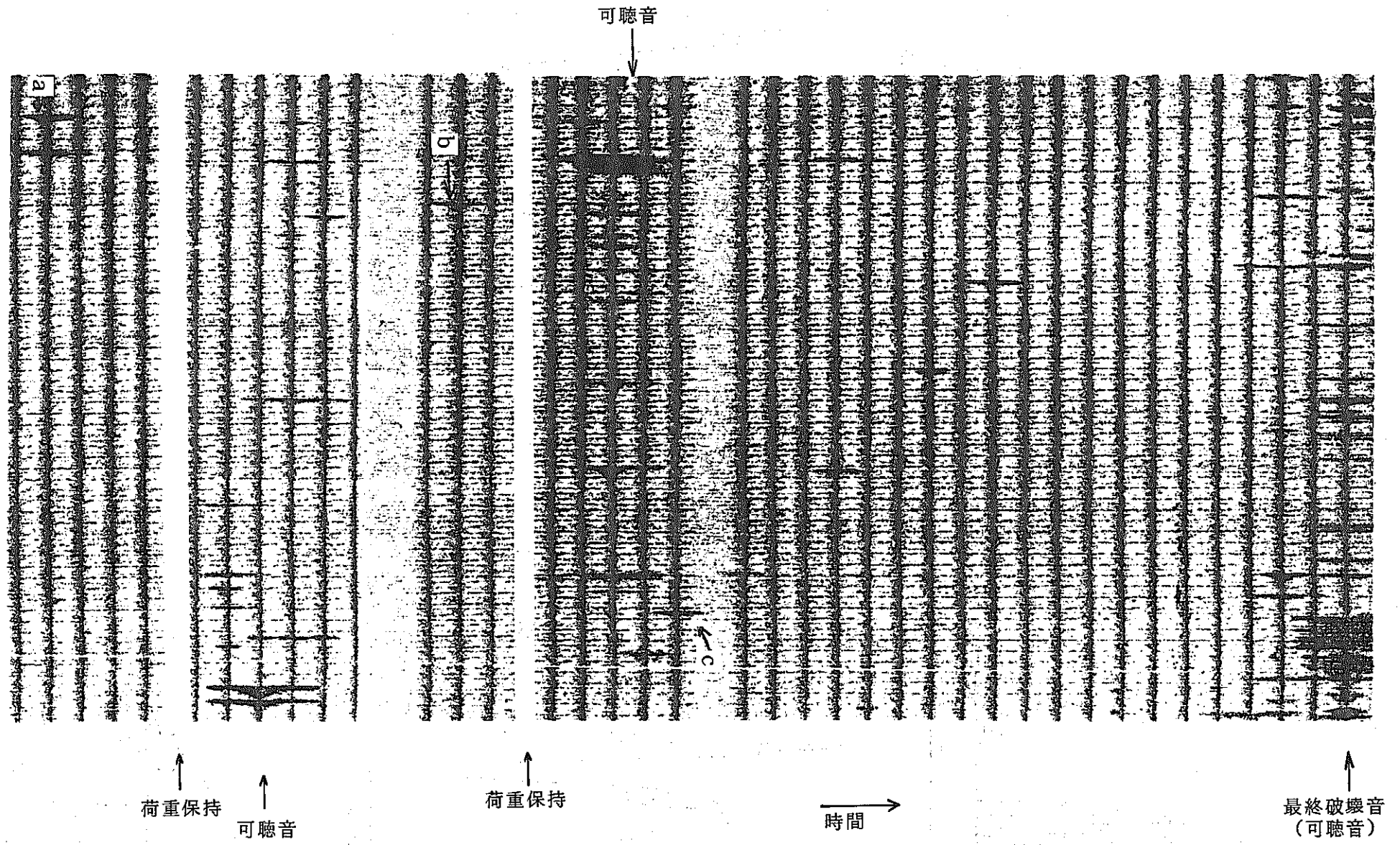


図3. アルミナ磁器破壊時AEと周波数分析した信号

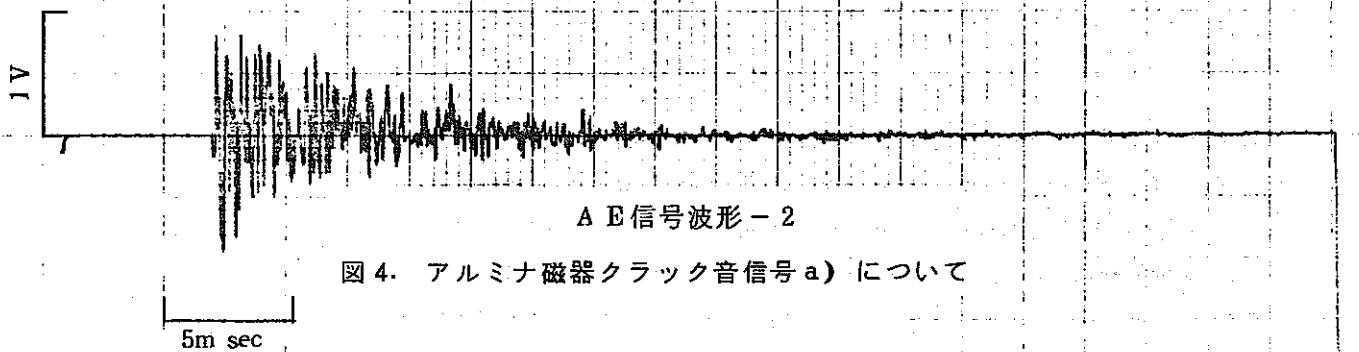
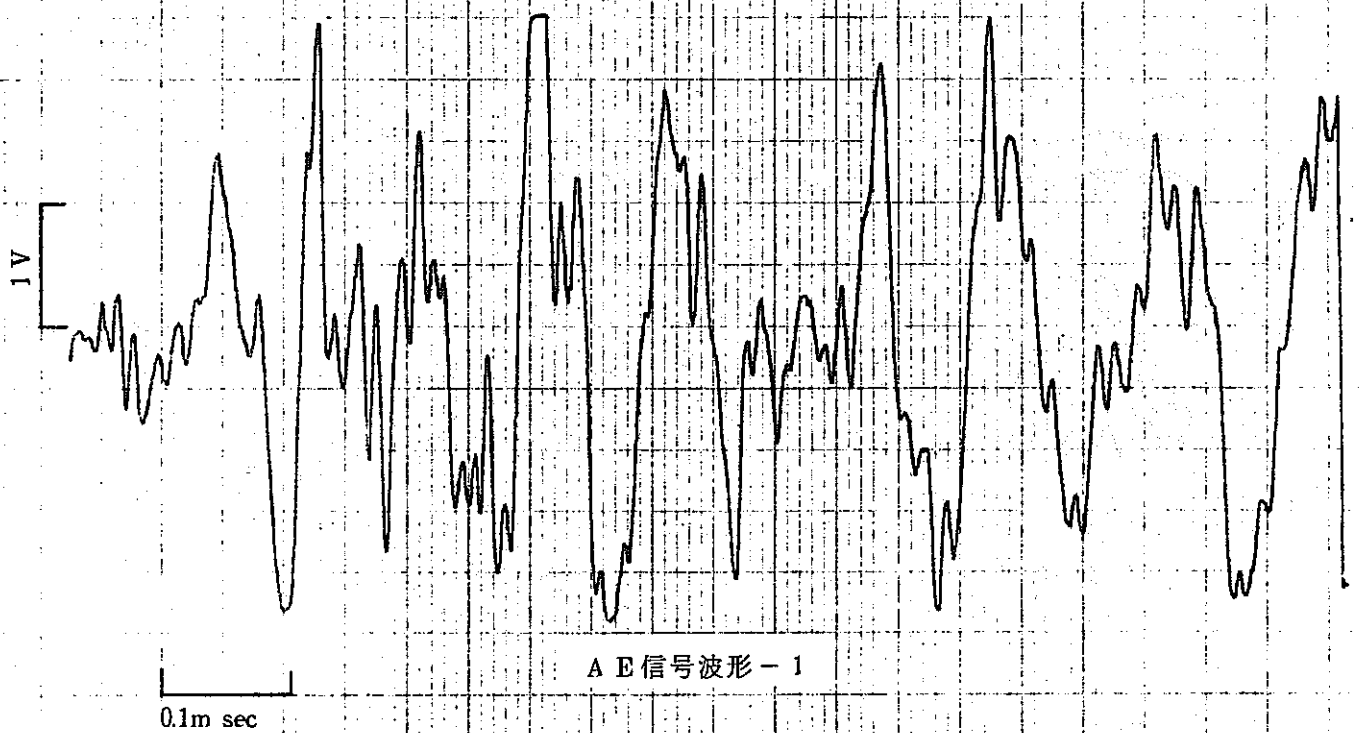
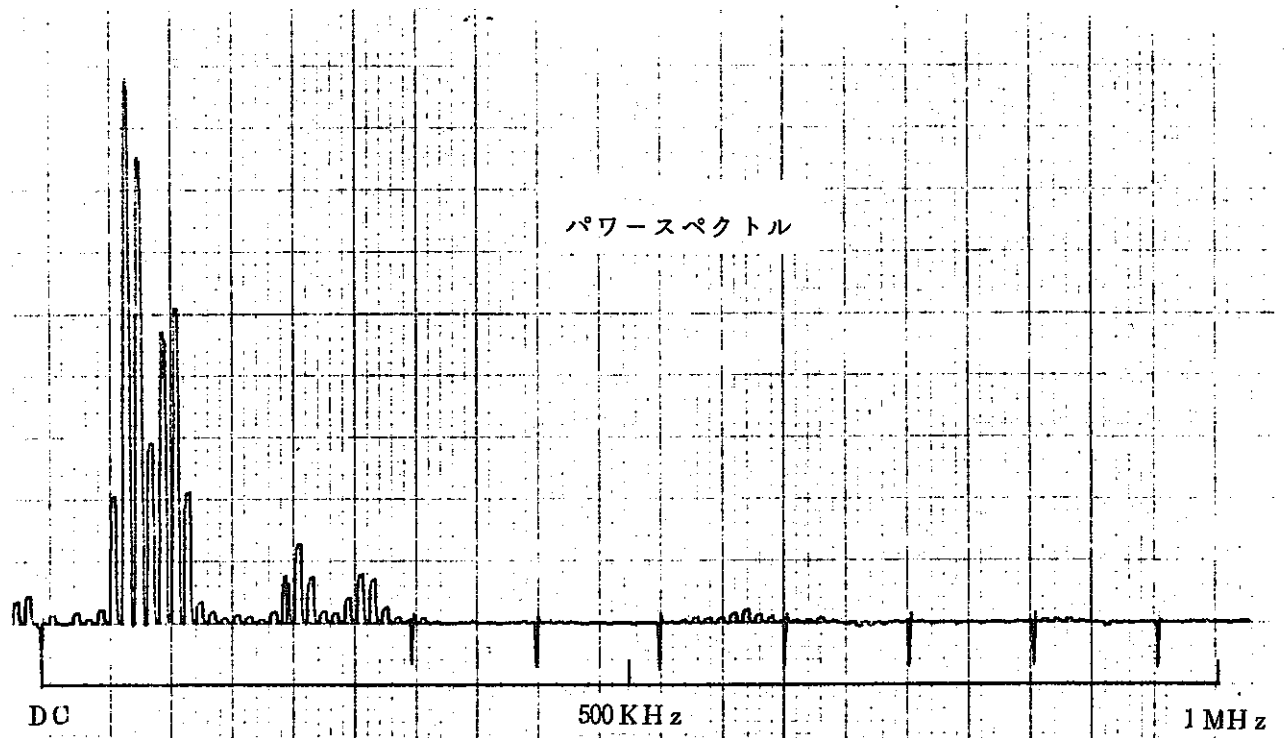


図4. アルミナ磁器クラック音信号 a) について

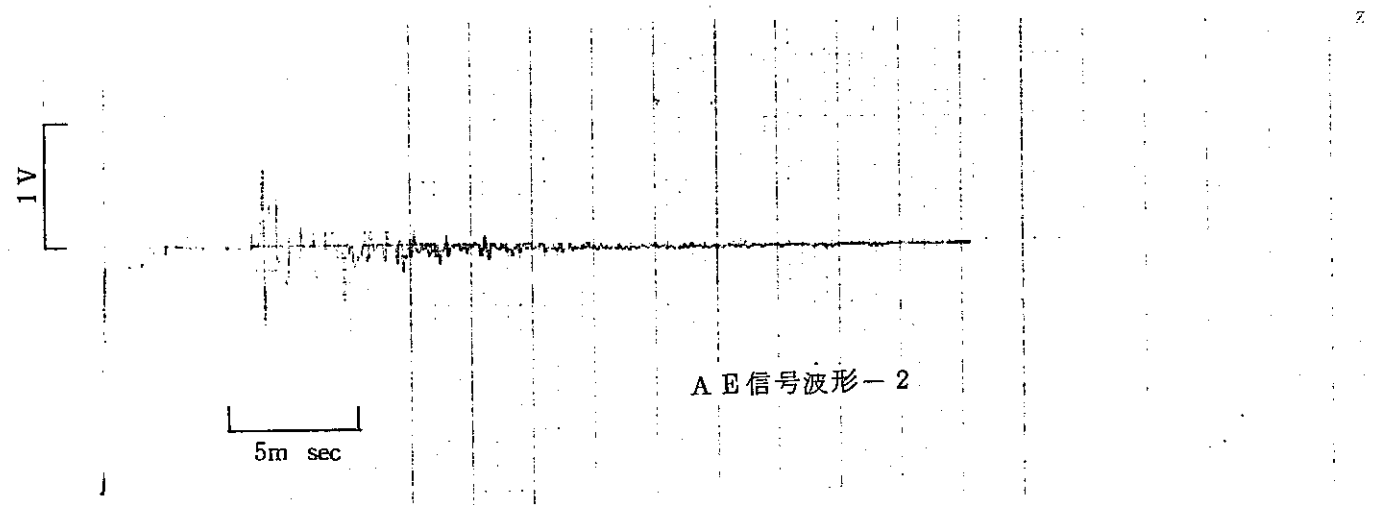
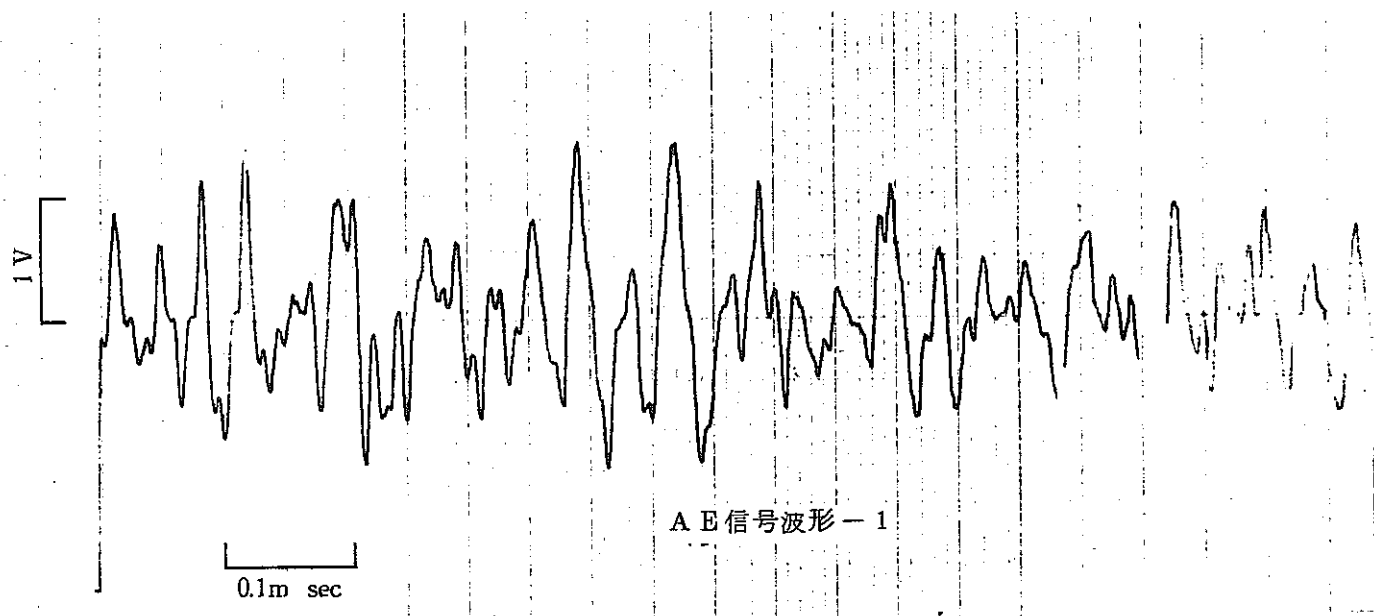
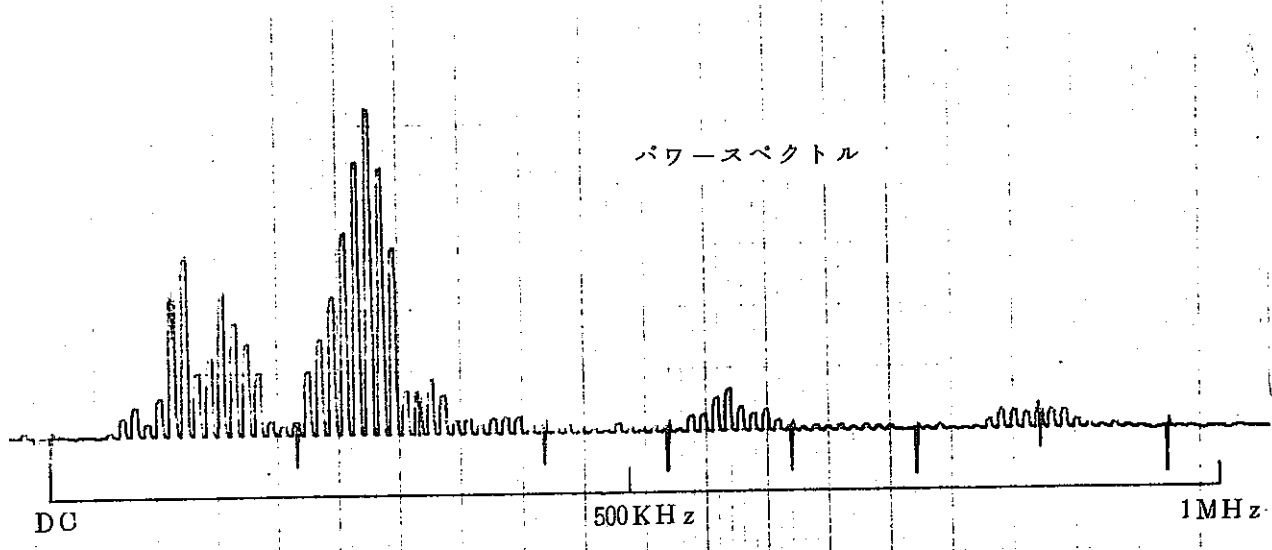


図 5. アルミナ磁気クラック音信号 c) について

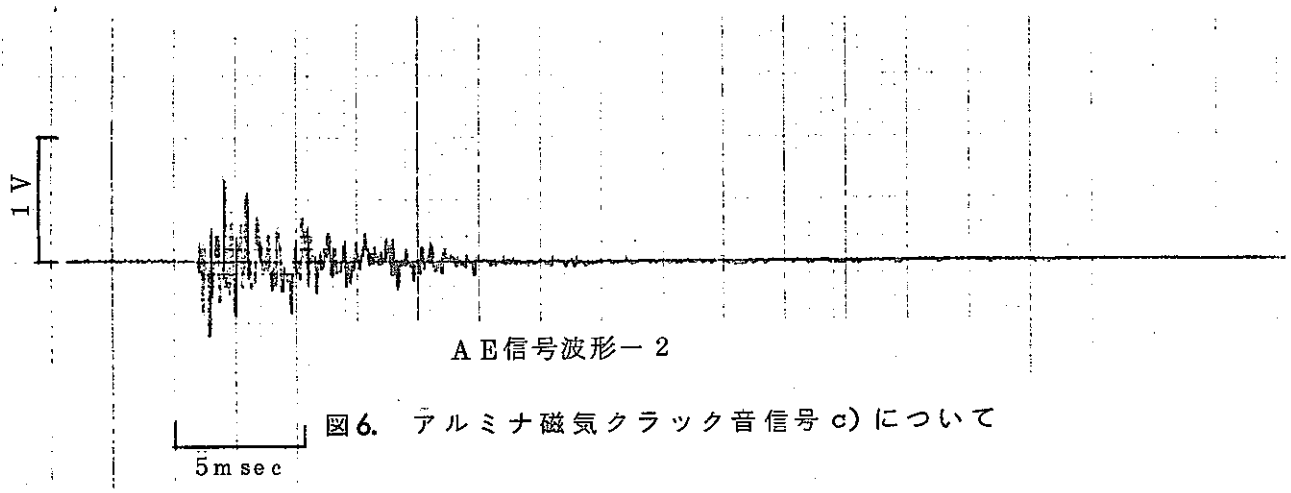
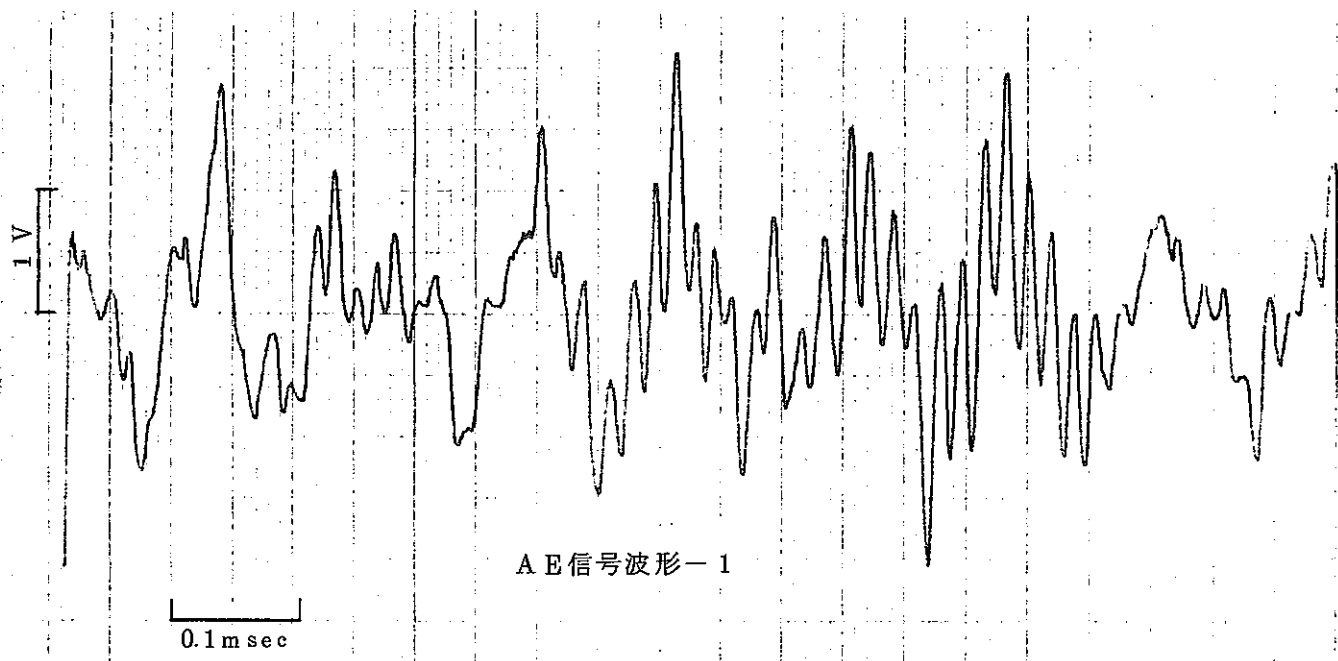
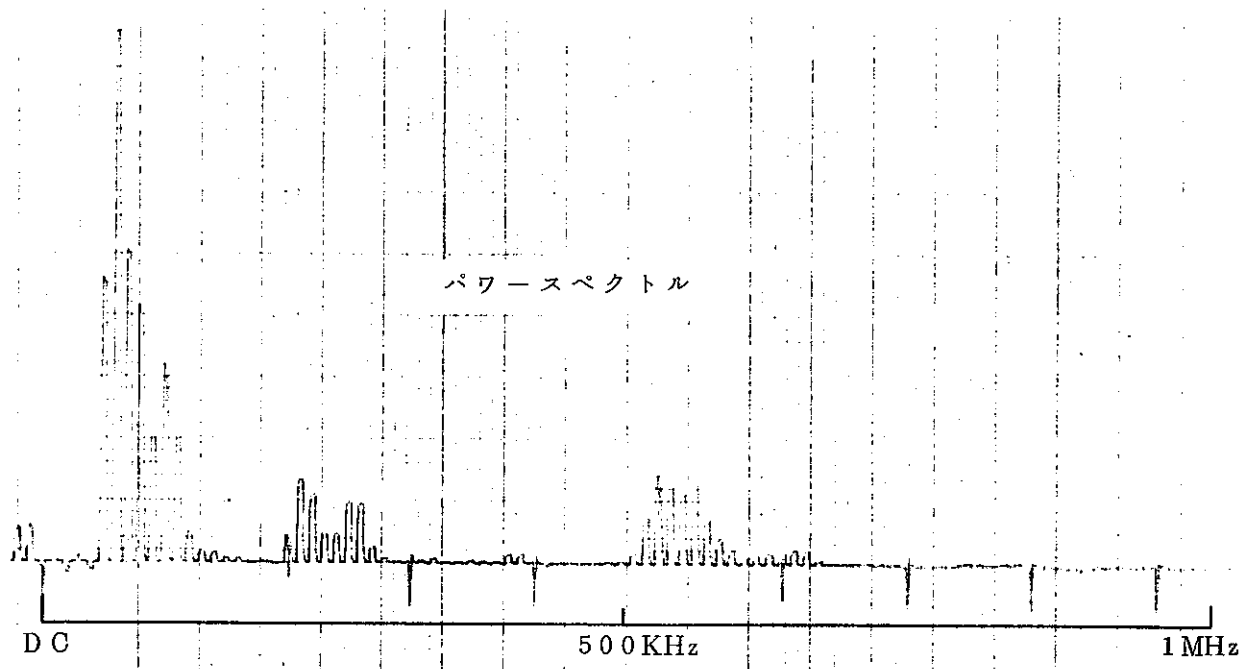


図6. アルミナ磁気クラック音信号 c) について

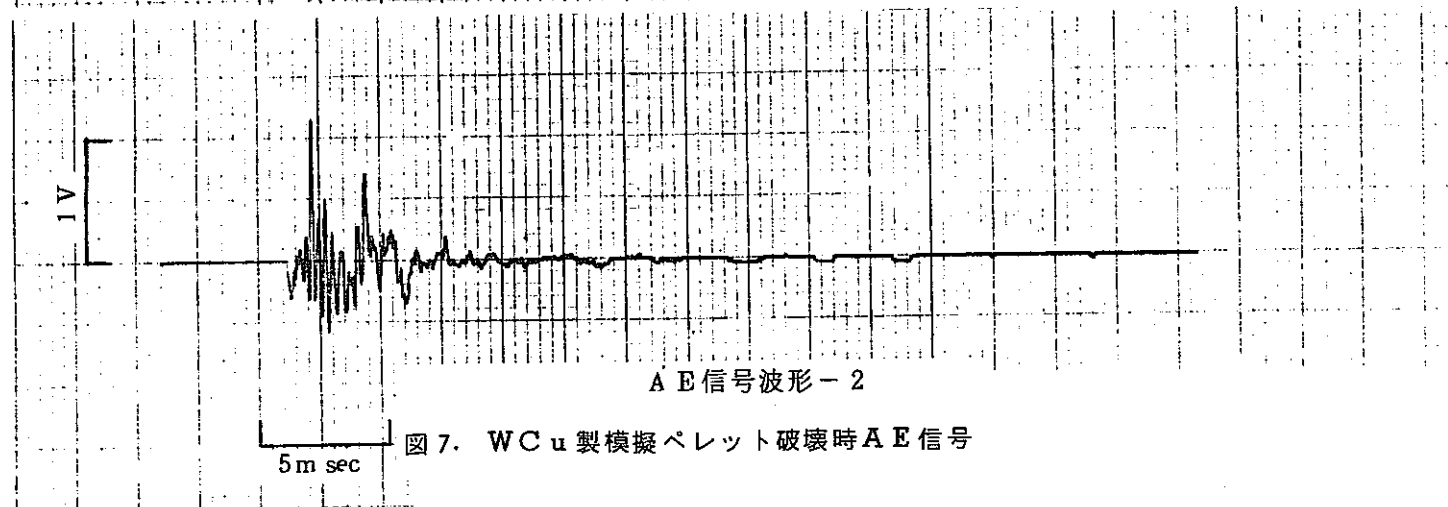
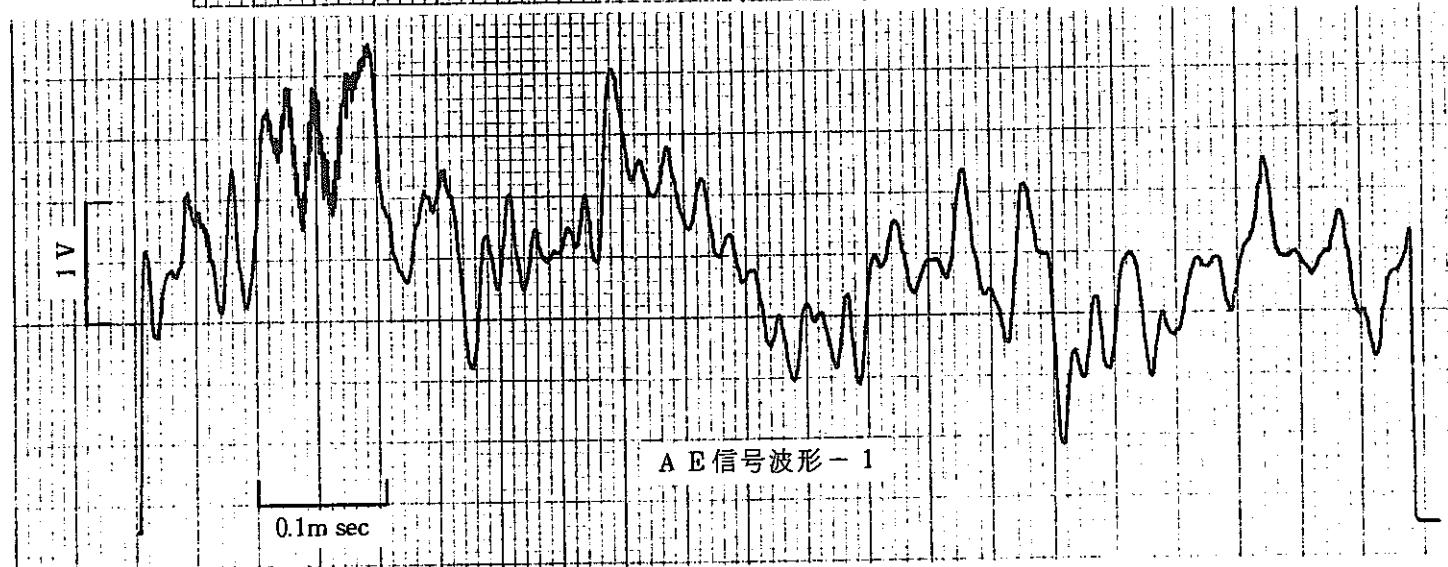
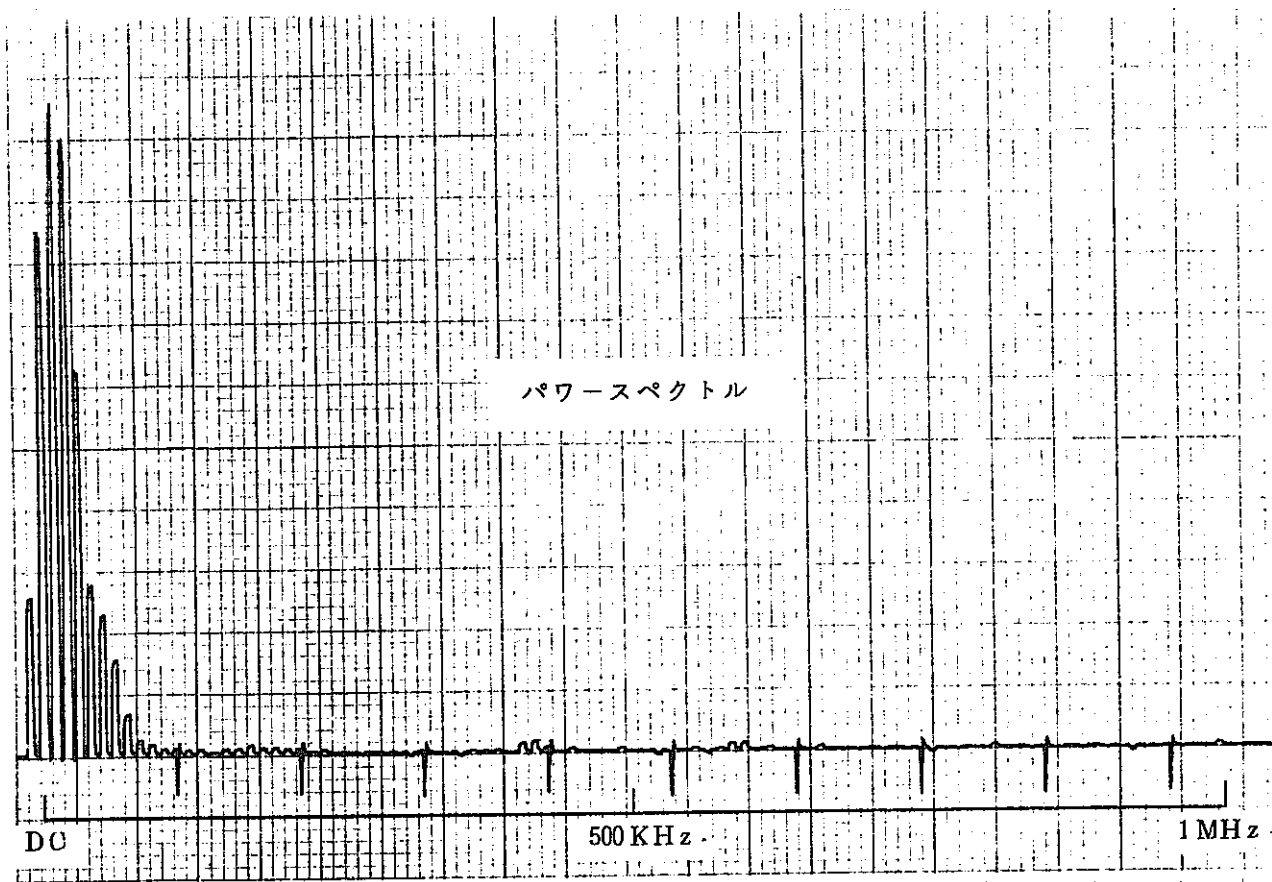


図7. WC_u 製模擬ペレット破壊時AE信号

測定装置の様子を写真2, 3に示す。

図8に、圧縮試験過程で得られたA_Eカウント率、A_E累積カウントを示す。上段は、カウント率でフルスケール 10^7 cpmであり、下段は累積カウントで、フルスケール 10^7 cpmであり、下段は累積カウントで、フルスケール32000カウントである。なお、図中には試験機指示荷重値のチェックがある。

図より明らかなように、圧縮荷重増加時期のA_E発生は非常に多く、最大荷重達成直前までおよそ 3×10^6 cpm程度の発生率を維持していた。

観察の結果、これはUO₂ペレットの周辺から小片が欠落するような状態で破壊が進行するため圧縮荷重増加の時期は、きわめてレベルの大きなA_E発生が、持続するためであると考えられた。

最大荷重達成後は、 1×10^6 cpm程度の発生率にまで減少し、その状態を維持していた。

この期間中に、試験機のラム移動を止め、その時のA_E発生状態を調べた。

図中の保持期間とされている部分がそれに担当するが、次に述べるように、この期間の圧縮荷重は相当大きな変動をくりかえしていたにもかかわらず、ほとんどA_Eの発生は見られなかった。

そして、ラムの移動を再開すると、ほぼ前と同じ 1×10^6 cpm程度のA_E発生率までもどっていた。これは、UO₂ペレットのような脆性体でも、また仮にその材料内部に多くのクラックが先在していたとしても、その材料の歪が変動しなければ(高い定荷重が作用していても)A_Eの発生はないという、A_E発生の基本的性質と合致していることを示している。

3.3.2 荷重変動とA_Eの発生状況

図9に、圧縮荷重、A_Eカウント率、A_E信号ピーク電圧を同一の時間軸で表わしたものを示す。

この図は、データレコーダに記録された各種データを、ペンレコーダの周波数特性に合わせて、再生速度を記録速度の1/2として再生したものであるが、長大なチャートとなったので4つに分割して示したものである。

上段は、A_E信号ピーク電圧を示すもので1Vフルスケールであり、中段はA_Eカウント率、そして下段は、圧縮荷重であり、フルスケールが1.180Kgを表すものである。

また、圧縮荷重は負の方向と定義したため下側に増加する方向を示している。

図9より、なめらかな圧縮荷重の増加中は、ほぼ 3×10^6 cpm程度のA_Eカウント率を示すが、圧縮荷重が大きく変動した時には $6 \sim 9 \times 10^7$ cpmの大きなA_E発生が起っていた。

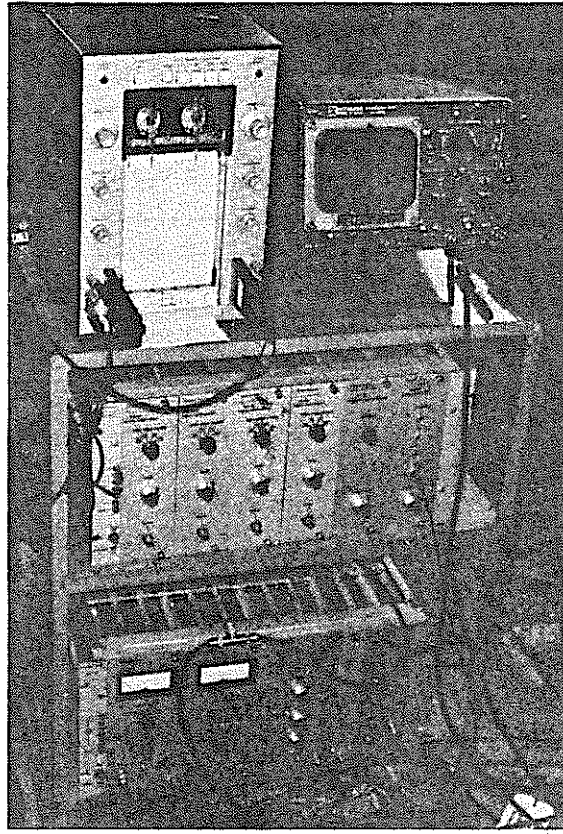


写真2. AE測定装置

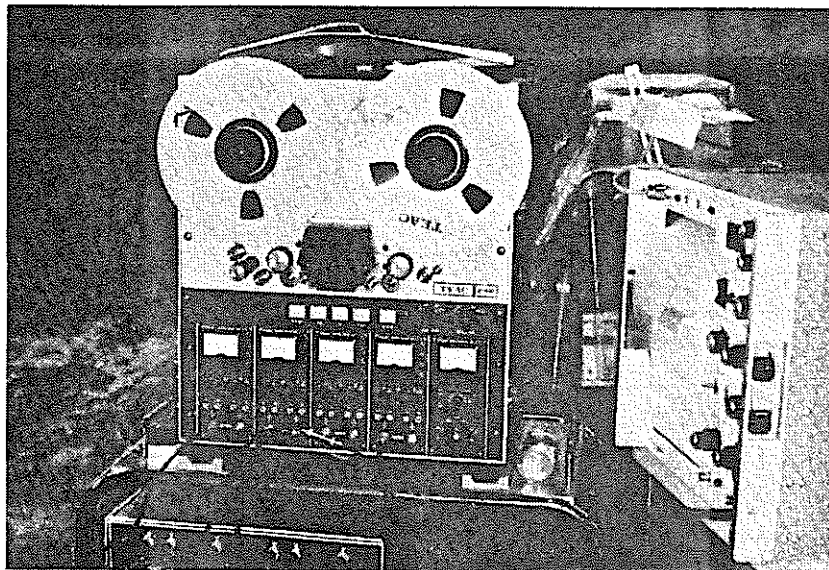


写真3. AE測定装置

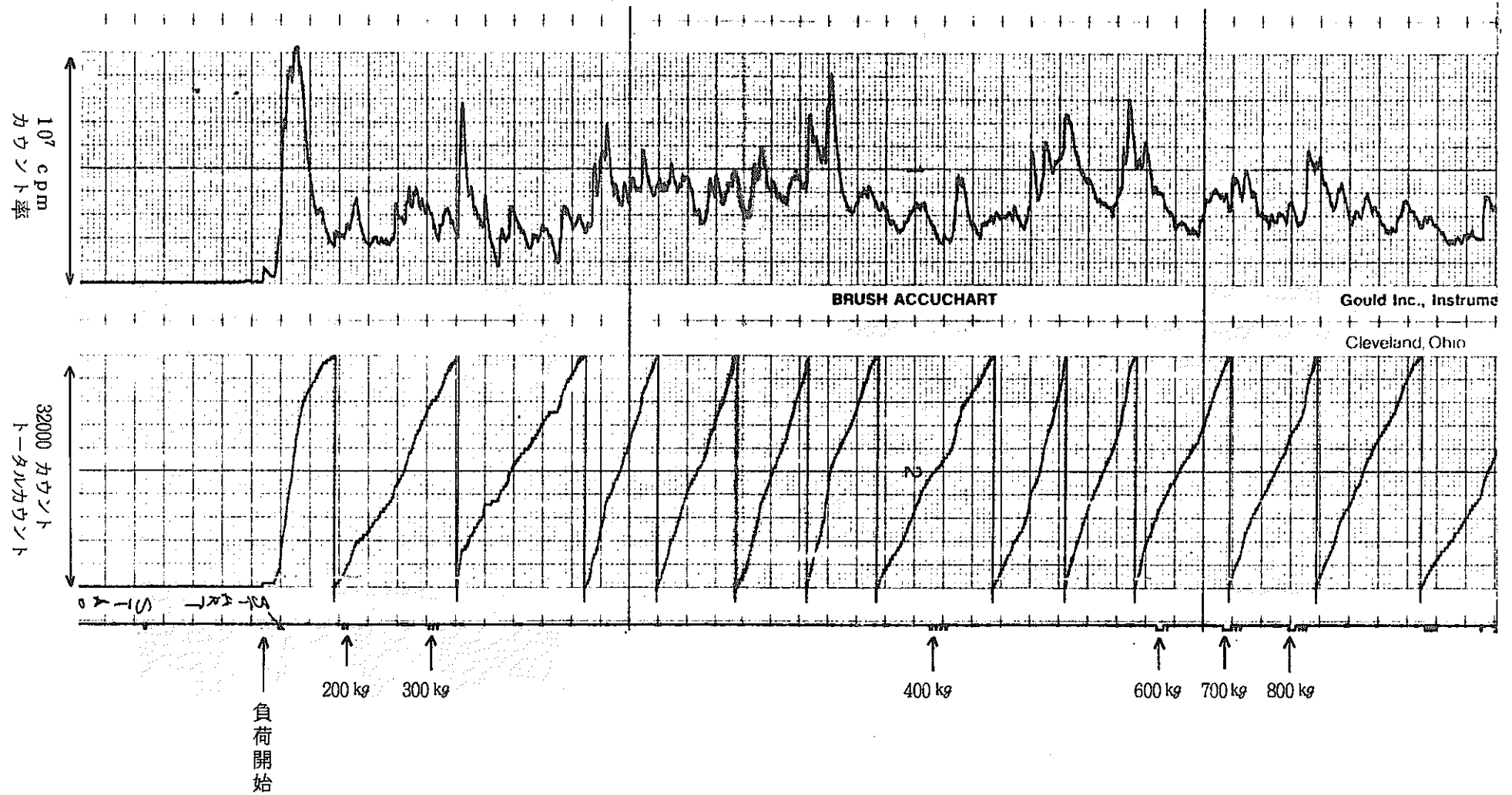


図 8 - 1. UO₂ ペレット破壊試験時AEカウント結果 (No. 3)

Th	7.0
Rate	7
Total	500

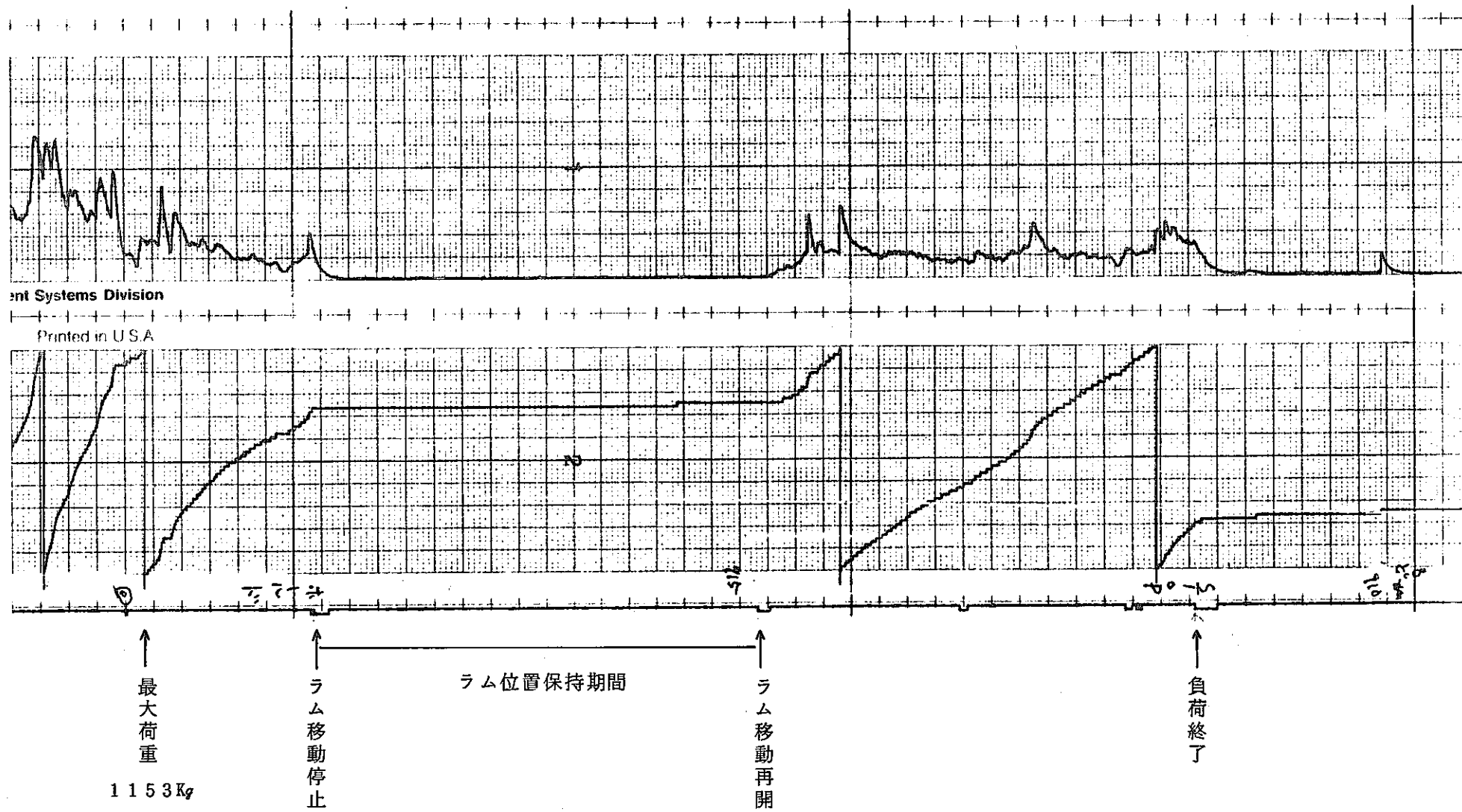
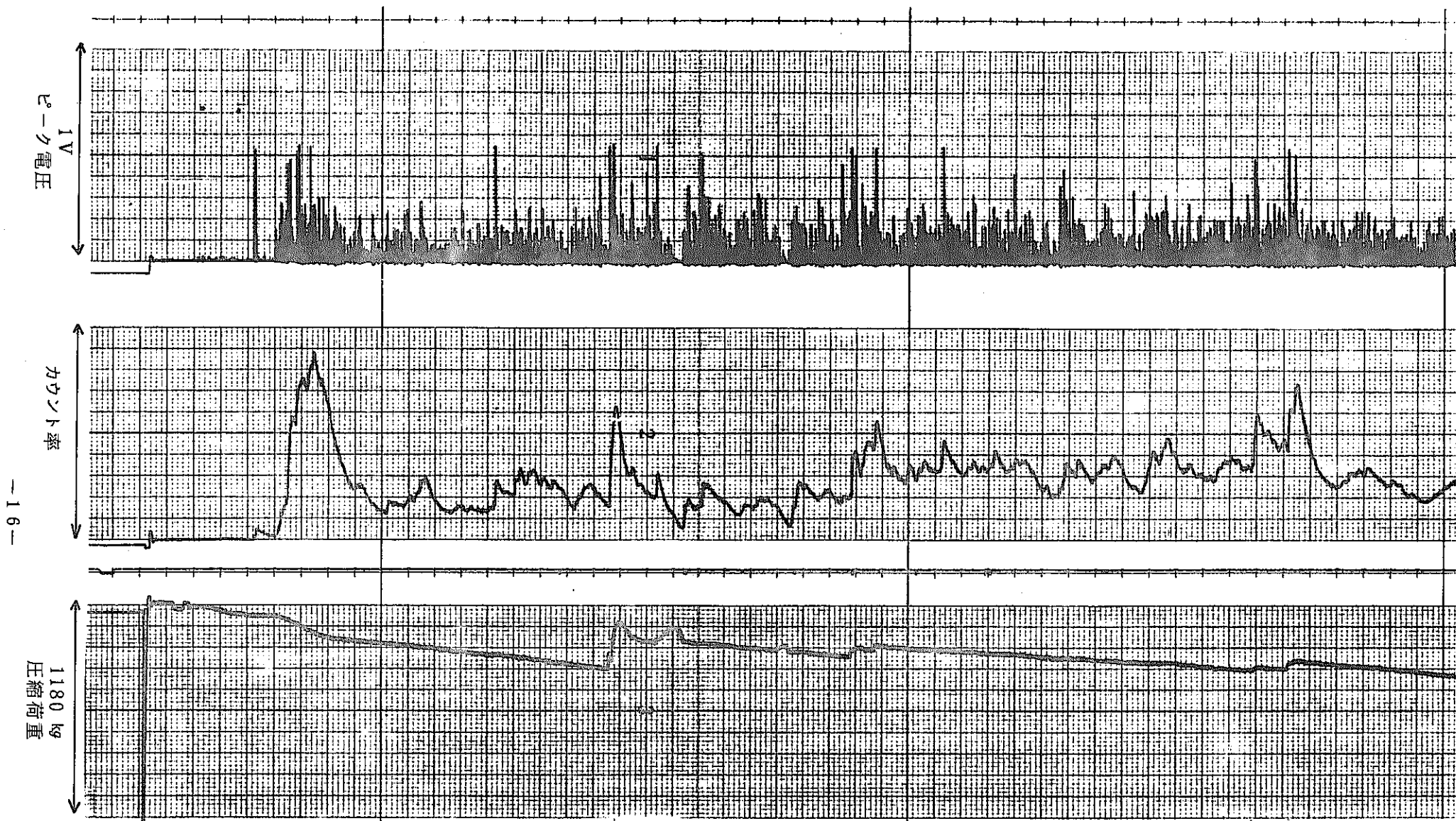


図 8-2. UO_2 ペレット破壊試験時 AE カウント結果 (No. 3)

Th	7.0
Rate	7
Total	500



—16—

図13の範囲

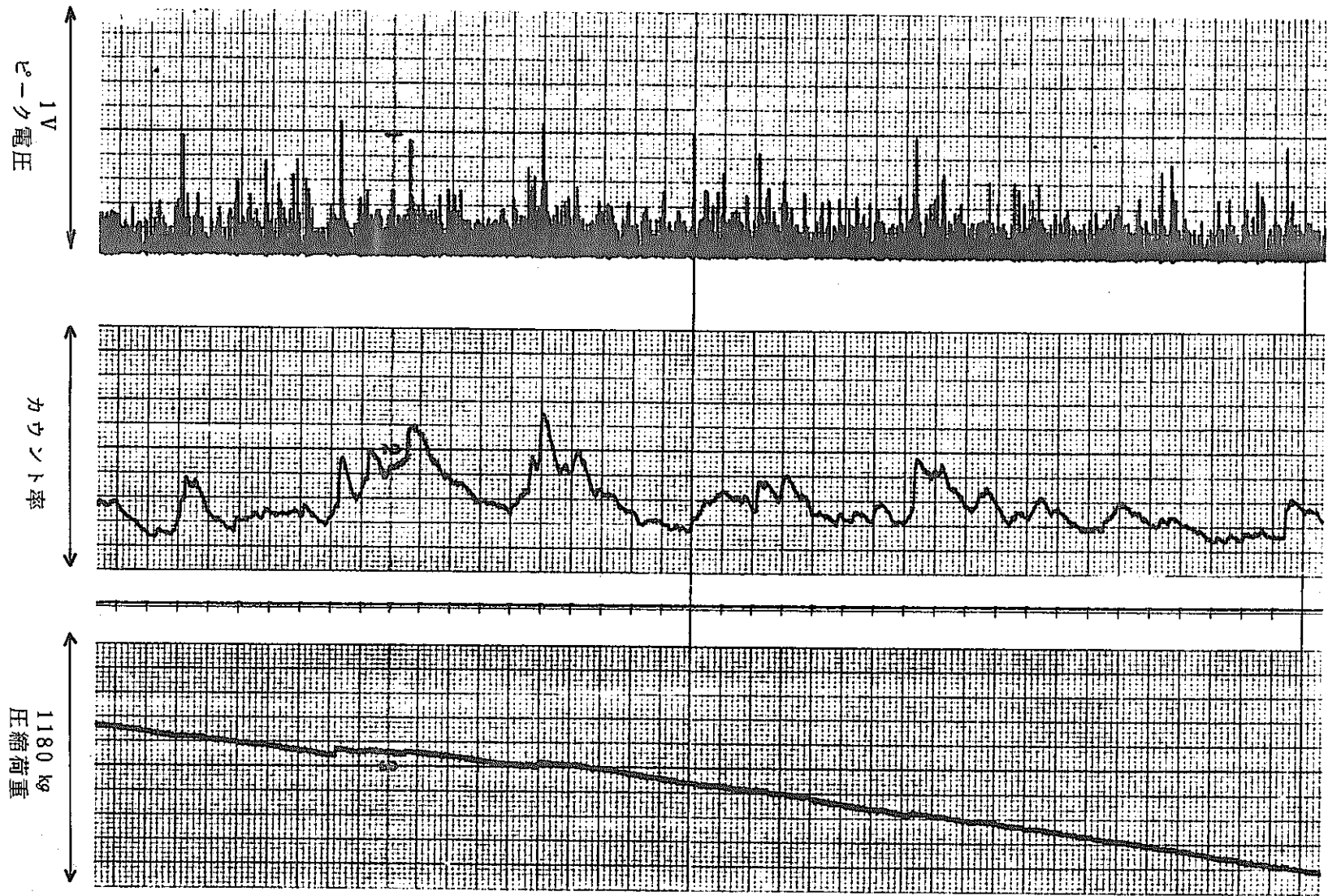
A

B

C

D

図9-1. 圧縮荷重とAE発生状況(No.3)



E

図 9 - 2. 圧縮荷重と A E 発生状況 (№ 3)

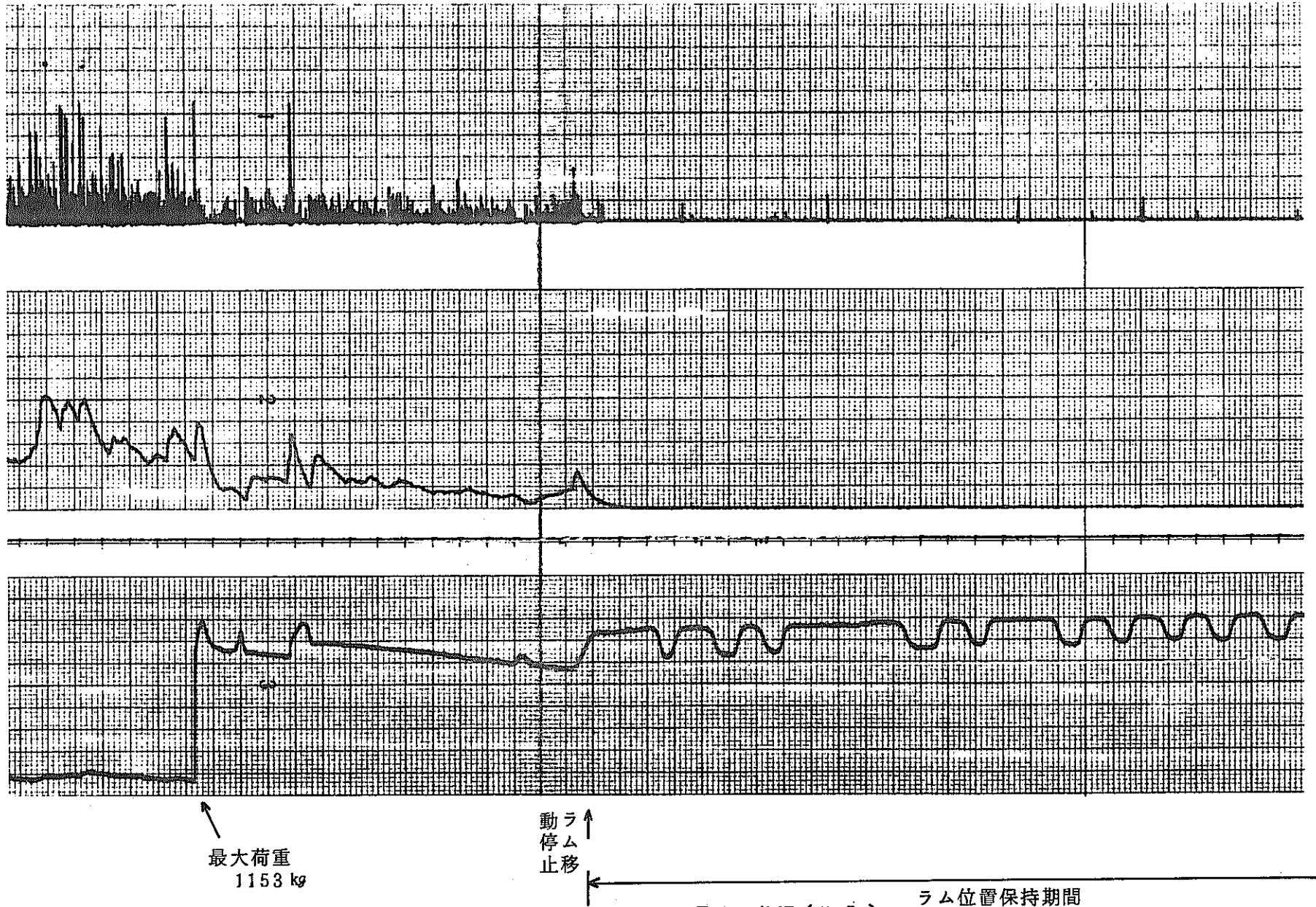


図 9 - 3. 圧縮荷重と A E 発生状況 (No. 3)

ラム位置保持期間

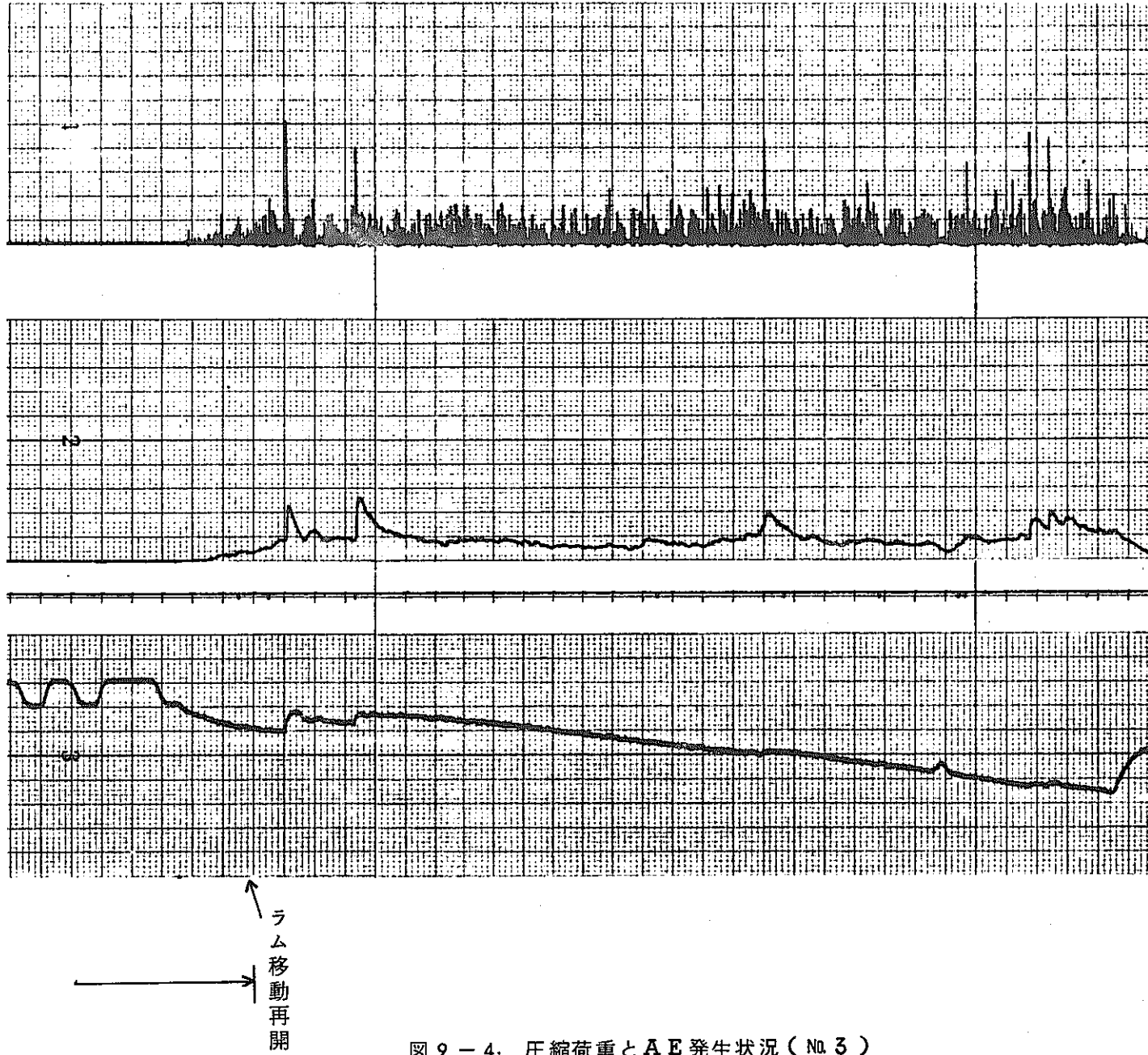


図 9 - 4. 圧縮荷重と A E 発生状況 (No 3)

このような A E の大きな発生は、試験状態の観察結果より比較的大きな欠片が、はげ落ちた時に相当していることが分った。

図 9-3 には、最大荷重付近を含む圧縮保持期間を示しているが、図より明らかなように最大荷重到達前の段階で、荷重の増加はほとんどなくなり、きわめてゆっくりとした荷重増加しか示さなかった。しかし、その間に発生した A E 信号のピーク電圧は、それまで得られた荷重急変時の A E 信号と同じく高いレベルを示していた。

最大荷重到達後は、以前と同じラム速度を維持していたにもかかわらず、A E カウント率の減少が起ったことは前述のとおりである。

ラム位置保持期間は、全体としてゆっくりとした圧縮荷重の減少に重なって、きわめて特異な、そして同じ形態の荷重変動が繰り返されていたにもかかわらず、A E の発生はほとんど見られなかった。これは、上段の A E 信号ピークのチャート上にきわめてわずかの信号しか記録されていないことから明らかである。この荷重変動のうち、全体的な圧縮荷重減少の傾向は、試験機の実験機によるラム位置変動に対応していると考えられるが、繰り返されている 100Kg 以上の荷重変動の原因は明らかではない。

写真 4 ~ 6 に試験進行中の様子を示す。

写真より明らかなように、UO₂ ベレットの欠落は、周辺より針状に起っていた。したがって、大きな荷重変動や、大きな A E の発生は、このような欠落時に相当して起ったのではないかと考えられた。

図 9 にはまた、主として荷重の大きな期間を含むようにして、A E 波形やパワースペクトル等を調べた部分を示してある。次にそれらの期間だけについて行なったデータ解析結果を示す。

このように小部分に限った解析となったのは、データ量が膨大なため、とても全データを示すことができなかつたためである。

3.3.3 A E 信号波形

前述の如く A E 信号波形は、デジタルメモリによる処理された波形の記録と高速レコーダを用いた直接記録との両方によって得られたが、ここでは、まずデジタルメモリ記録について示す。

このデータは、デジタルメモリ出力を記録したデータレコーダを再生することで得られたものである。

また、デジタルメモリの実験機から、次のトリガレベルを越えた信号がくるまで、繰り返しの出力を行っているため図中では、繰り返されているものが多く見られる。ここを、注意していただきたい。

図 10 に A E 信号波形の再生結果を示す。

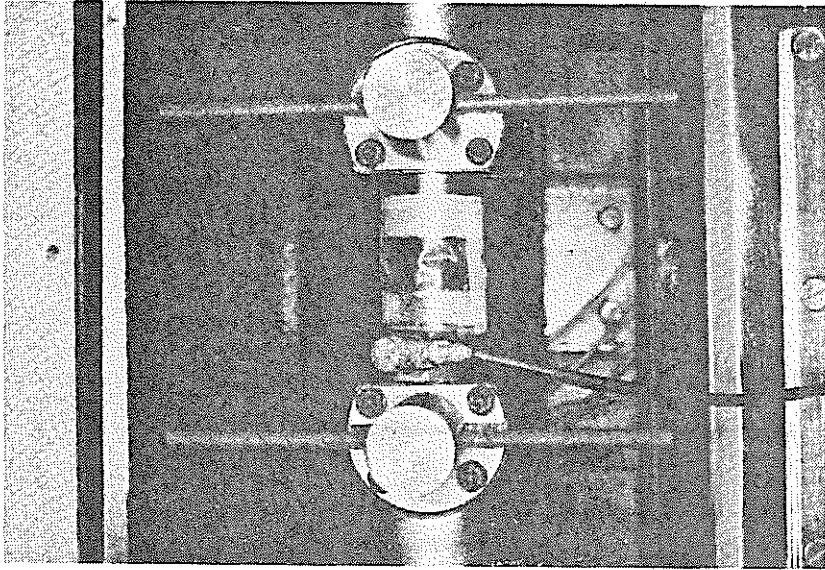


写真4. 負荷中

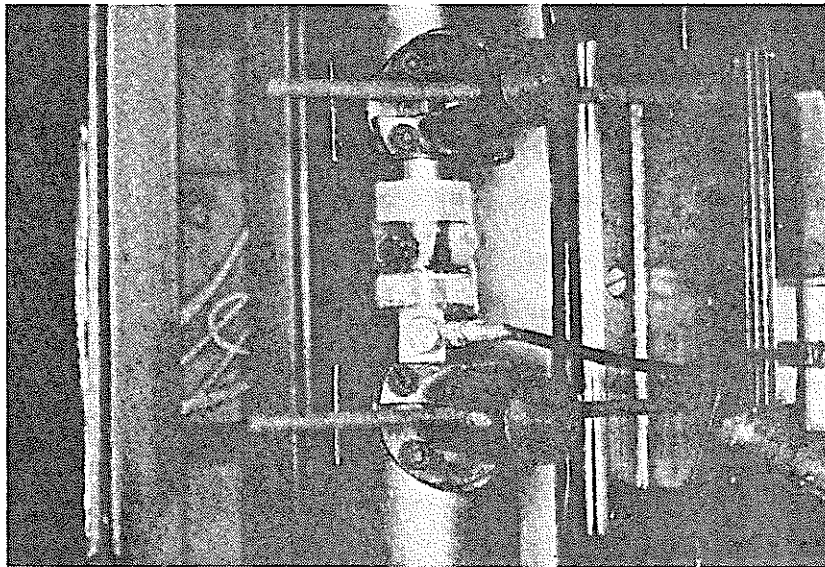


写真5. 負荷中

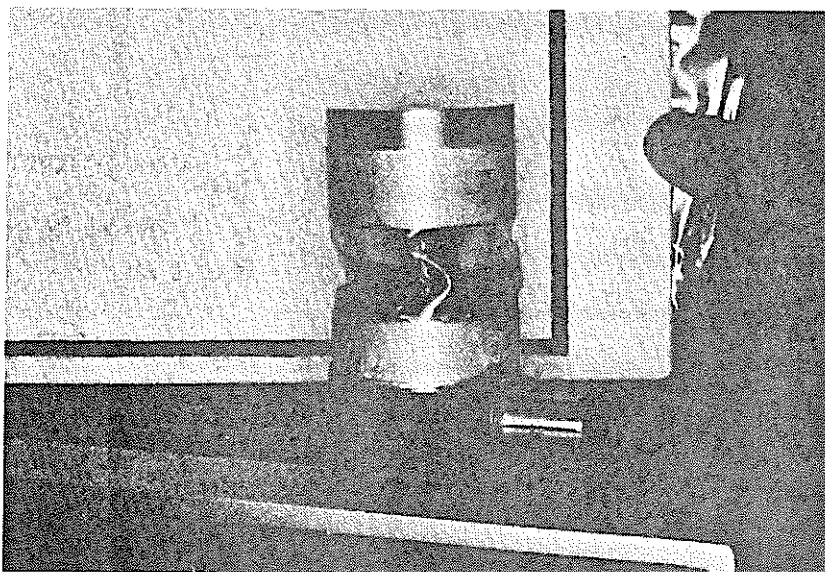


写真6. 試験後破壊状態

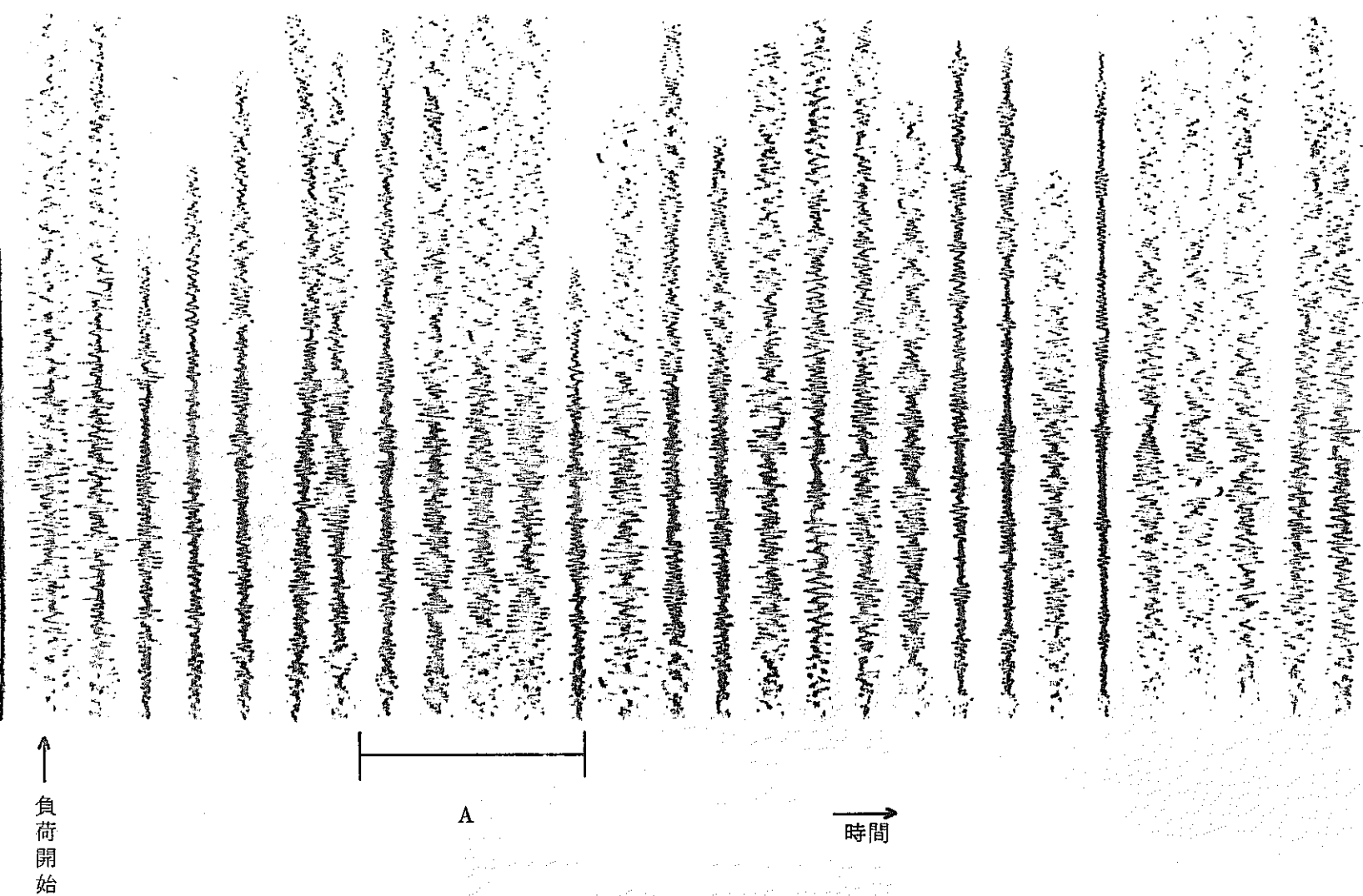


図 10 - 1. A E 波形 (デジタルメモリ使用) No 3

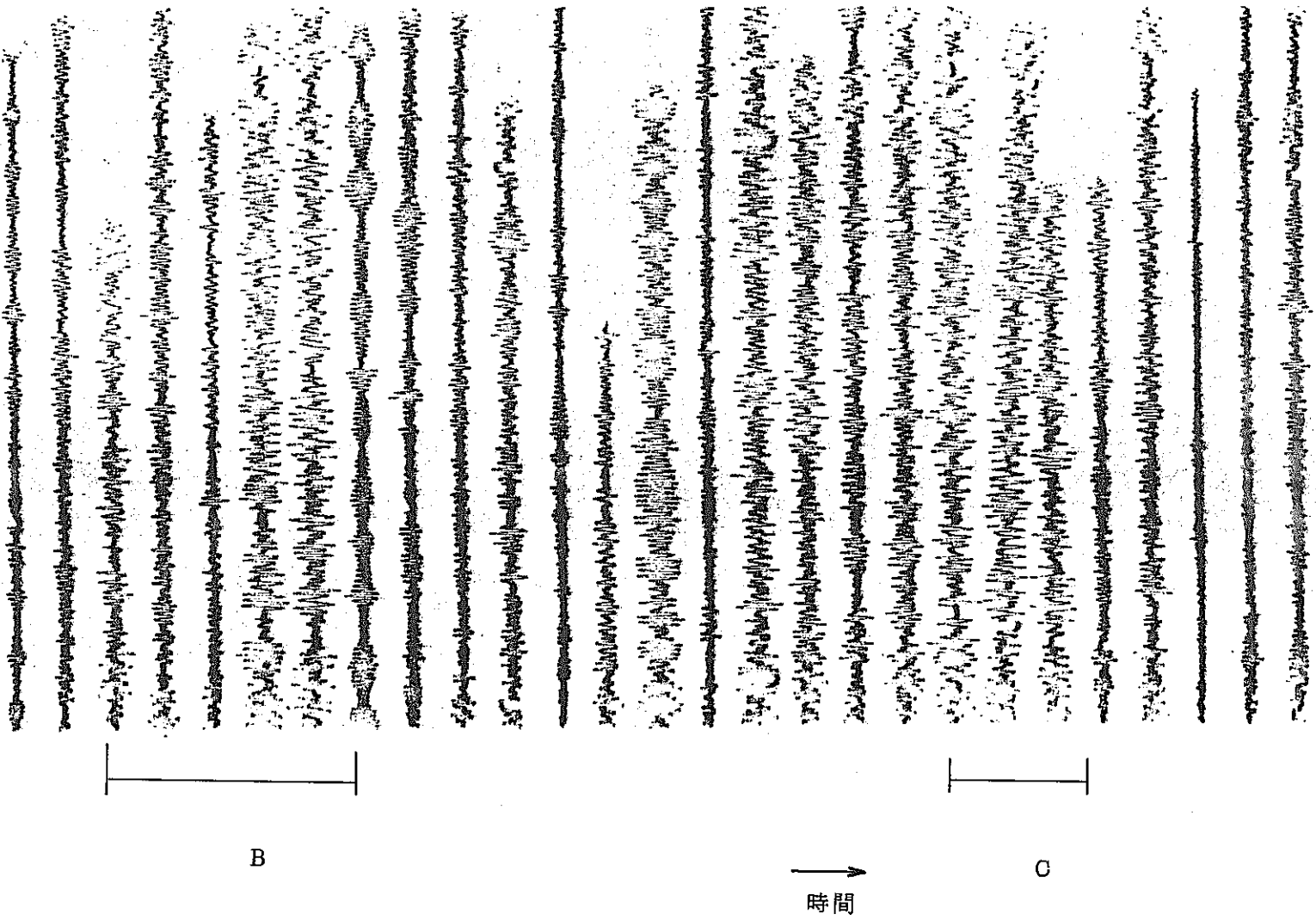


図 10 - 2. AE 波形 (デジタルメモリ使用) No. 3

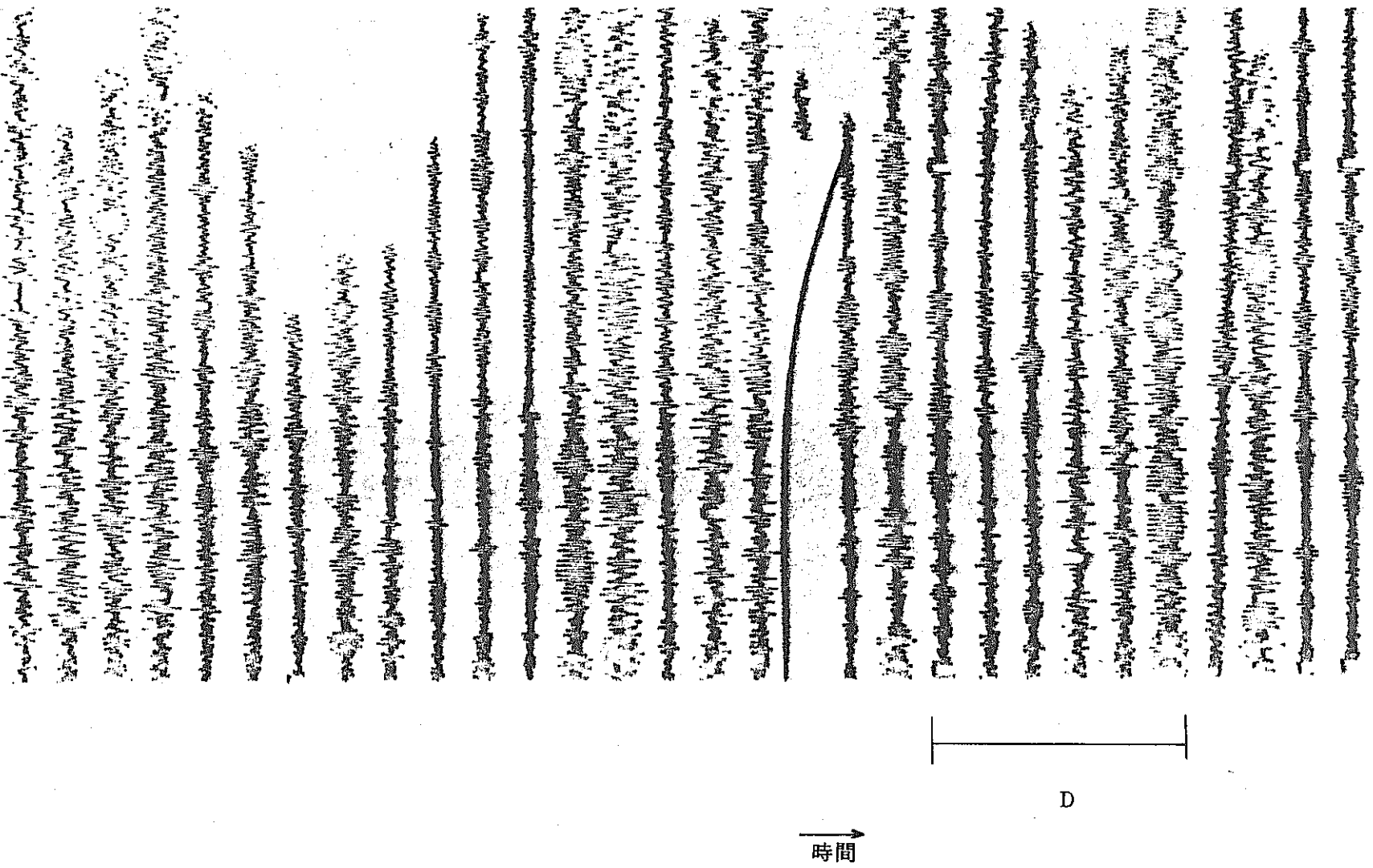
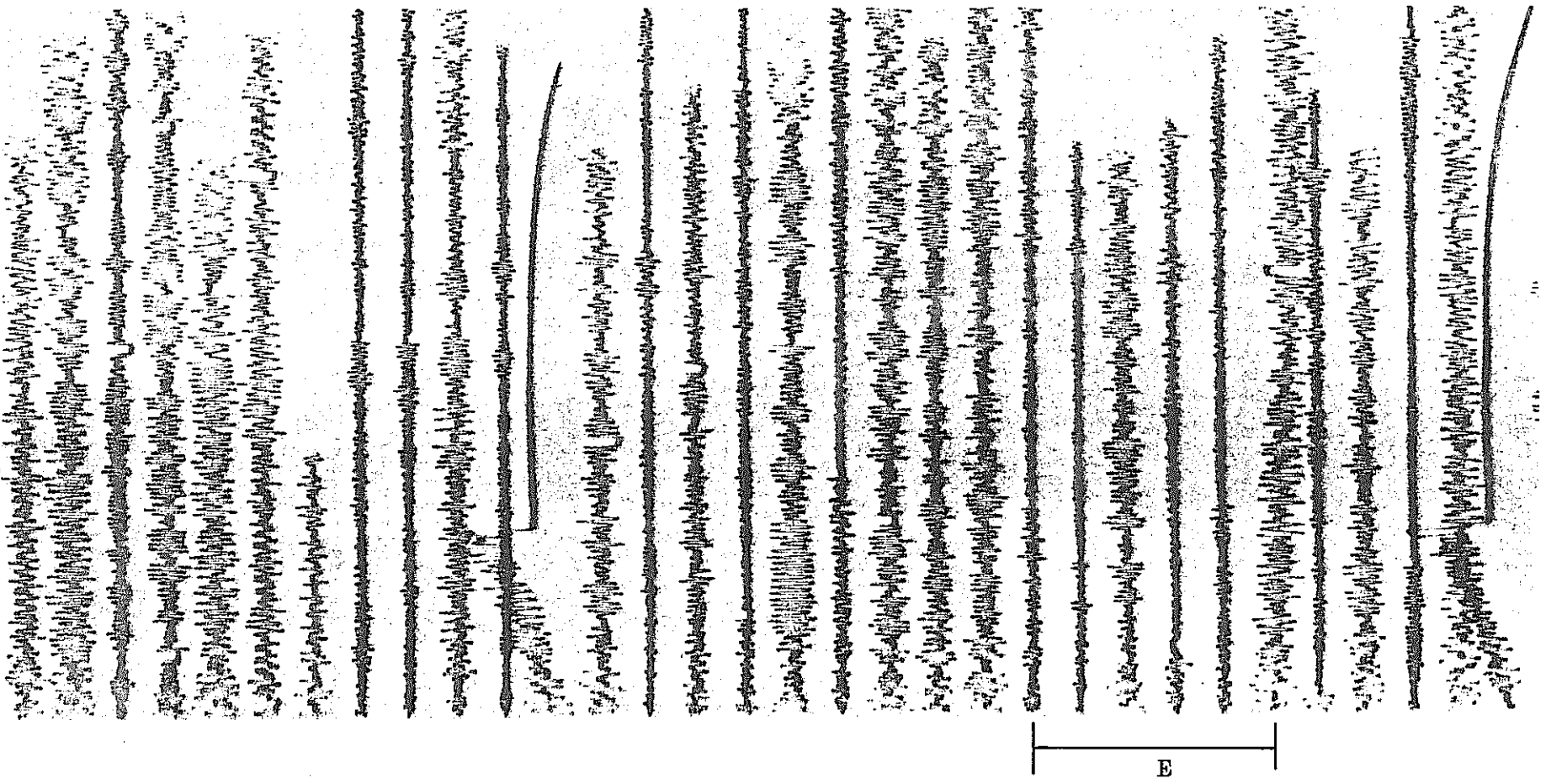
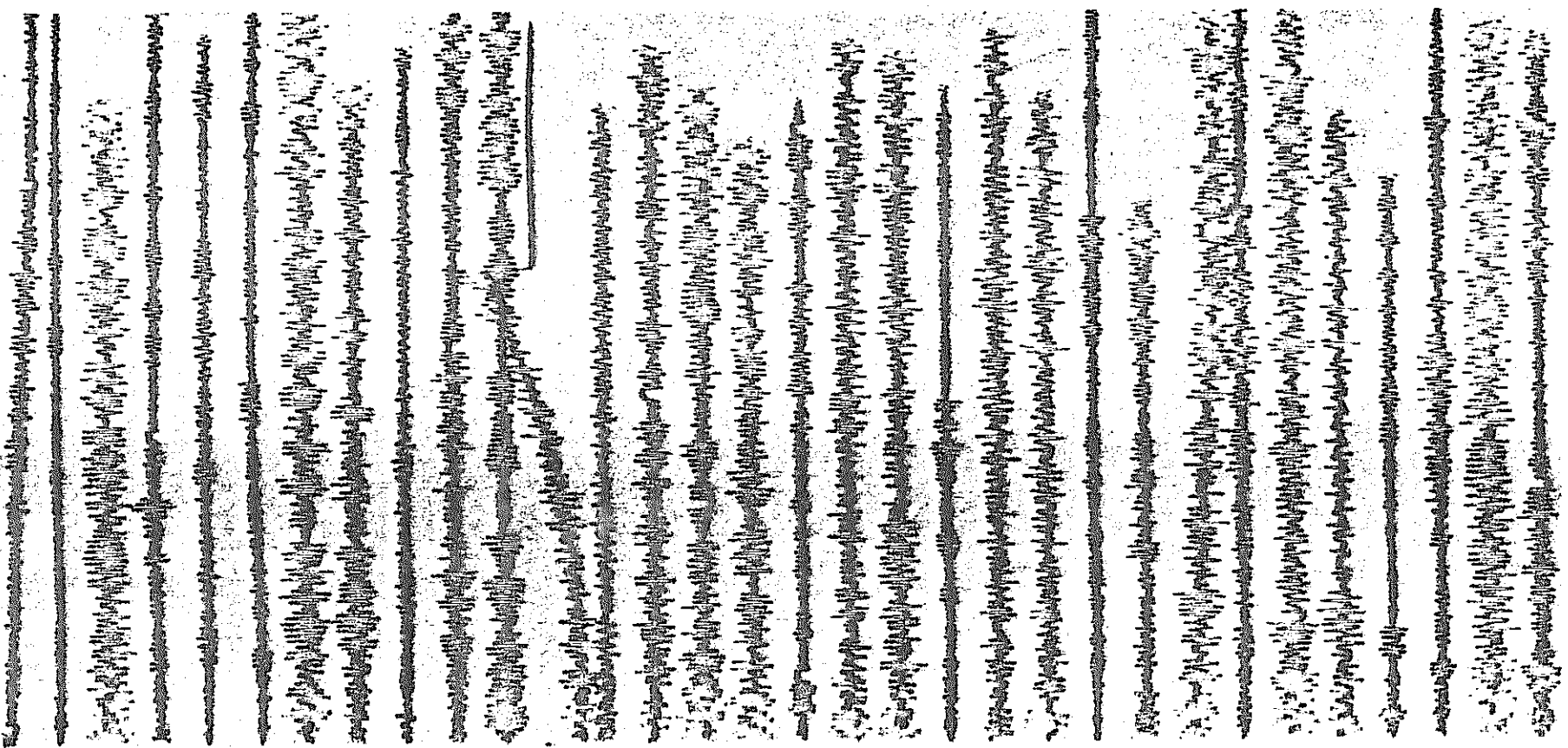


図 10 - 3. AE 波形 (デジタルメモリ使用) No. 3



時間 →

图 10-4. A E 波形 (デジタルメモリ使用) No. 3



↑
時間

図 10 - 5. AE 波形 (デジタルメモリ使用) No 3

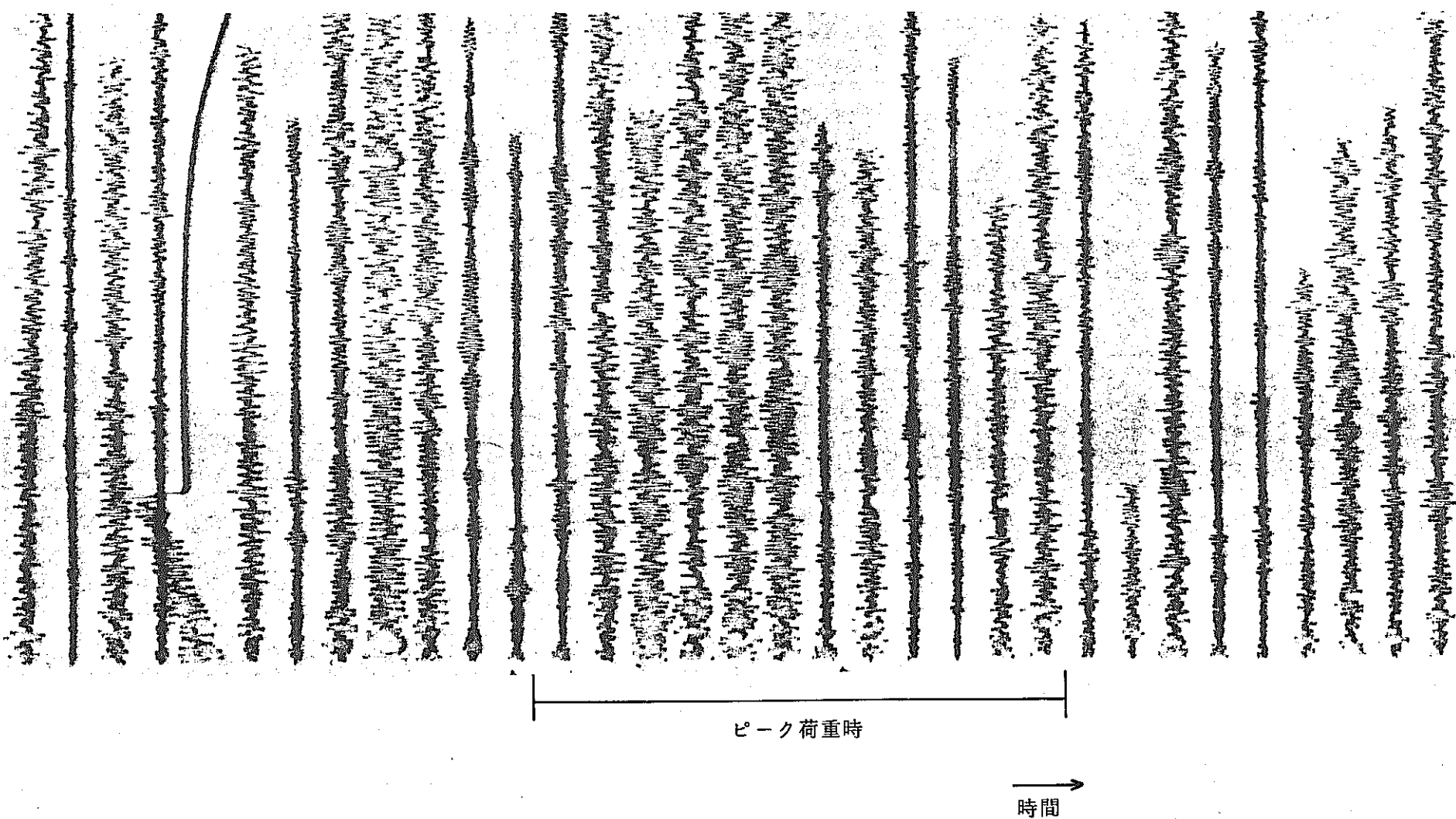


図 10 - 6. AE 波形 (デジタルメモリ使用) No 3

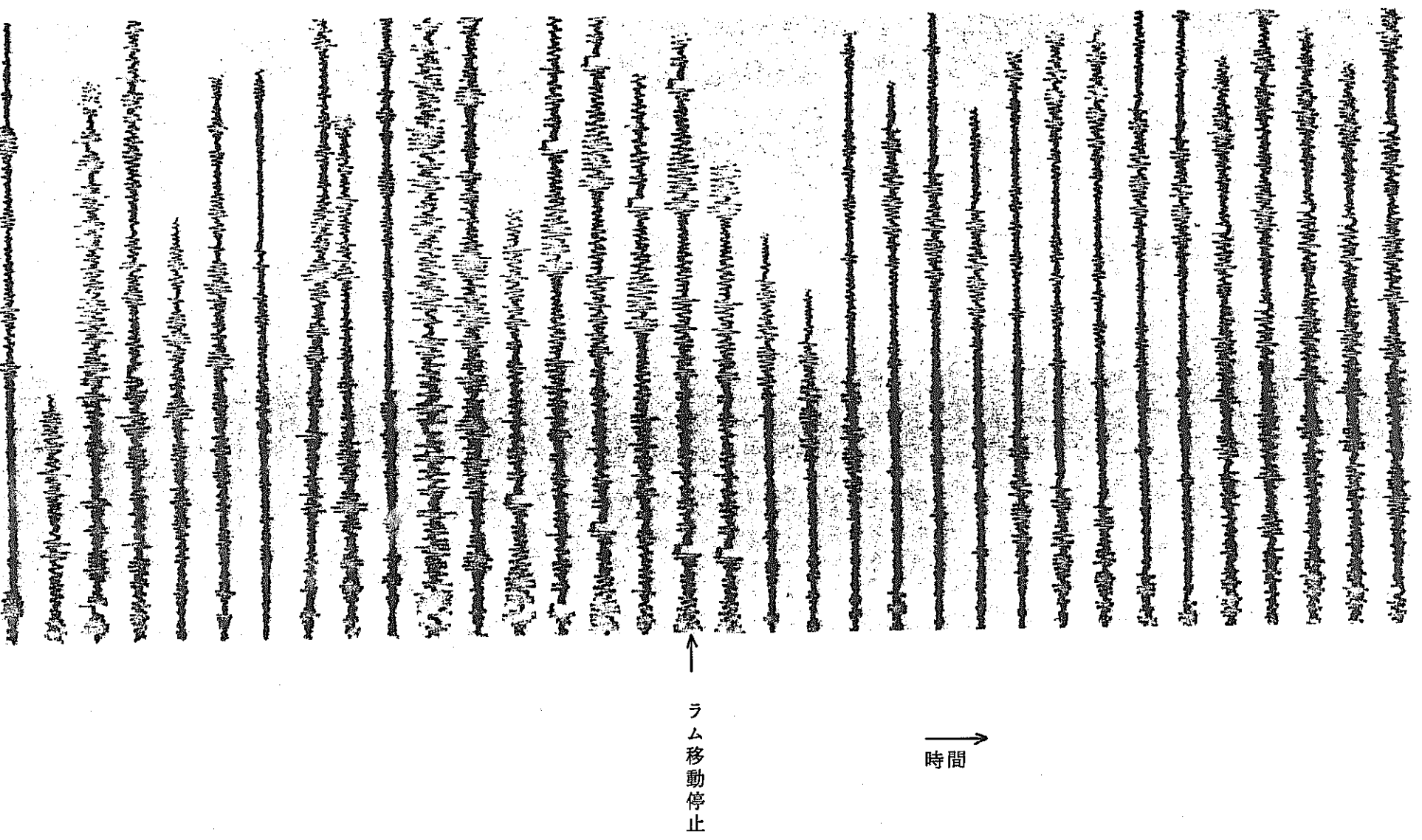


図 10-7. AE 波形 (デジタルメモリ使用) No. 3

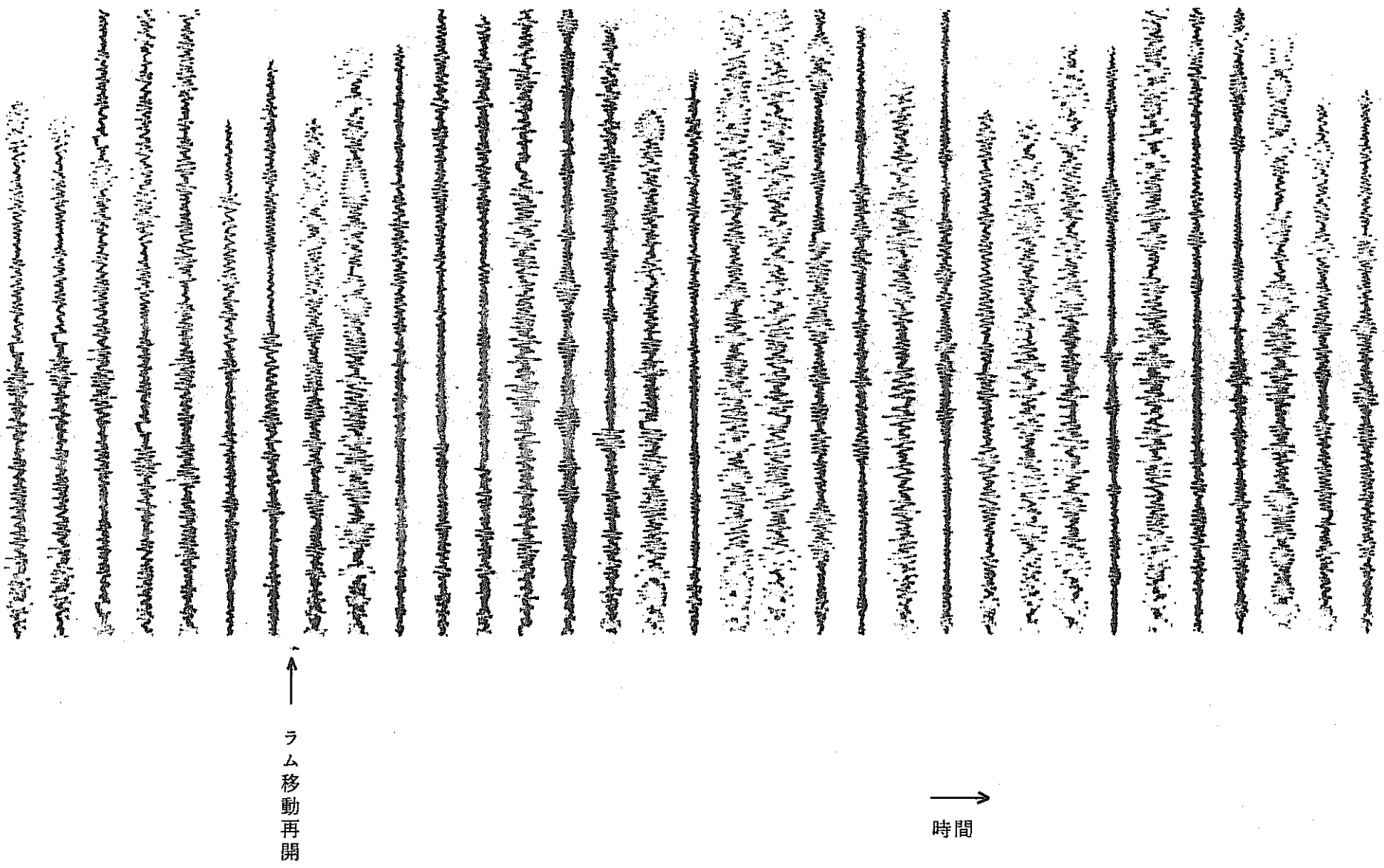


図 10 - 8. A E 波形 (デジタルメモリ使用) No. 3

図に示した範囲及び、その番号は、図9に示した範囲及び番号と一致している。

図より明らかなように、A E信号波形には形状が比較的ゆるやかに変化しているものと、急激な変化をしているものの2種類が見られた。ここでは夫々をパケット状、バースト状と名付けた。

そして、この2種類の波形は、交互に表われる傾向を示していた。

このように、2種類の波形が表われる原因は明らかではないが、夫々がUO₂ペレットのクラッキングと小片の欠落という2つの現象に相当しているのではないかと考えられた。この問題については、もう一度、周波数解析の項でふれることにする。

図11に、直接記録で得られたA E信号波形を示す。

記録範囲が正確につかめなかったため、ここでは試験機指示荷重のチェック位置を主として示した。

図11には、ラム位置保持中のデータも示されているが、図より明らかなように、ほとんどA Eの発生がなかったことが、ここからも確認された。しかし、最大荷重達成時にはアンプが飽和するほどの大信号が発生していた。

3.3.4 A E信号周波数分析

発生したA E信号の特性を調べるため、周波数分析を行なった。ここでは、2つの手法により周波数分析を行なっている。

第一の手法は、デジタルメモリにより周波数変換及び保持を行なって、データレコーダに記録しておいたA E信号を再生しながら連続的に周波数分析し、その結果を高速度レコーダに連続して記録する方法である。

第二の手法は、データレコーダ出力を一旦デジタルメモリに記録し、その再生波形を周波数分析する方法である。夫々には特徴がある。すなわち前者は連続的に変化する波形の大まかな周波数分布変化を知ることが出来るのに対し、後者は、任意の信号について波形と周波数分布の関係を詳しく調べるのに適している。

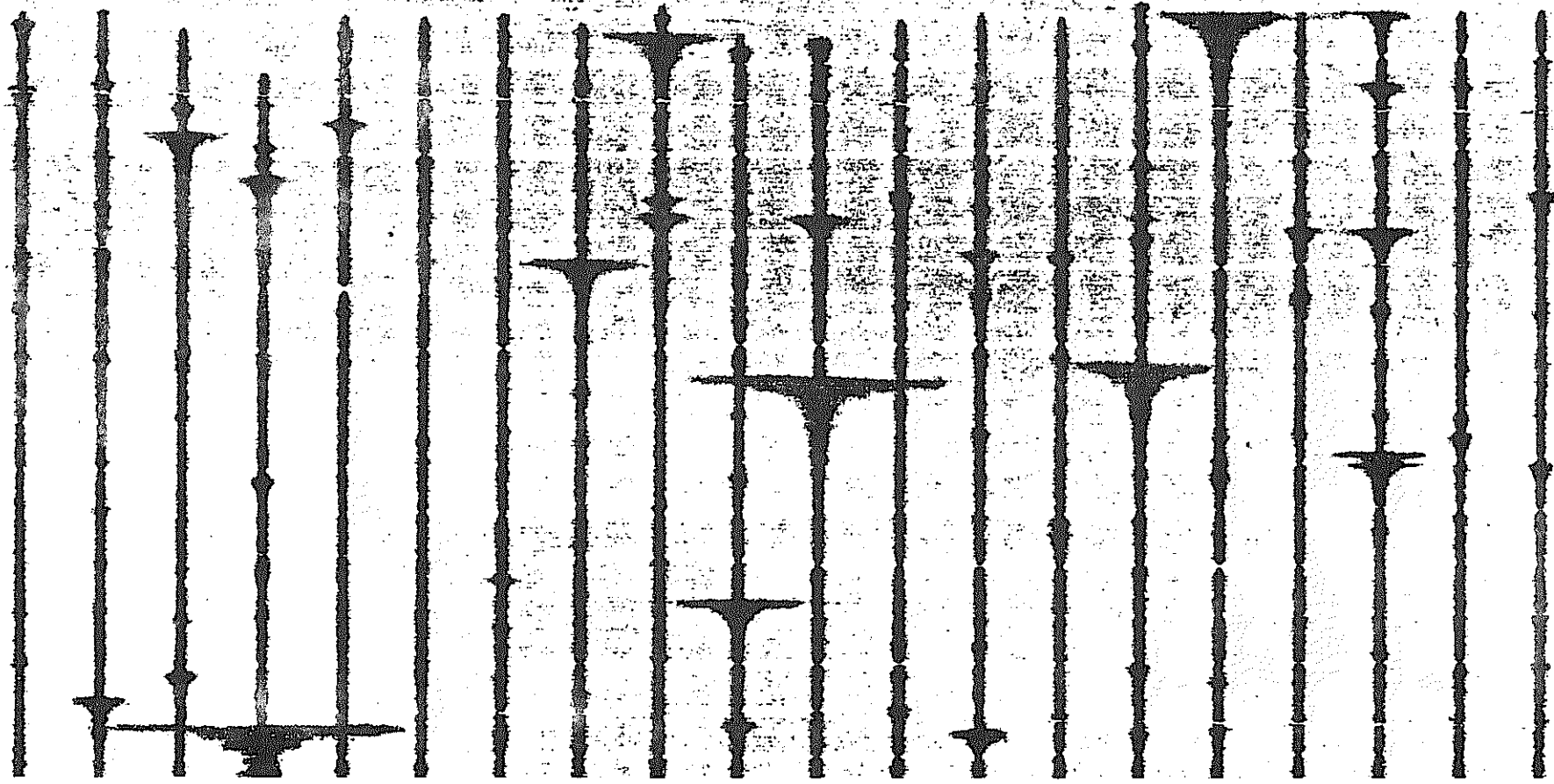
図12に、連続して行なった周波数分析の結果を示す。

また、図中には大まかな範囲で図9での注目点を示した。

図より明らかなように、300KHz~600KHzに集中するような分布を示していたが、全体の分布にはっきりした傾向は見られなかった。しかし、ピーク周波数が比較的長い周期で、450KHz~560KHzの範囲で変動しているようであった。

図9の最初の部分を、5倍に引き伸ばし、その期間中のいくつかの信号について波形の再生及び、その周波数分布測定を行なった。

図13は、5倍に引き伸ばしたA E信号ピーク出力を示し、さらに波形の再生と周波数分析を行なった信号を図中で示したものである。ここでは、特に3.3.3で述べたバースト



↑
700 kg

2m sec
└──┬──┘
1 V

→
時間

圖 11-1. A E 波 形 (No. 3)

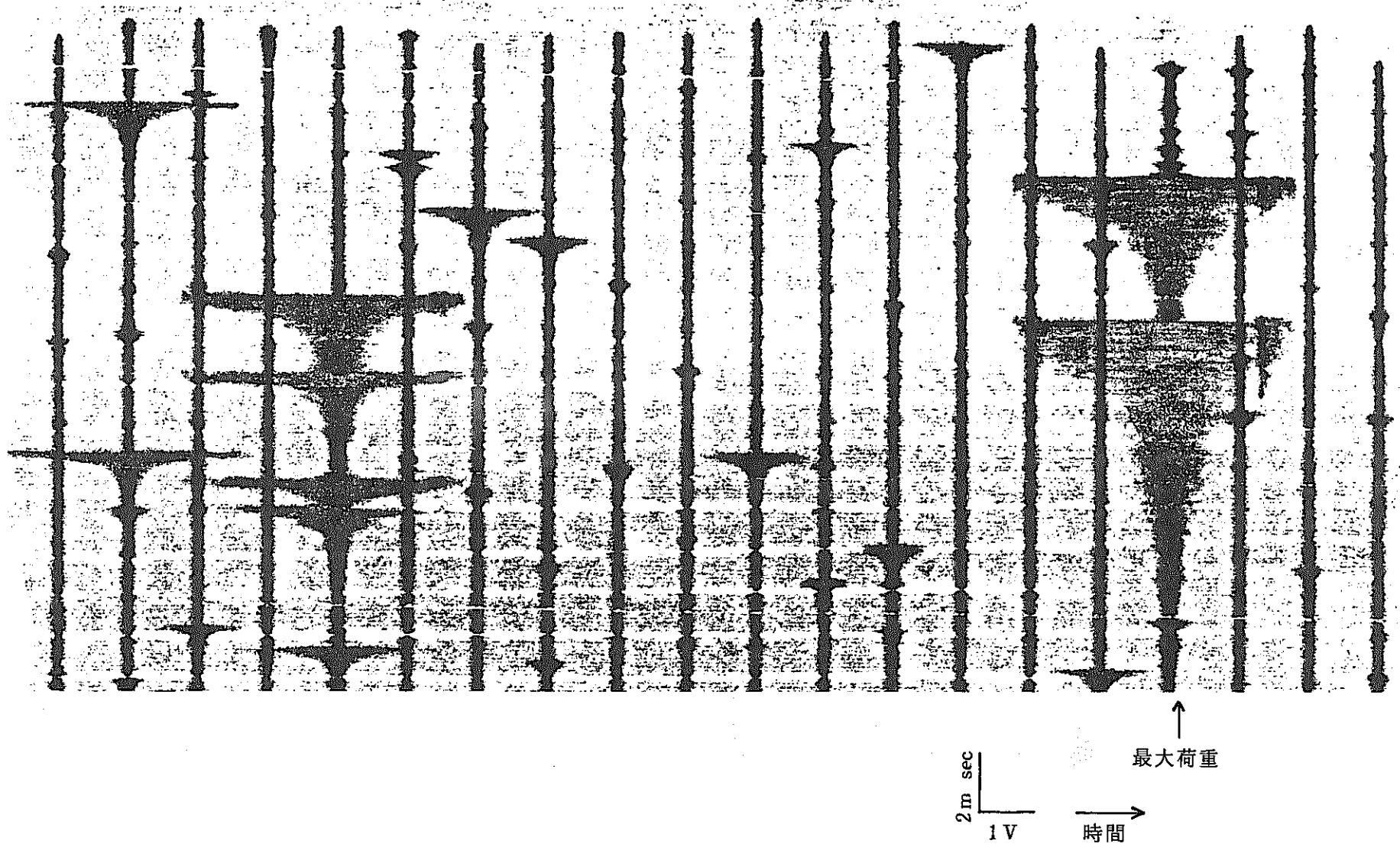


圖 11-2. A E 波形 (No. 3)

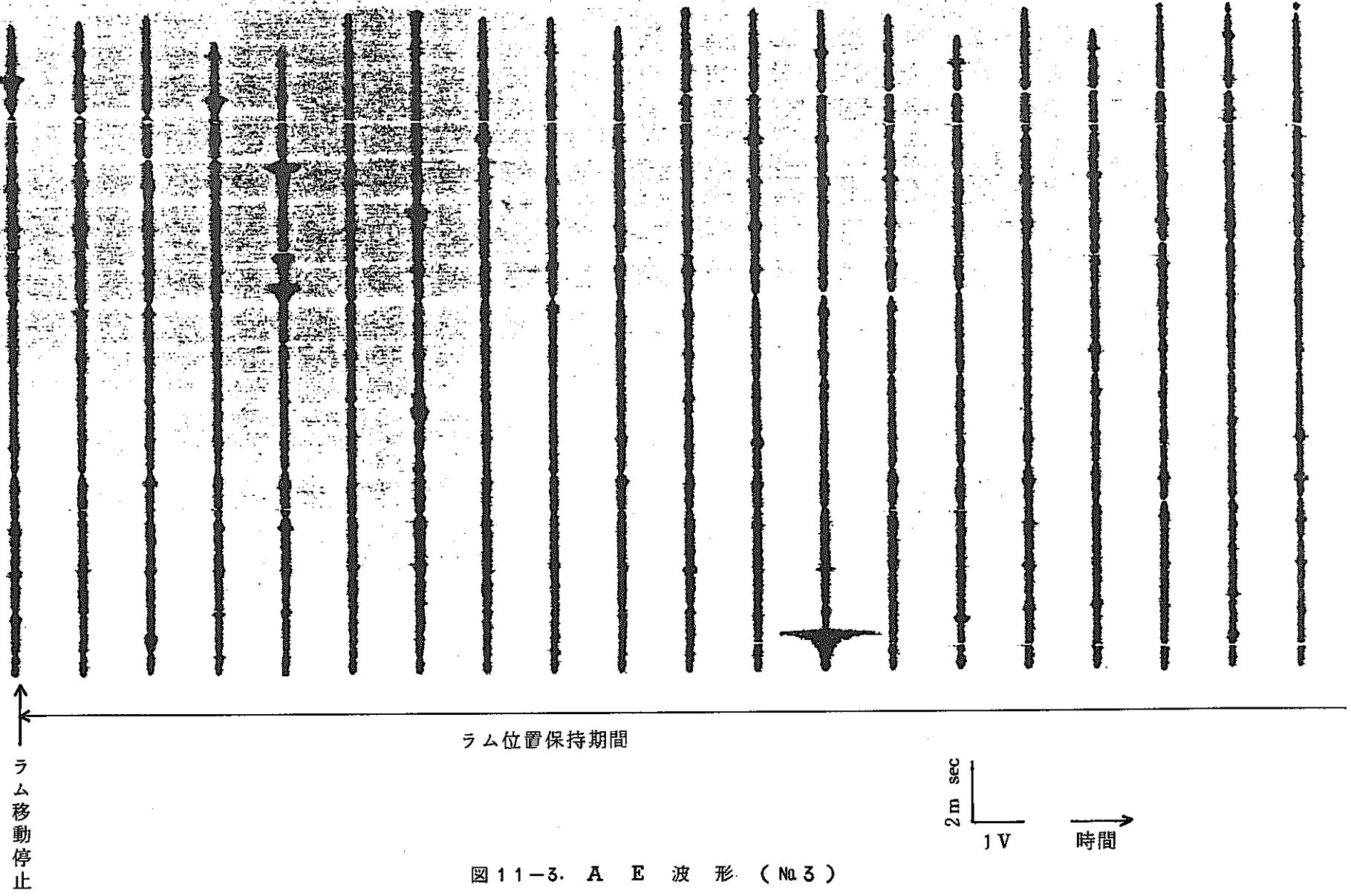


図 11-3. A E 波 形 (No 3)

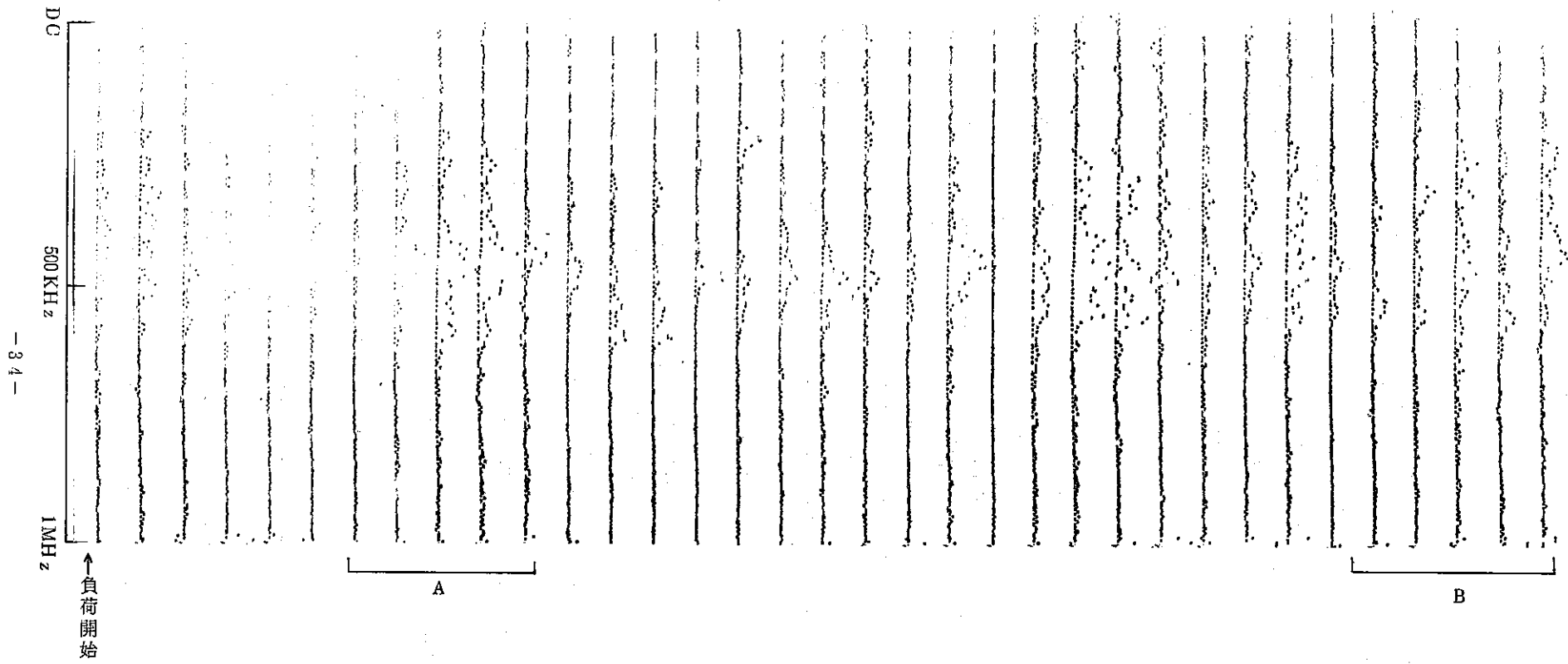


図 12-1. UO_2 ペレット破壊試験時の AE パワースペクトル (No. 3)

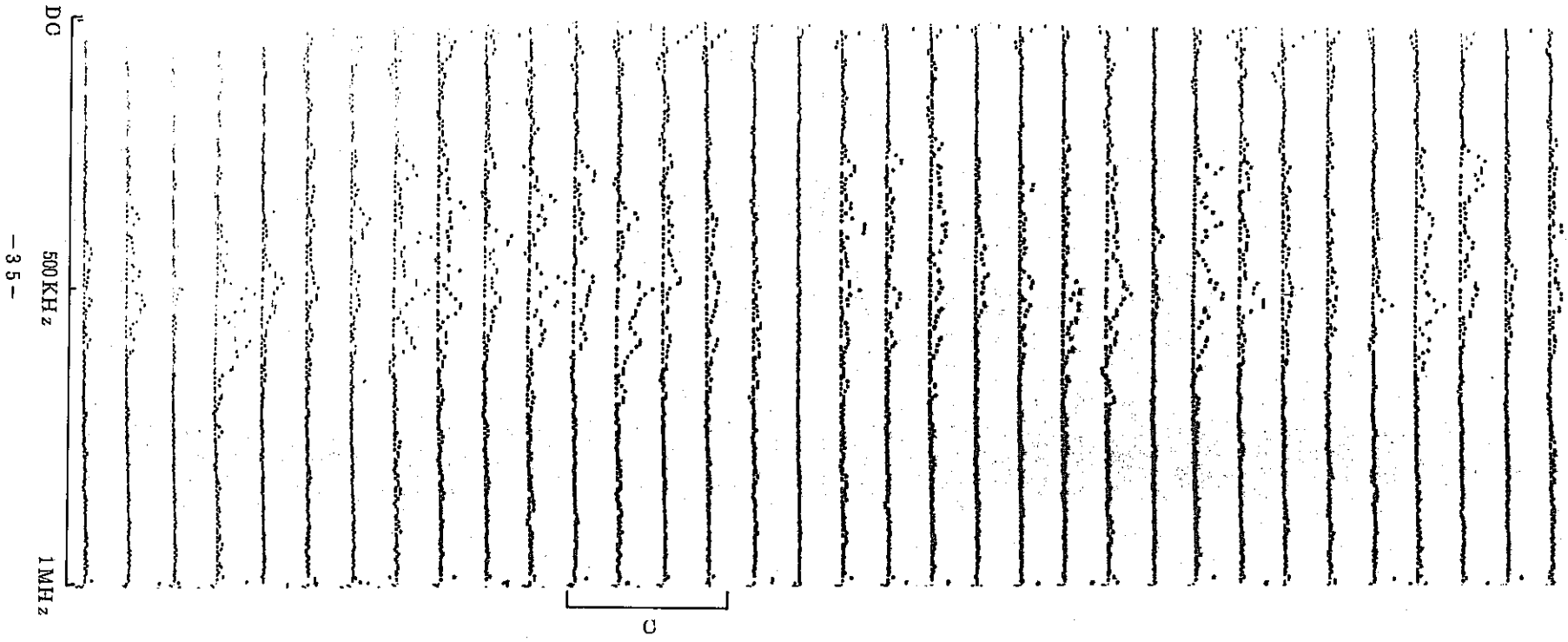


図 12-2. UO_2 ペレット破壊試験時のAEパワースペクトル(No.3)

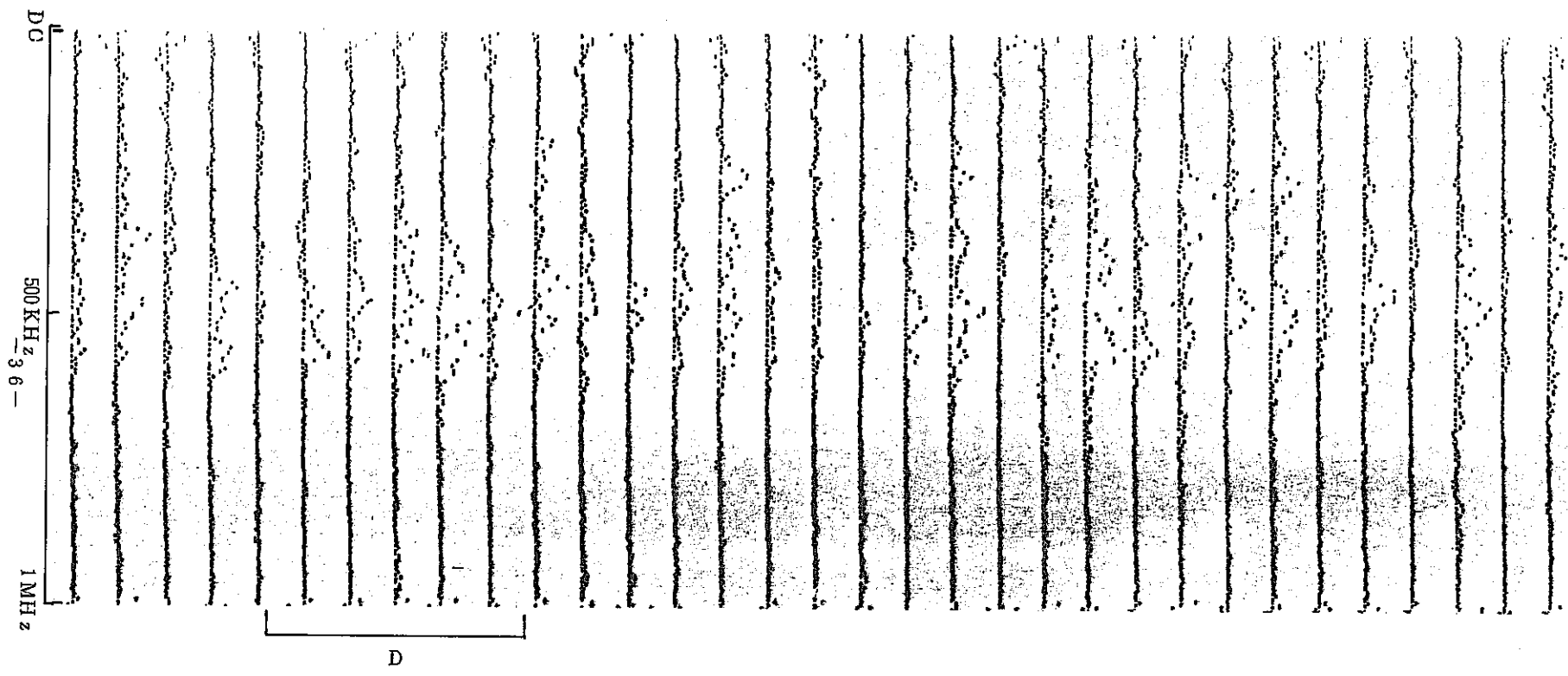


図 12-3. UO_2 ペレット破壊試験時の AE パワースペクトル (No. 3)

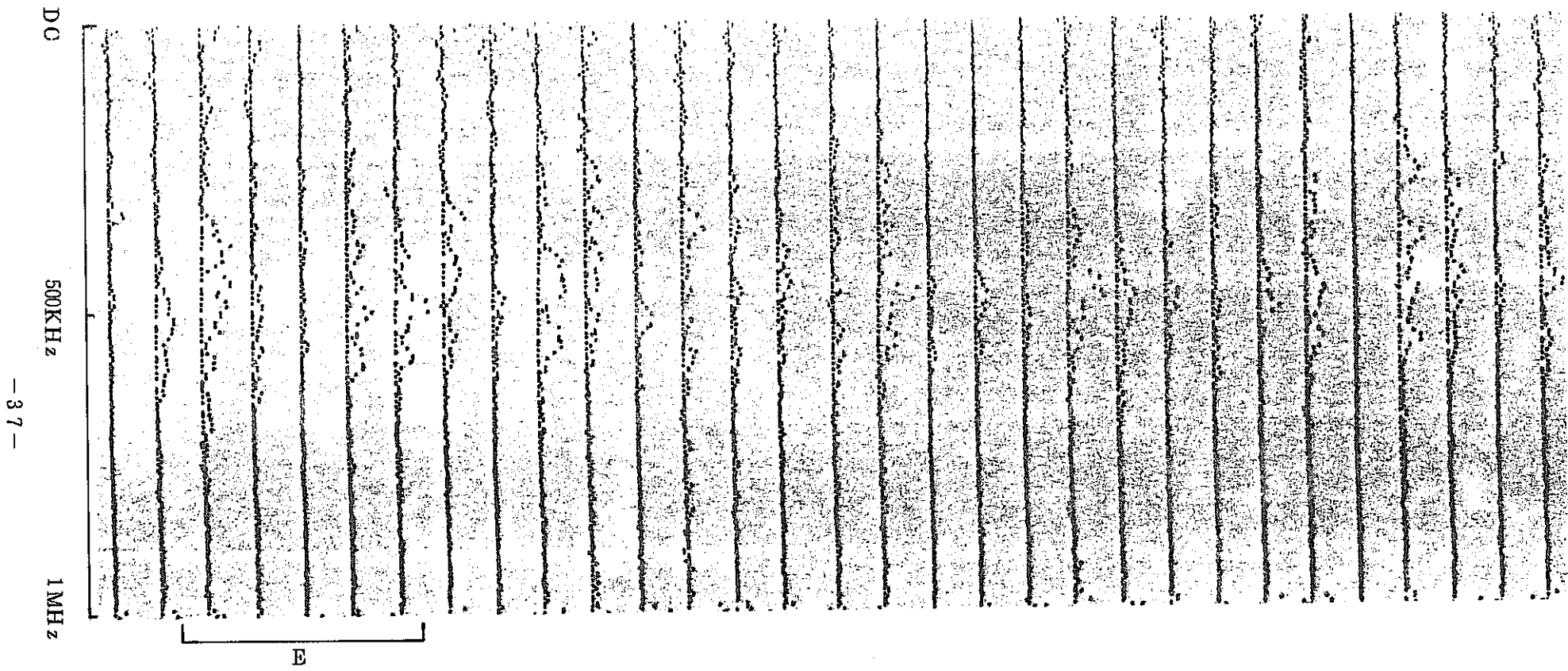


図 12-4. UO_2 ペレット破壊試験時のAEパワースペクトル(No. 3)

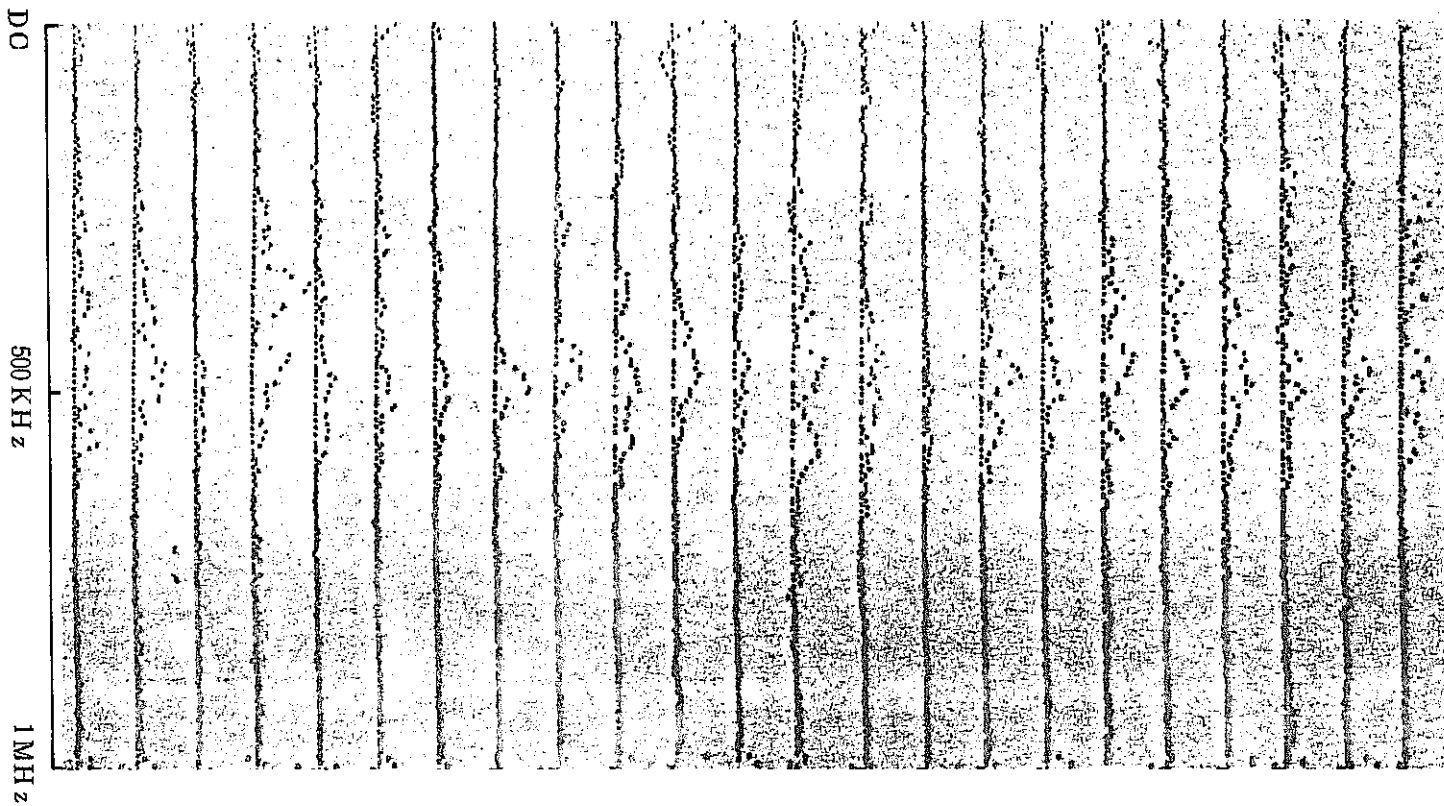


図 12-5. UO_2 ペレット破壊試験時の AE パワースペクトル (No. 3)

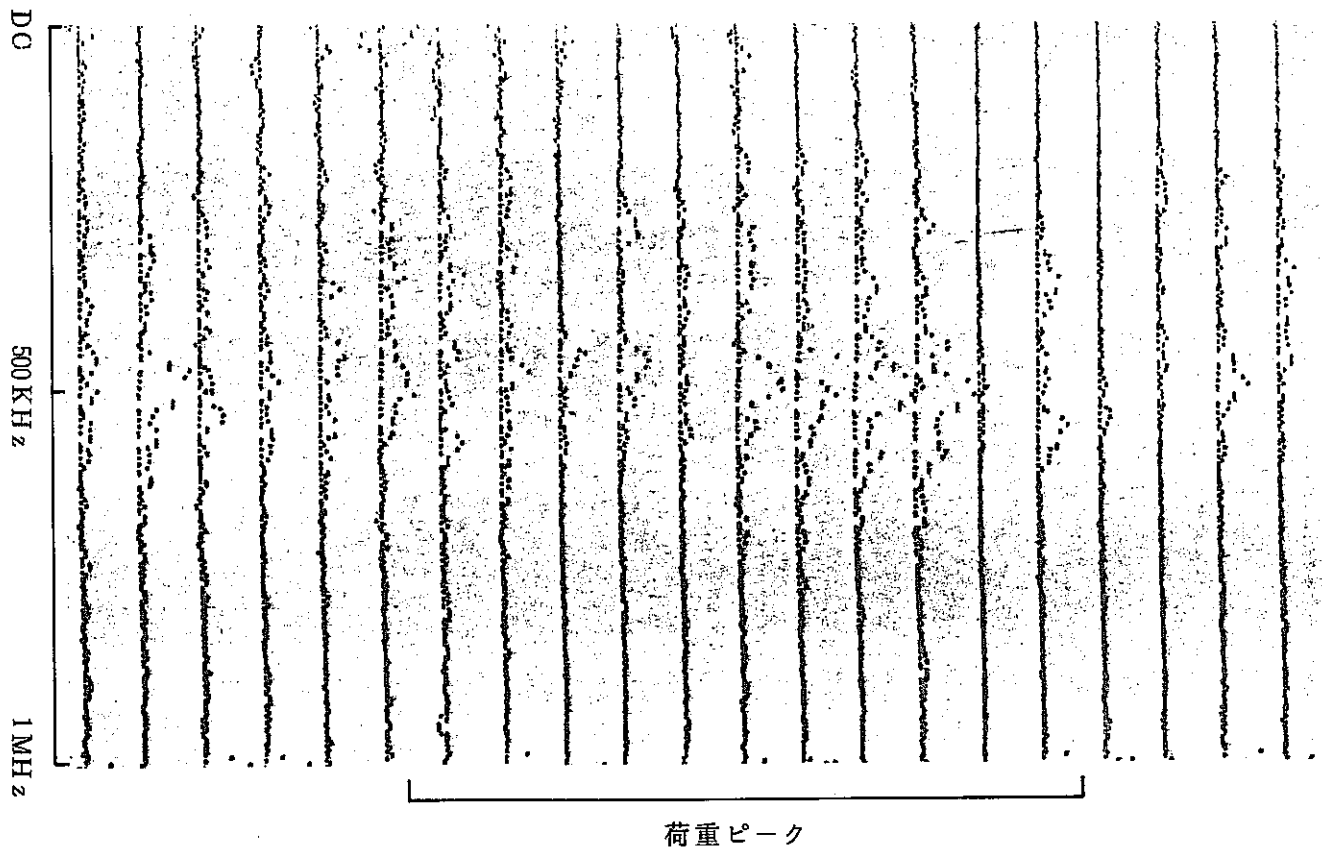


図12-6. UO_2 ペレット破壊試験時のAEパワースペクトル(No.3)

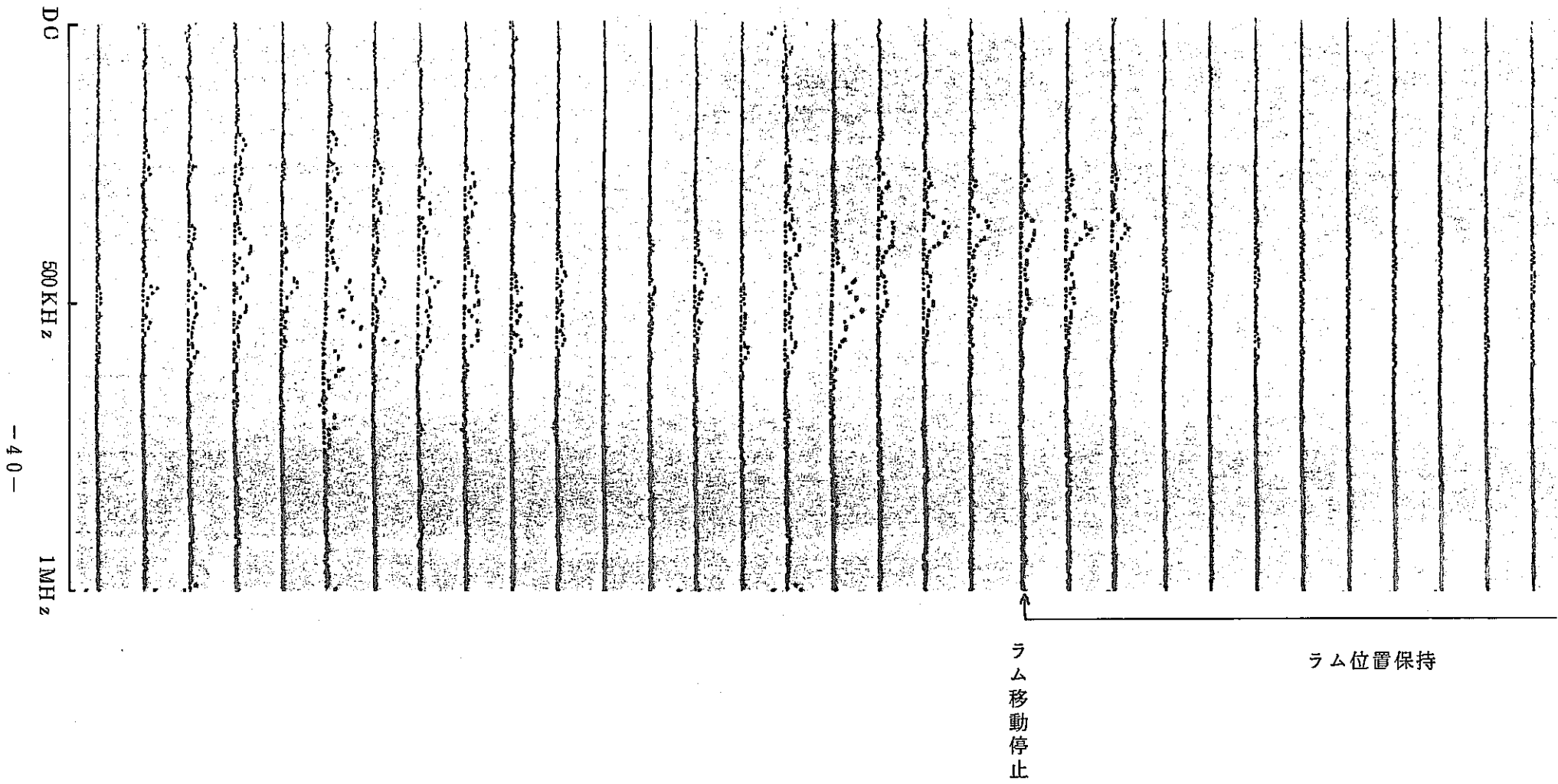


図 12-7. UO_2 ペレット破壊試験時の AE パワースペクトル (No. 3)

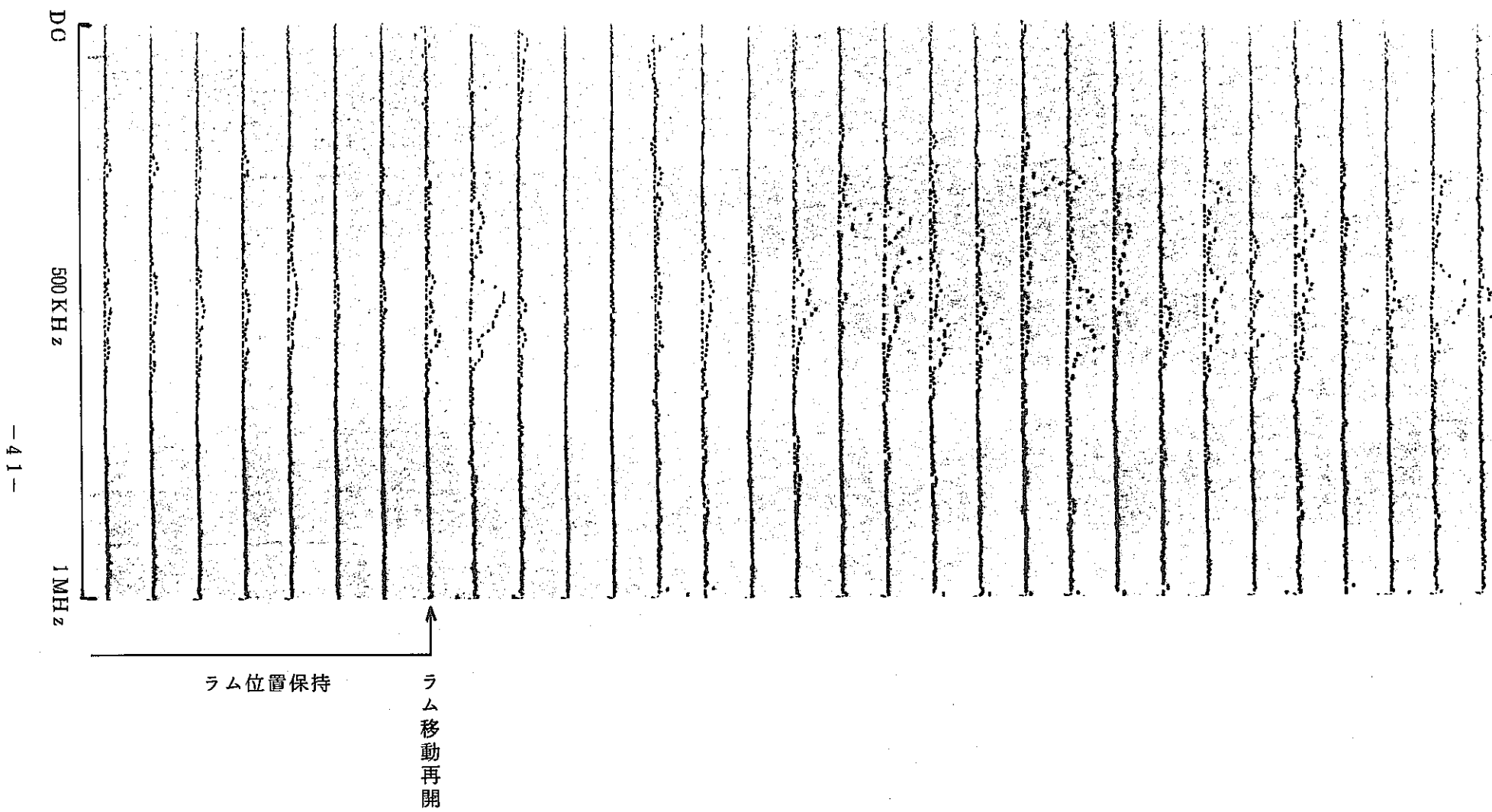


図 12-8. UO_2 ペレット破壊試験時の A.E. パワースペクトル (No. 3)

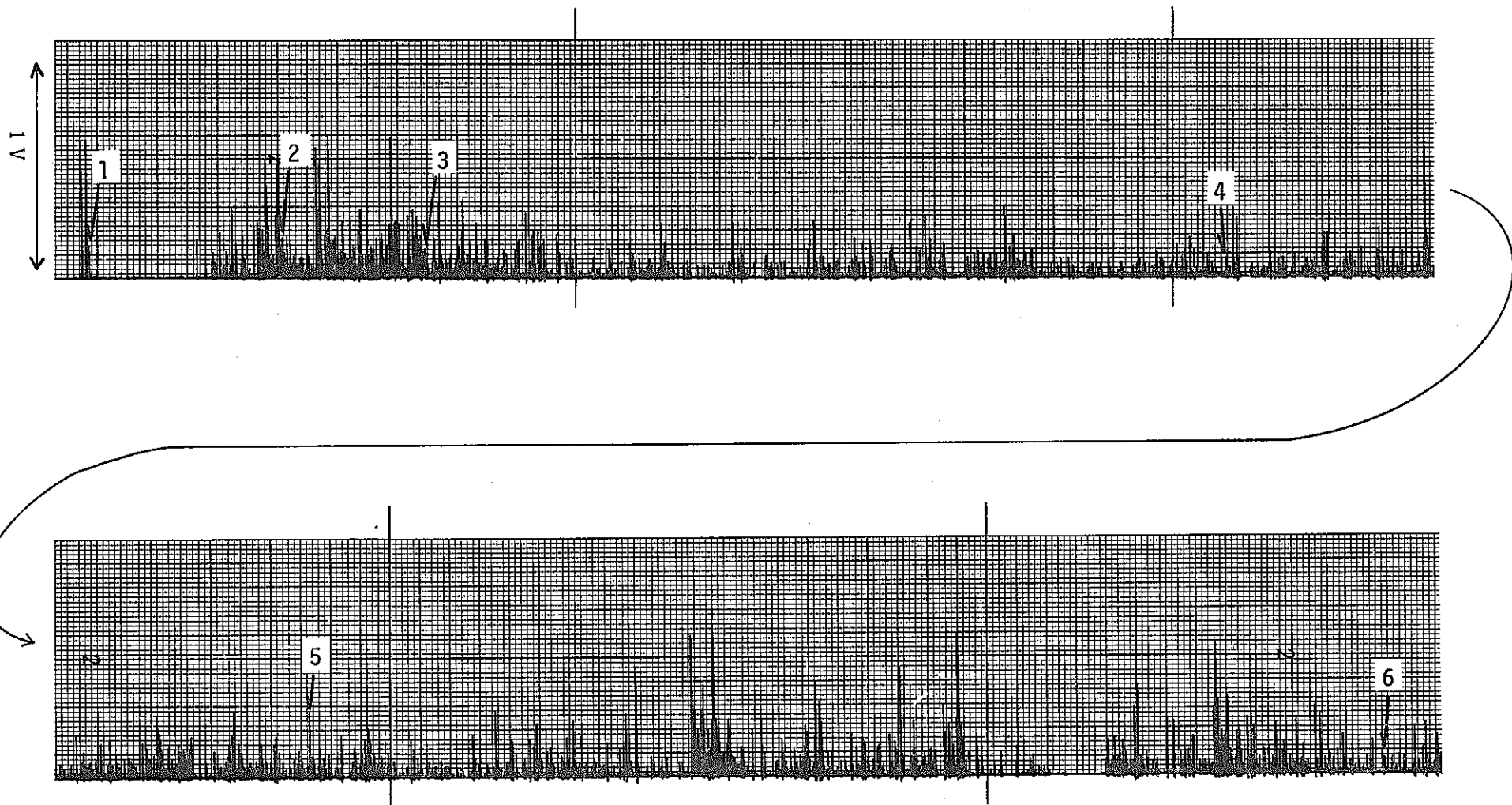


図 13. AEピーク電圧と採取信号 (No. 3)

(範囲は図 9 - 1 に示す。)

状波形とパケット状波形の抽出を行ない、両者の周波数分布の相異を明らかにした。

図14に、夫々の信号の波形と周波数分布を示す。

図には、夫々典型的なバースト状波形及び、パケット状波形そして、それが混在したと考えられる波形の三者を示した。

なお、図中の番号は図13の番号と一致する。

図より明らかなように、バースト状波形は一般に、幅広い周波数分布を示し、パケット状波形は、ほぼ480kHzの位置に狭いピークを持つ単純な周波数構成を示した。

この傾向は、両者の混在が進むにつれて崩れるようであった。今回の結果からは、夫々の発生原因を明らかにすることはできなかった。

次に、ピーク荷重付近及び、ラム位置保持中に発生したAE信号について、その波形と周波数分布を調べた

図15にピーク荷重付近と、ラム位置保持期間の一部について、AE信号ピーク電圧と圧縮荷重のチャートを再び示す。

図中の番号は以下に示すAE波形及び、周波数分布測定のため、サンプリングした信号を示すものである。

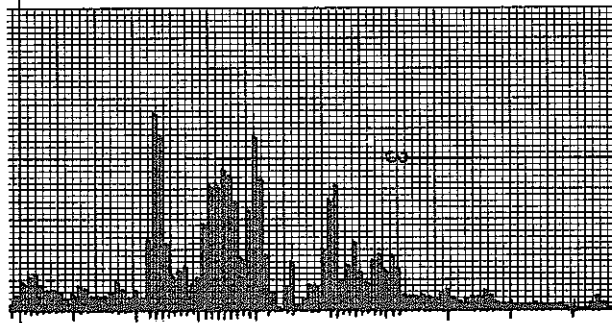
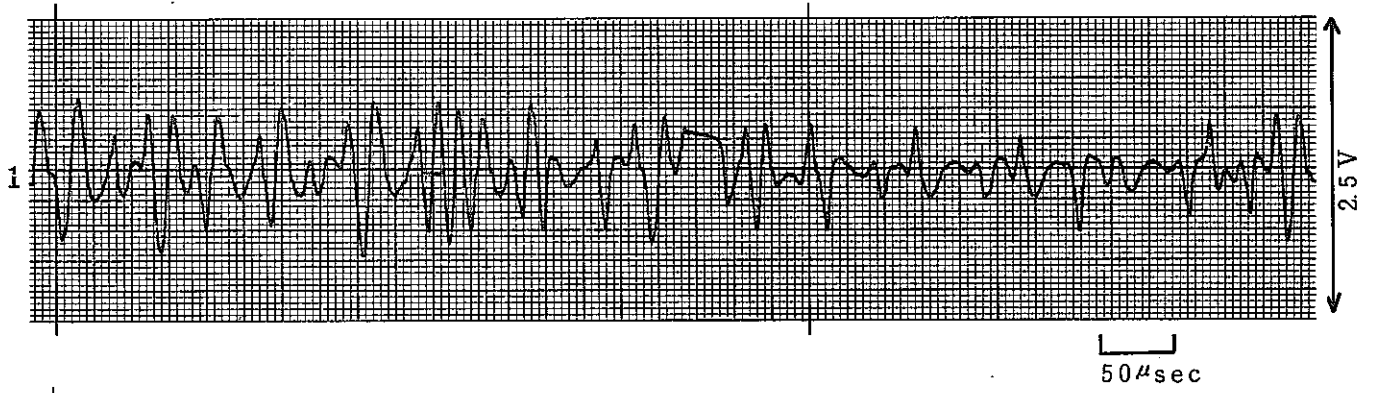
図より明らかなように、1～4までの信号はピーク荷重付近の荷重一定期間に発生したAE信号であり、5はラム位置の保持中に発生したAE信号である。

図16に、その結果を示す。

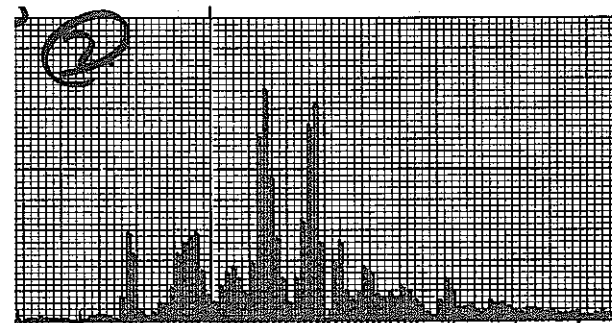
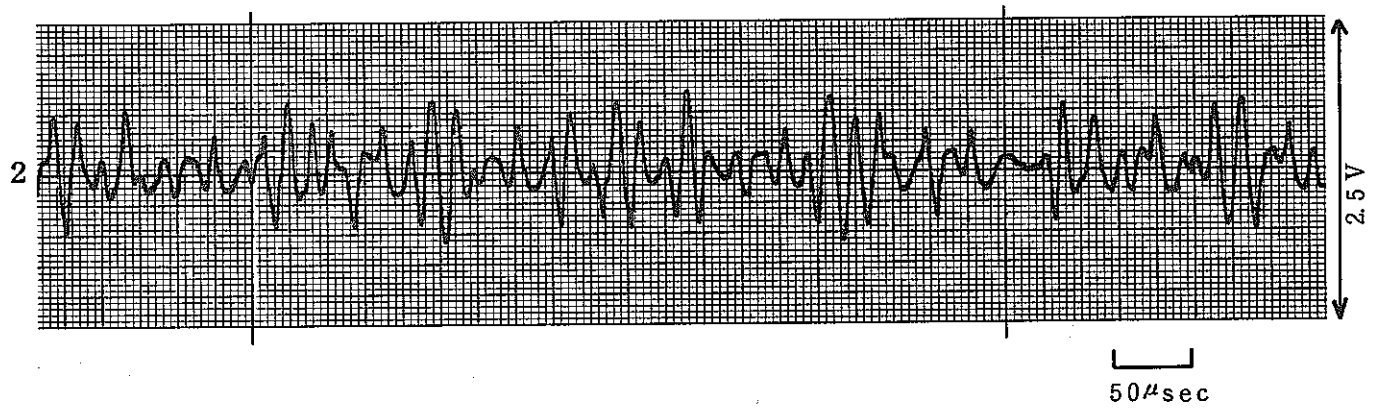
図より明らかなように、図14で示したスペクトルと大差ない結果を示した。しかし、波形は前にバースト状と分類した種類だけしか見られなかった。

これは、ラム位置保持期間中に発生したAE信号についても同様であった。

このような UO_2 ペレット破壊時のAE周波数分布とZr合金破壊時のAEの周波数分布を比較した。図17に水素富化したZr-2.5Nb引張試験時に得られたAE信号の周波数分析結果を示す。図14及び図16との比較からも明らかなようにZr-2.5NbからのAEはおよそ580kHz以上の周波数成分が多く、それ以下の周波数成分は少なかった。しかし UO_2 ペレットからのAEは逆に500kHz以下に周波数のピークを示していた。これらの結果から、周波数を用いた弁別法の採用により、 UO_2 ペレットの割れに帰因するAEと、Zr合金製被覆管の破壊時のAEは分離することが可能になると考えられた。



DC 1 MHz



DC 1 MHz

図 14-1. A E 信号波形と周波数分布 (No. 3)

- 1) バースト状
- 2) パケット状+バースト状

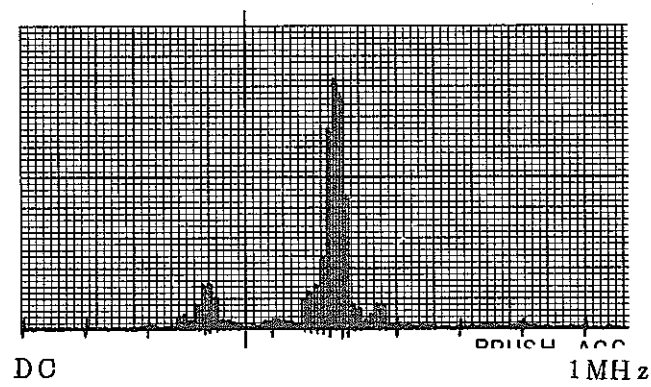
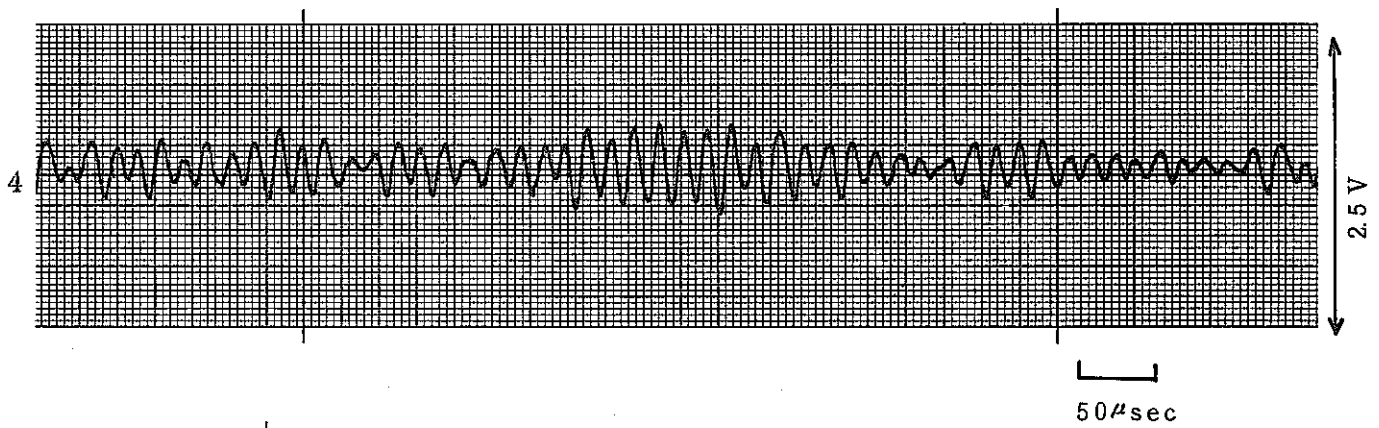
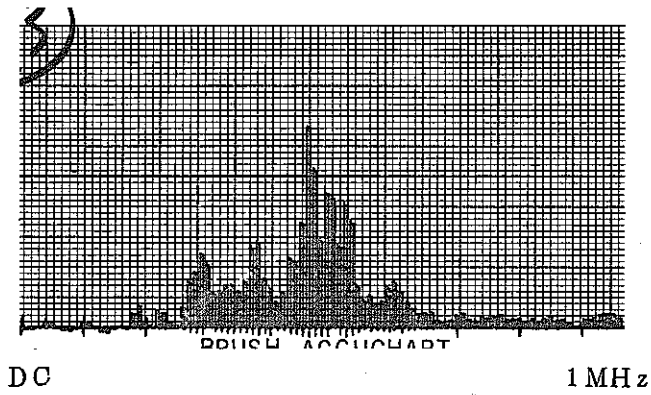
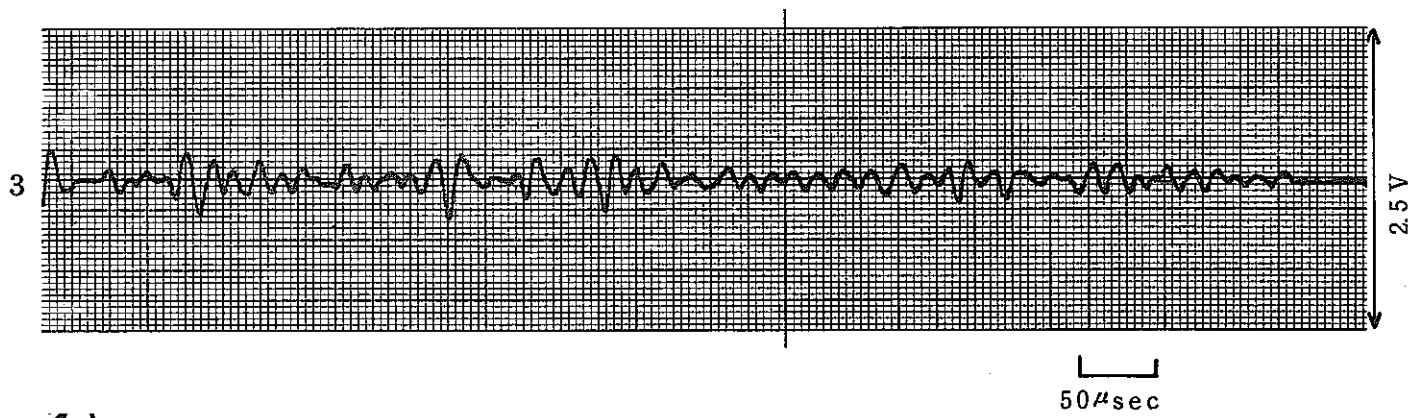
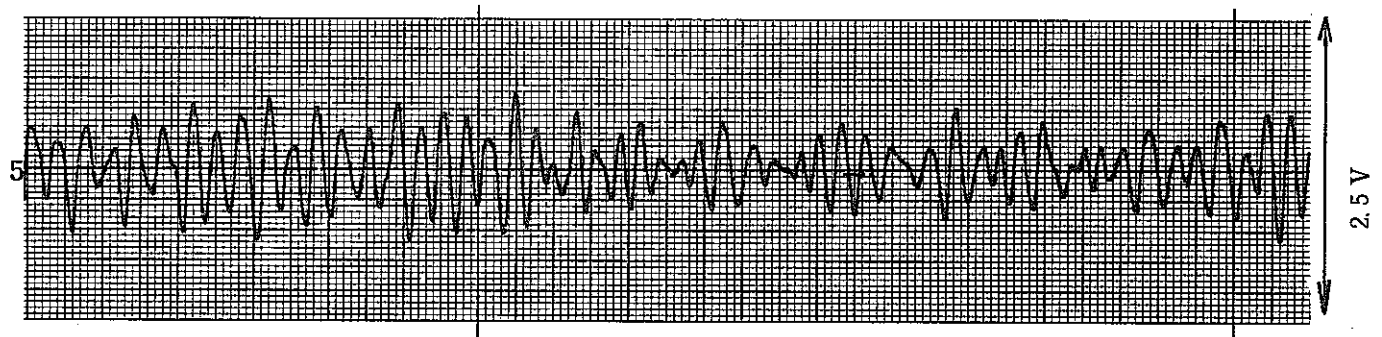


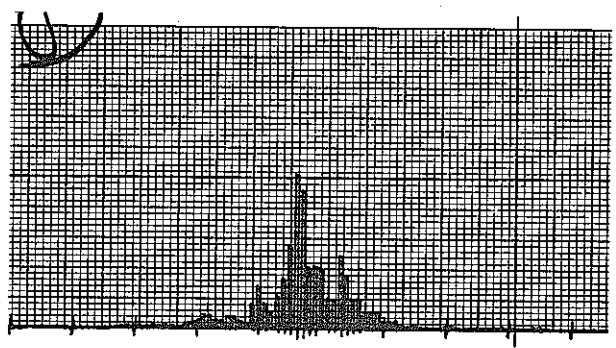
図 14-2. AE 信号波形と周波数分布 (No. 3)

3) バースト状

4) パケット状

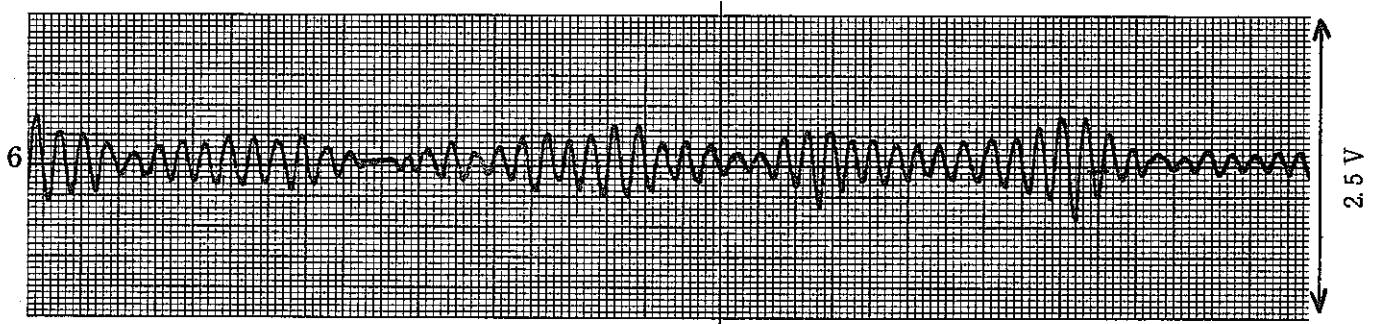


50 μsec

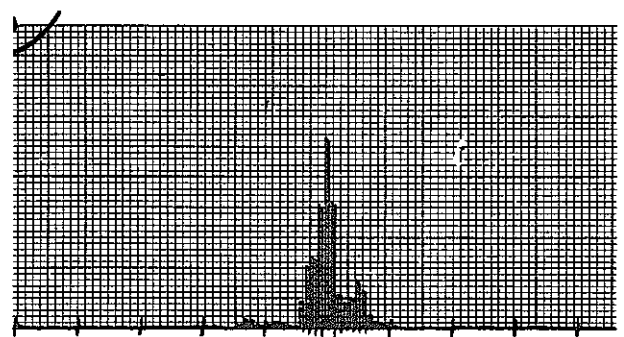


DC

1 MHz



50 μsec



DC

1 MHz

図14-3. AE信号波形と周波数分布(No.3)

- 5) バースト+パケット状
- 6) パケット状

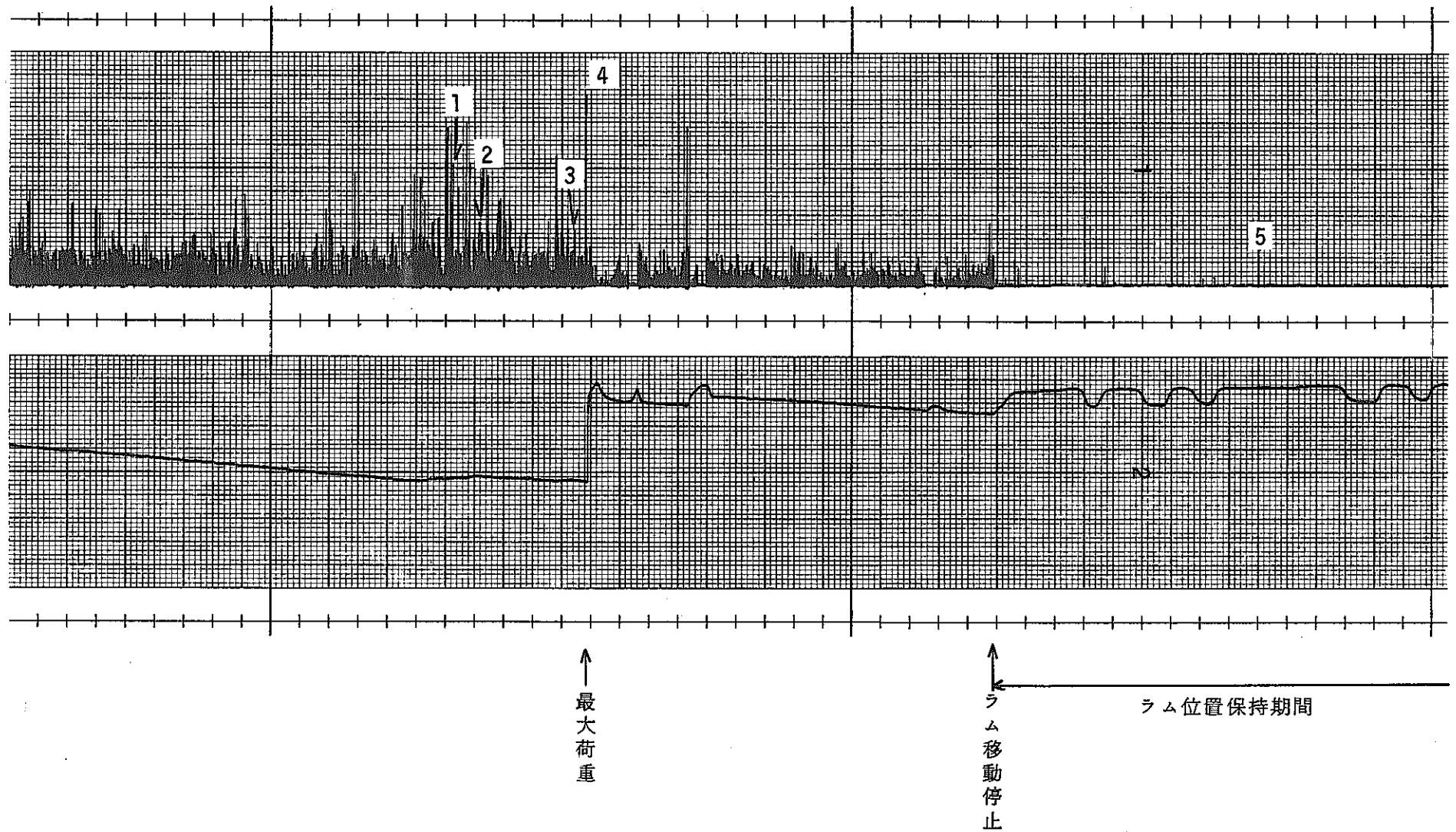


図 15. ピーク荷重付近およびラム位置保持期間中のAEピーク電圧 (No. 3)

上段 AEピーク電圧

下段 圧縮荷重

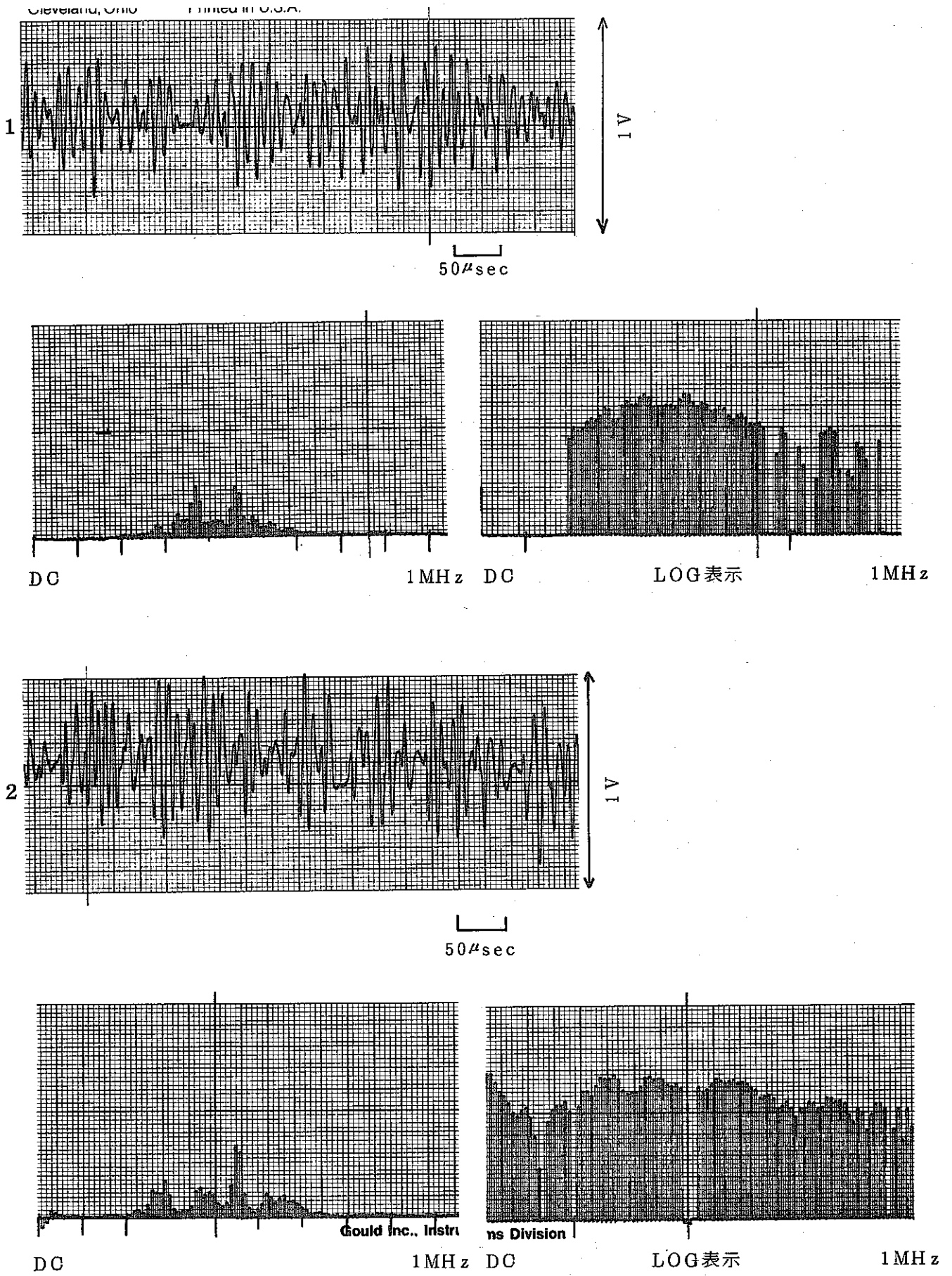


図 16-1. ピーク荷重時の AE 信号波形とパワースペクトル (No. 3)

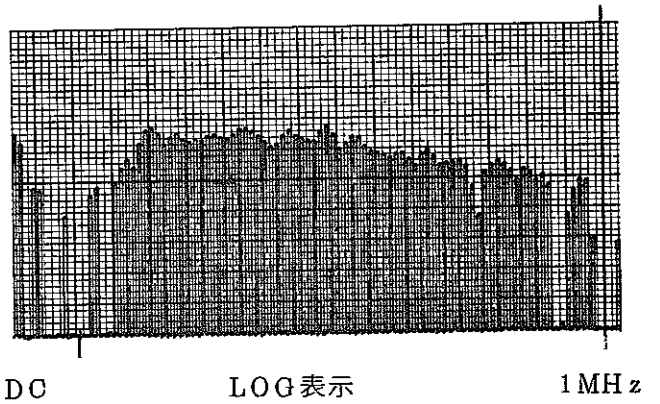
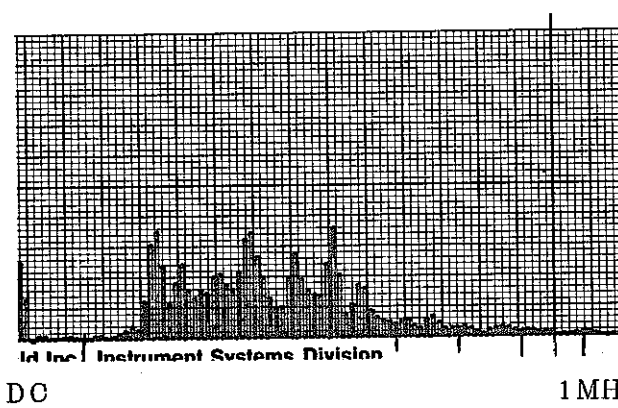
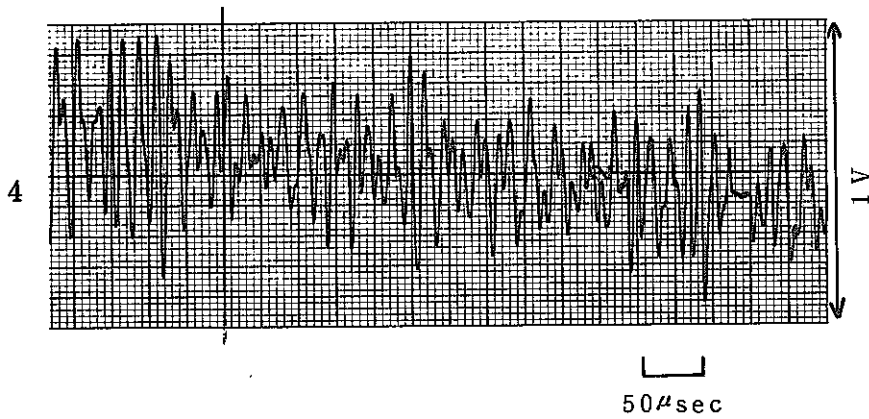
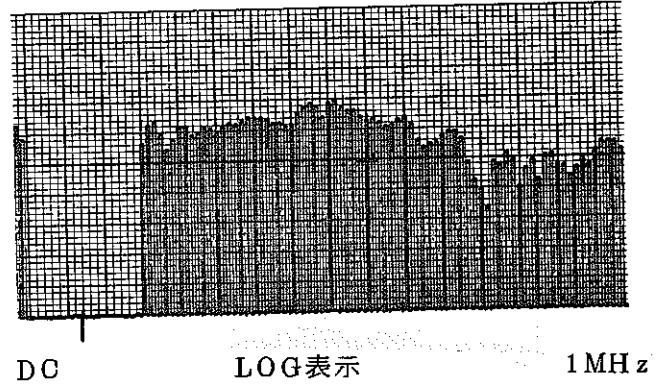
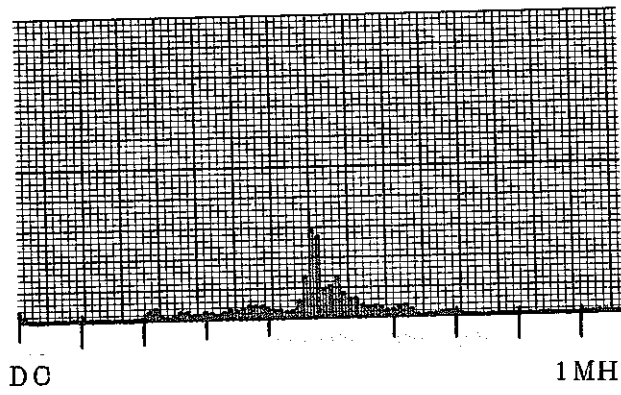
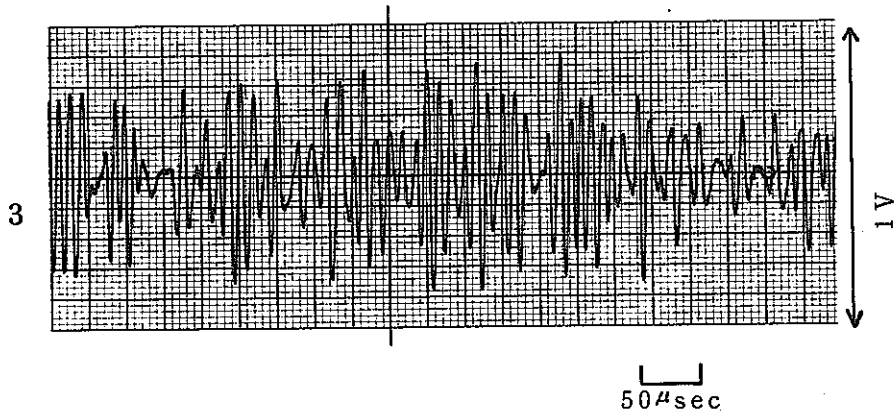


図 16-2. ピーク荷重時の AE 信号波形とパワースペクトル (No. 3)

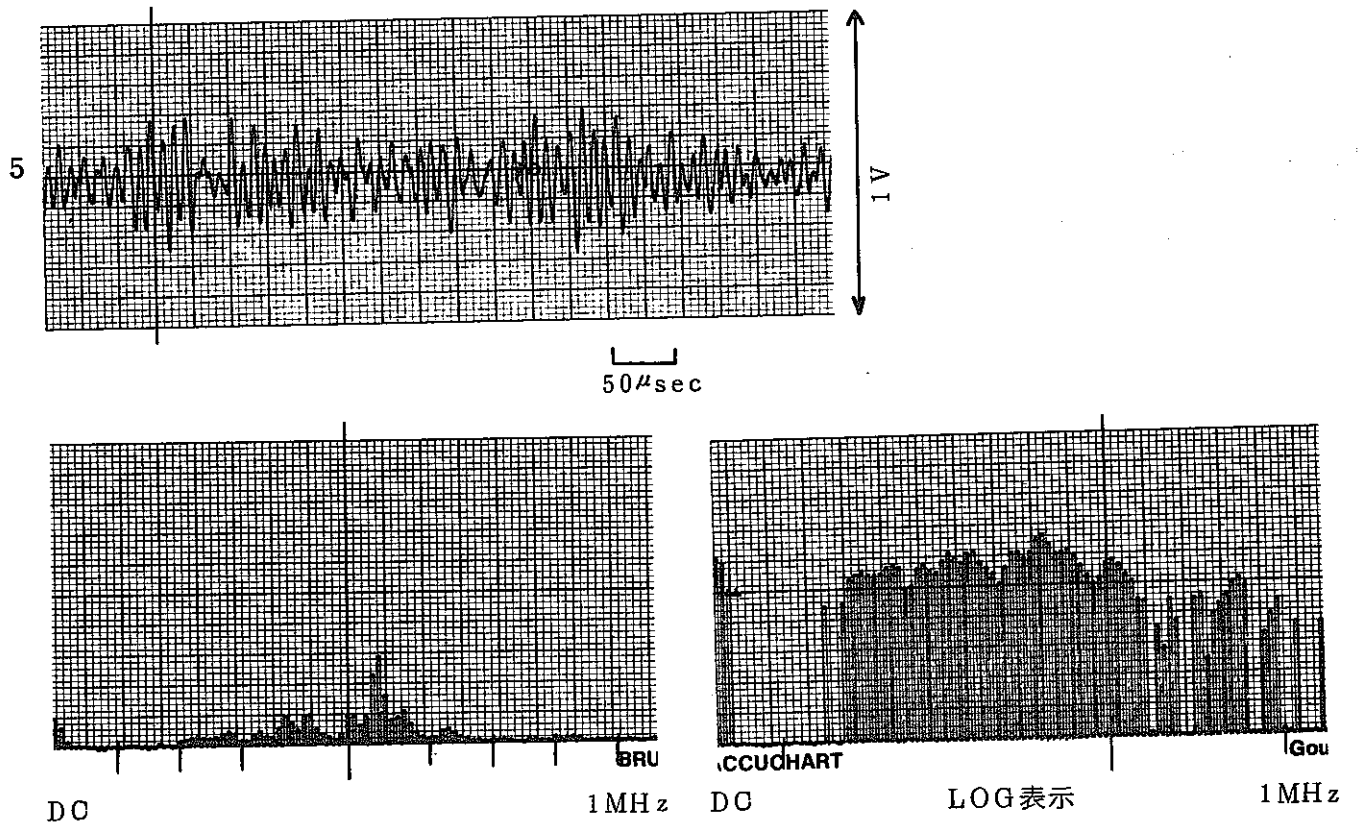
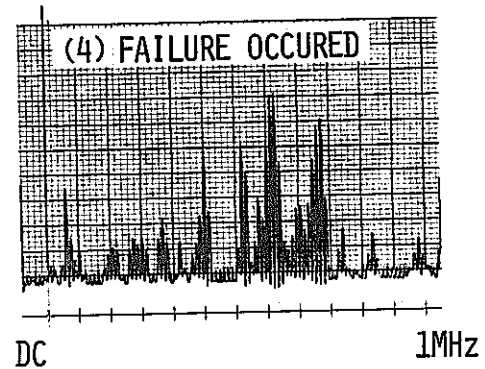
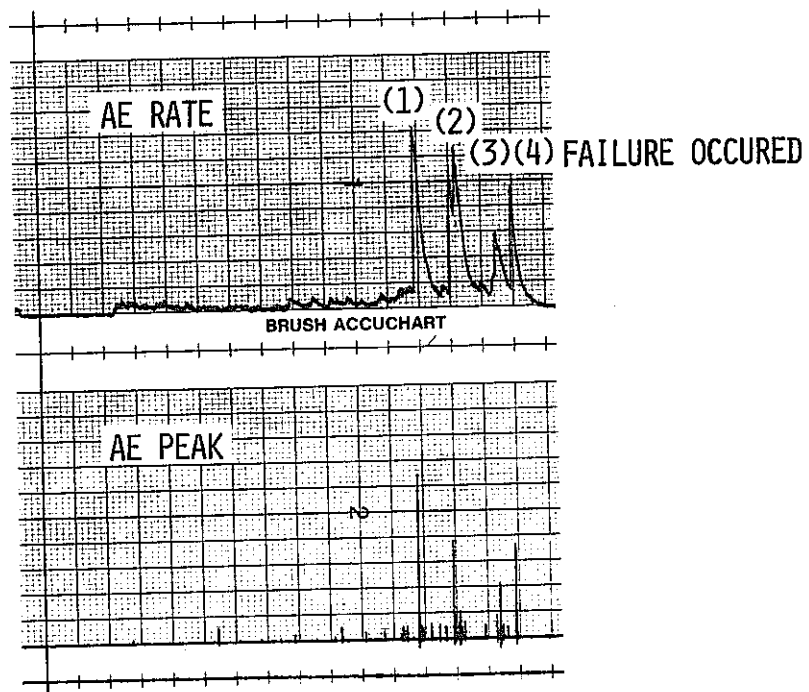
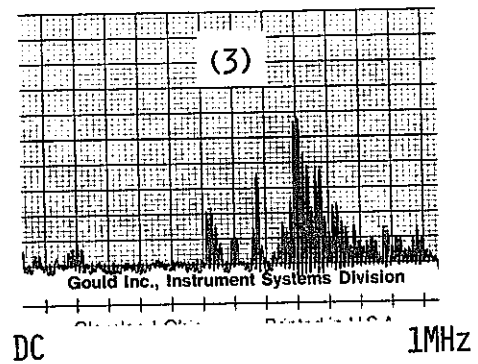
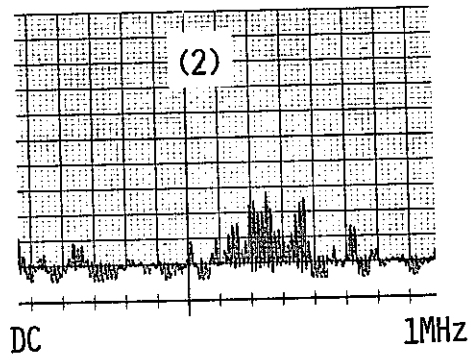
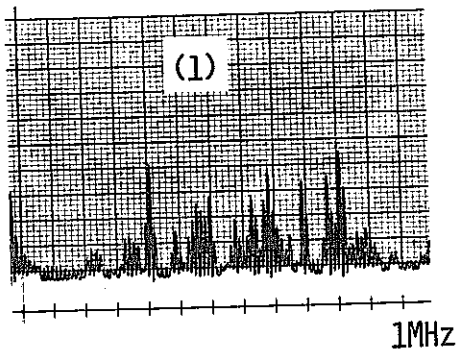


図16-3. ラム位置保持期間中に発生したAE信号波形とパワースペクトル(No.3)



POWER SPECTRUMS DURING TENSION TEST
FOR HYDRIDED SPECIMEN

⊗ 17

3.3.5 A E信号ピーク電圧分布分析

図18にペレット破壊試験の全過程で得られたA E信号のピーク電圧分布を示す。図の横軸はピーク電圧を示し、縦軸はその電圧での累積数を示す。図左側の飽和領域と書いた部分は低電圧の信号が非常に多いため、カウンタがオーバーフローを起こした電圧領域を示しておりデータとして使用できないことを示すものである。

図より明らかなように、非常に高いピーク電圧を示した信号が多く、かつ信号数そのものも多かった。また1.7 V付近に特異な分布を示した。図19に例示したZr-2.5Nb片端切欠引張試験時、A E信号ピーク電圧分布との比較においてもUO₂ペレット破壊時のA E信号は非常に高いピーク電圧を持っていることが明らかであろう。

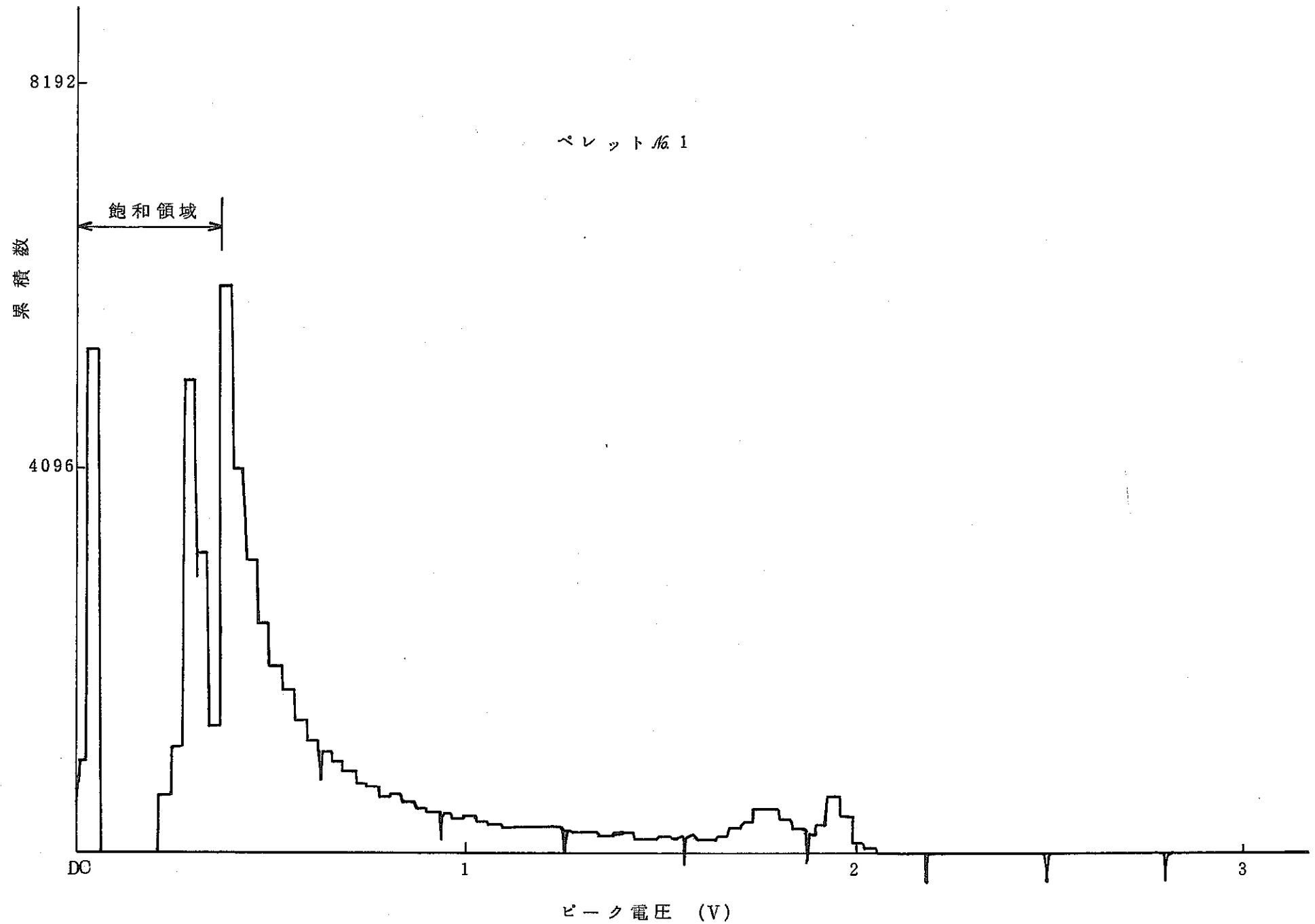


図 18. UO_2 ペレット AE 信号ピーク電圧分布

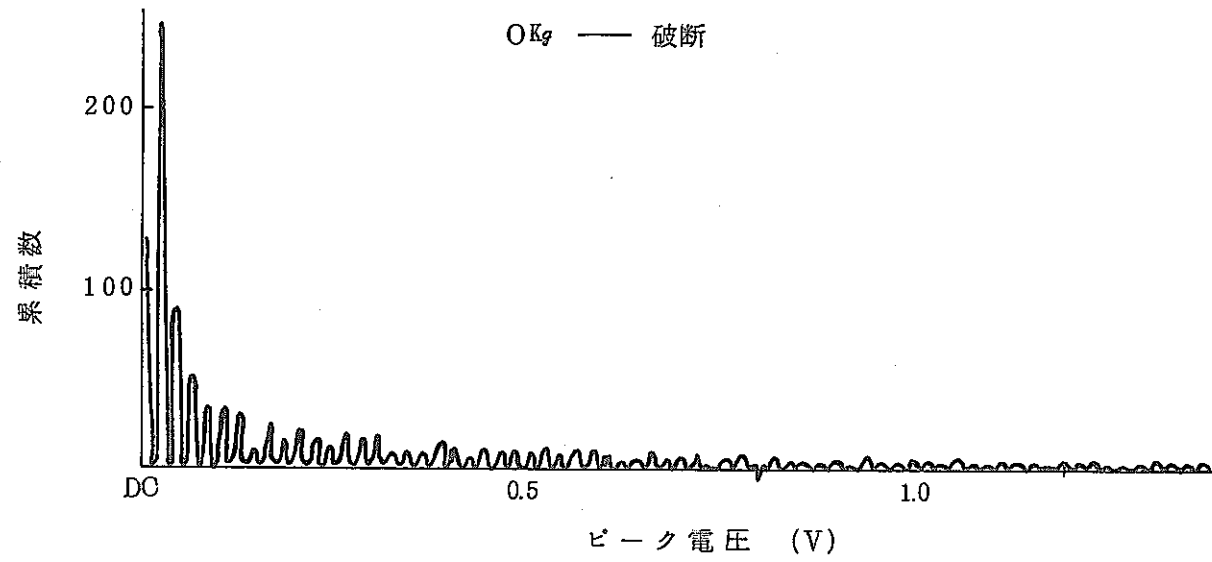


图 19. Zr-2.5Nb AE信号ピーク電圧分布

4. ま と め

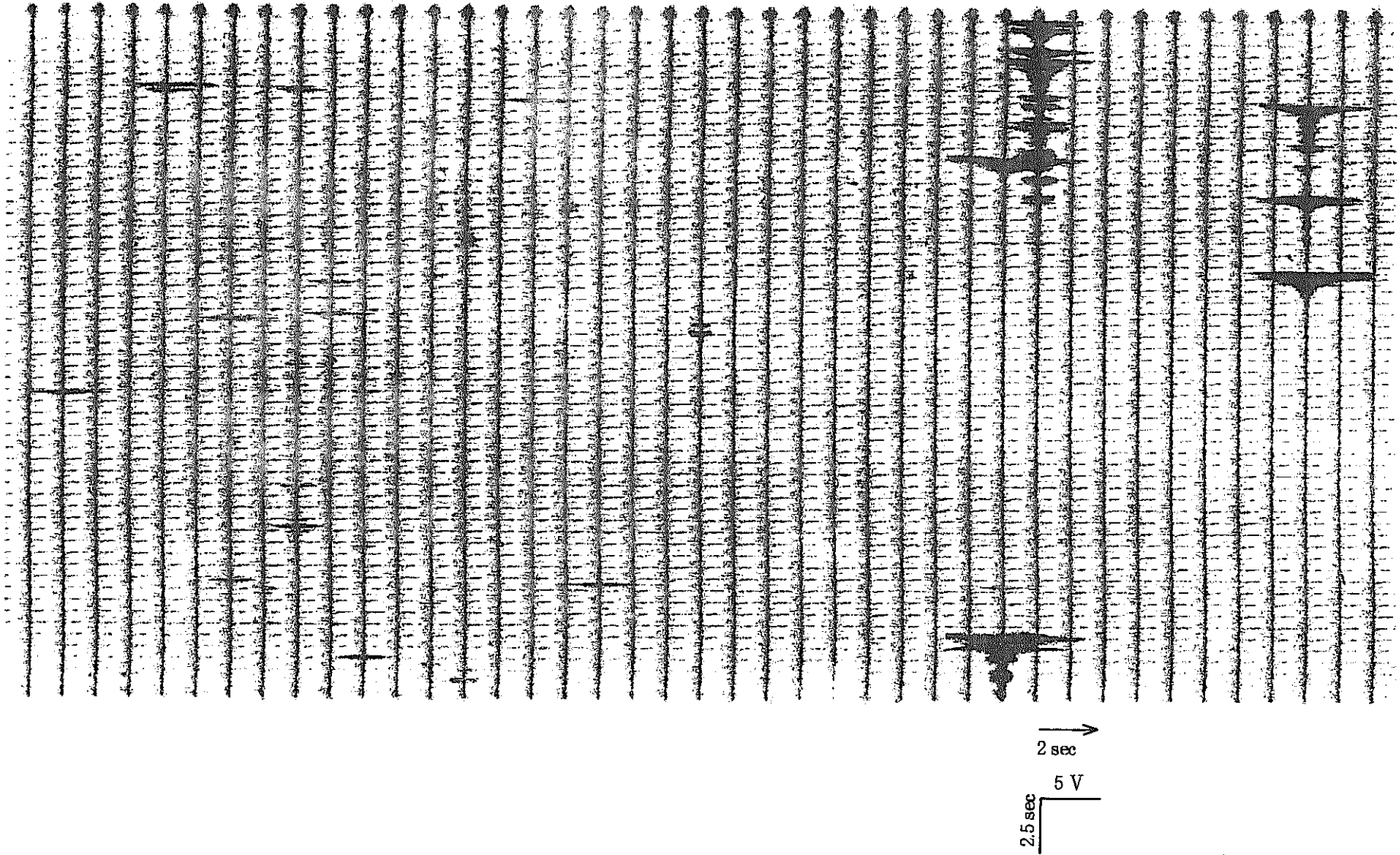
- ① UO_2 ペレットを用いた被覆管内面負荷方式 S C O 試験に A E 技術適用のための模擬試験を行なった。
- ② UO_2 ペレットの模擬材料として、アルミナ磁器、 WCu 模擬ペレットの 2 種を選び、破壊時の A E 信号周波数分布測定を行なった。
- ③ その結果、アルミナ磁器の A E 信号は、70 KHz 及び、220 KHz 付近にピークを持つような周波数分布を示した。
- ④ WCu は、非常に低いところにピークを持つ周波数分布を示し、 UO_2 ペレットの模擬材としては今回の目的に合致しない材料であることがわかった。
- ⑤ UO_2 ペレットについて、圧縮破壊試験時の A E 測定を行なった。
- ⑥ A E 信号は、負荷直後から発生していたが、特に荷重変動に応じて大きな発生があった。
- ⑦ 試験機ラム位置保持中の A E 発生はなかったが、再びラムの移動を開始すると保持以前の A E 発生率にもどっていた。
- ⑧ A E 信号波形は、バースト状とパケット状の二つに分類でき、夫々の周波数分布に特徴があった。すなわち、バースト状波形は信号レベルも高く、周波数も相当広い分布を示していたがパケット状波形の周波数ピークは、ほとんど、ひとつしか存在しなかった。
- ⑨ ピーク荷重時及び、ラム位置保持期間中に発生した A E 信号は、バースト状であり、その周波数分布も、それまでに得られたものとほとんど同じであった。
- ⑩ UO_2 ペレット破壊時の A E と Zr 合金破壊時の A E 周波数分布には相違があり、 UO_2 ペレットの A E は、およそ 500 kHz 以下、Zr 合金の A E は、およそ 580 kHz 以上に分布する傾向を示した。
- ⑪ A E 信号ピーク電圧分布は、Zr-2.5Nb 等にくらべ格段に高いレベルの信号が多くあったことを示していた。

データ集

- 1) アルミナ磁器破壊時 A E 測定再現試験結果
- 2) WCu 模擬ペレット破壊時 A E 測定試験結果
- 3) UO₂ ペレット破壊試験時 A E 信号
- 4) UO₂ ペレット破壊試験時 A E 測定再現試験結果
- 5) UO₂ ペレット破壊試験時 A E 信号波形
(デジタルメモリにより保持された A E 信号波形)
- 6) UO₂ ペレット破壊試験時 A E 信号ピーク電圧分布測定再現試験結果

データ集 (1)

アルミナ磁器破壊時 A E 測定再現試験結果

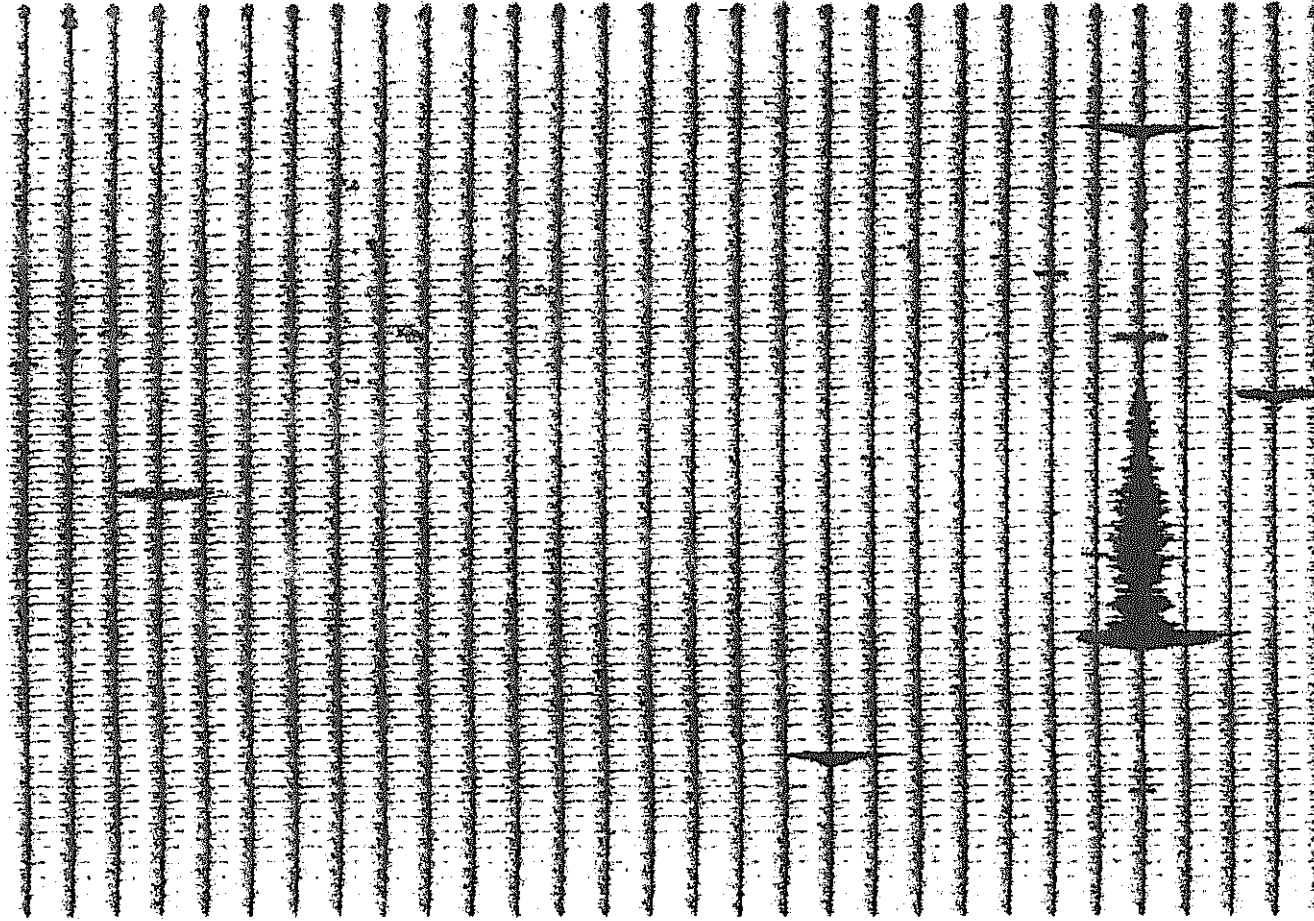


アルミナ管破壊時AE (再現試験)

データ集 (2)

WCu 模擬ペレット破壊時 A E 測定試験結果

0.1 sec
5 V



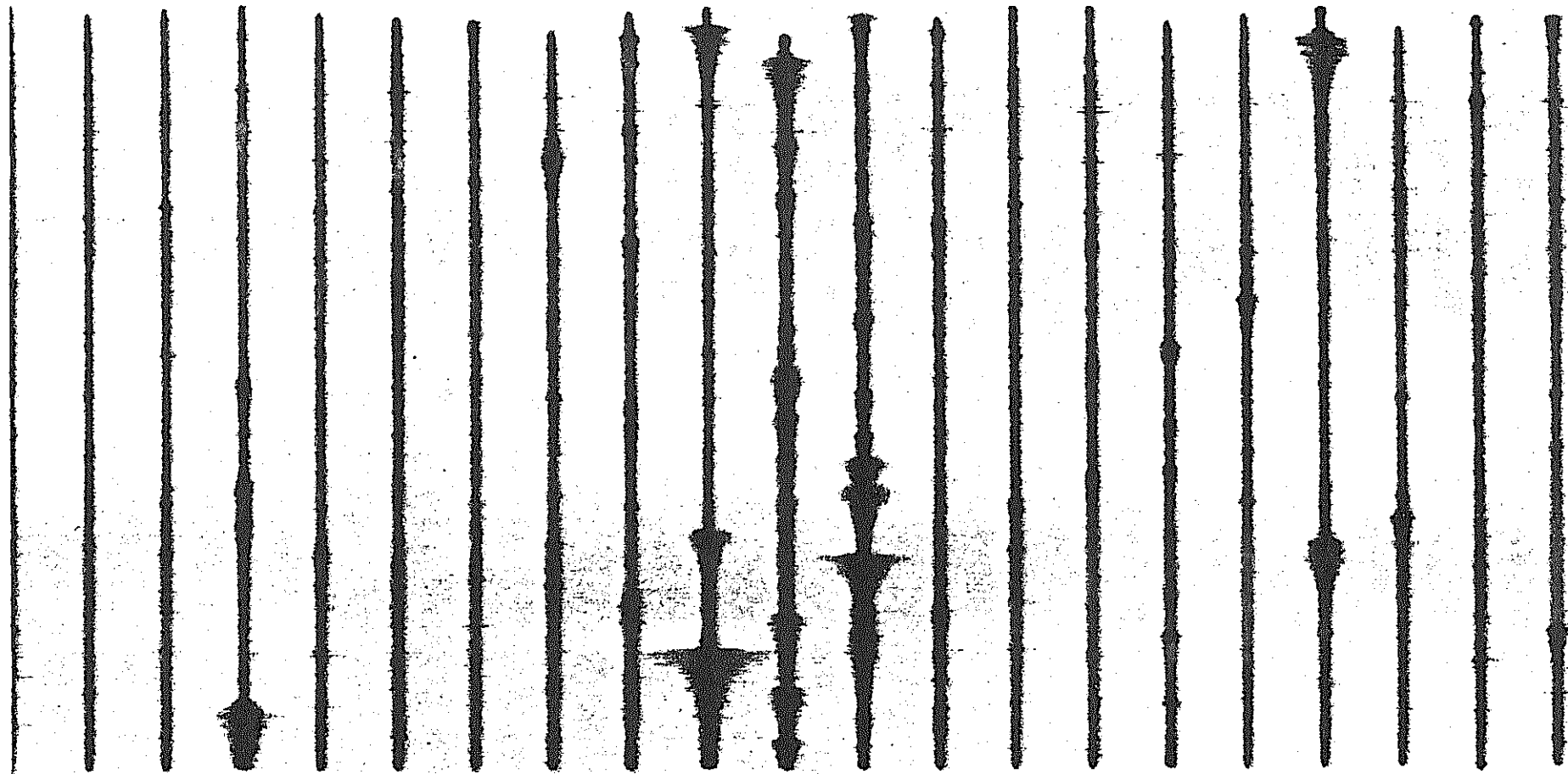
→
2 sec

↑
破壊

WCu 模擬ペレット破壊時 A E 信号

データ集 (3)

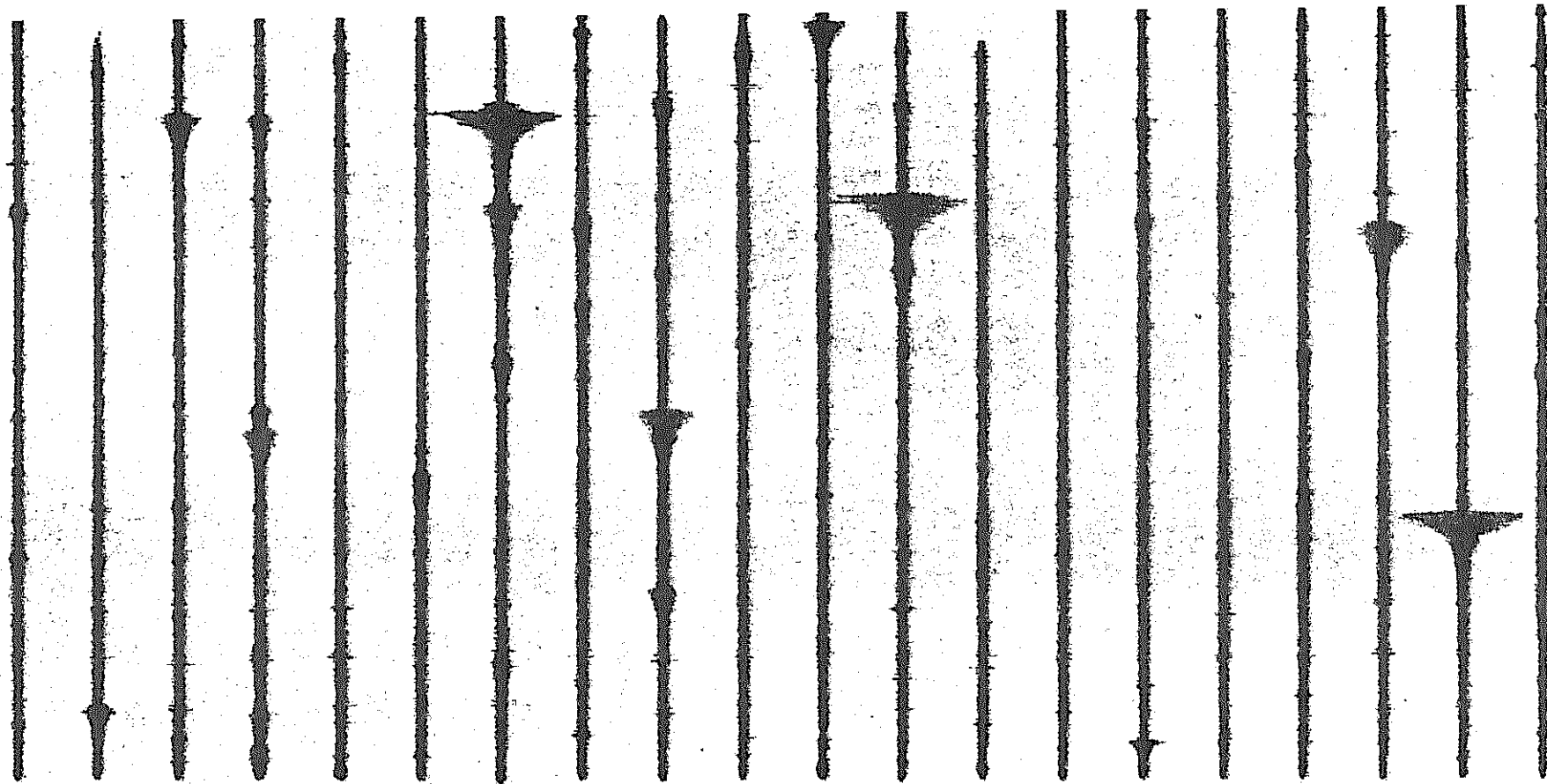
UO₂ ペレット破壊試験時 A E 信号



↑
負荷開始

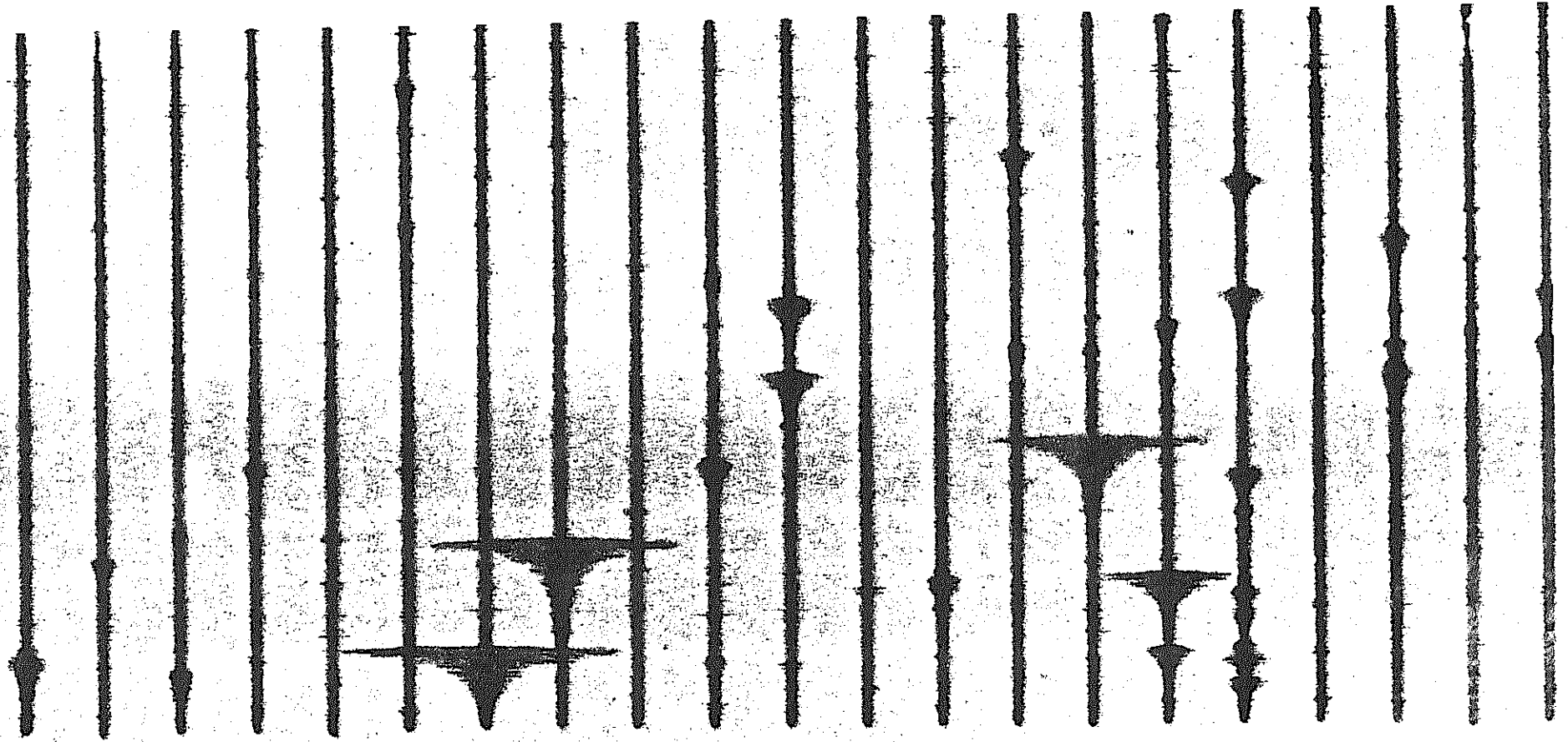
→
時間

UO₂ ペレット破壊試験時AE信号(No.1)



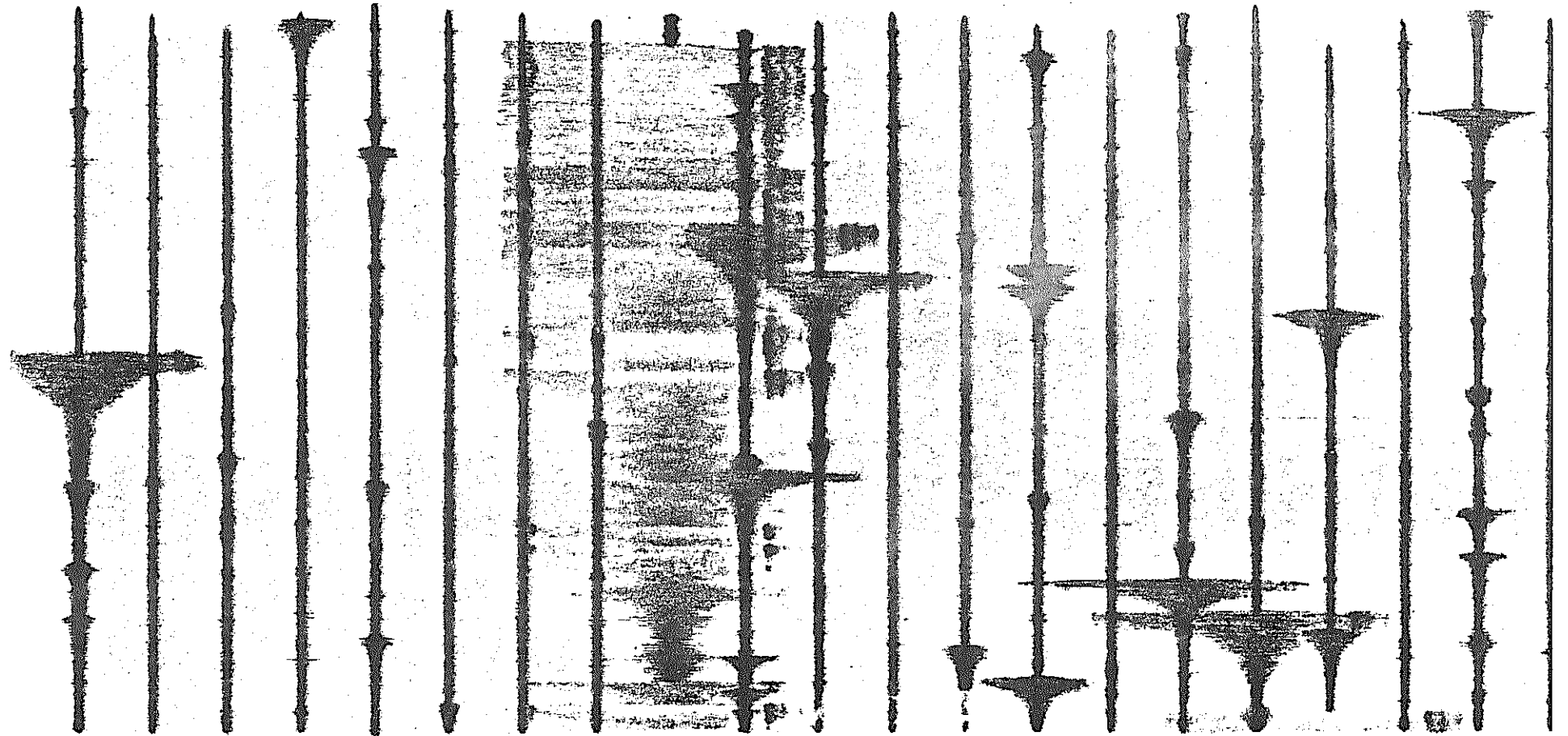
時間 →

UO₂ ペレット破壊試験時AE信号(No.1)



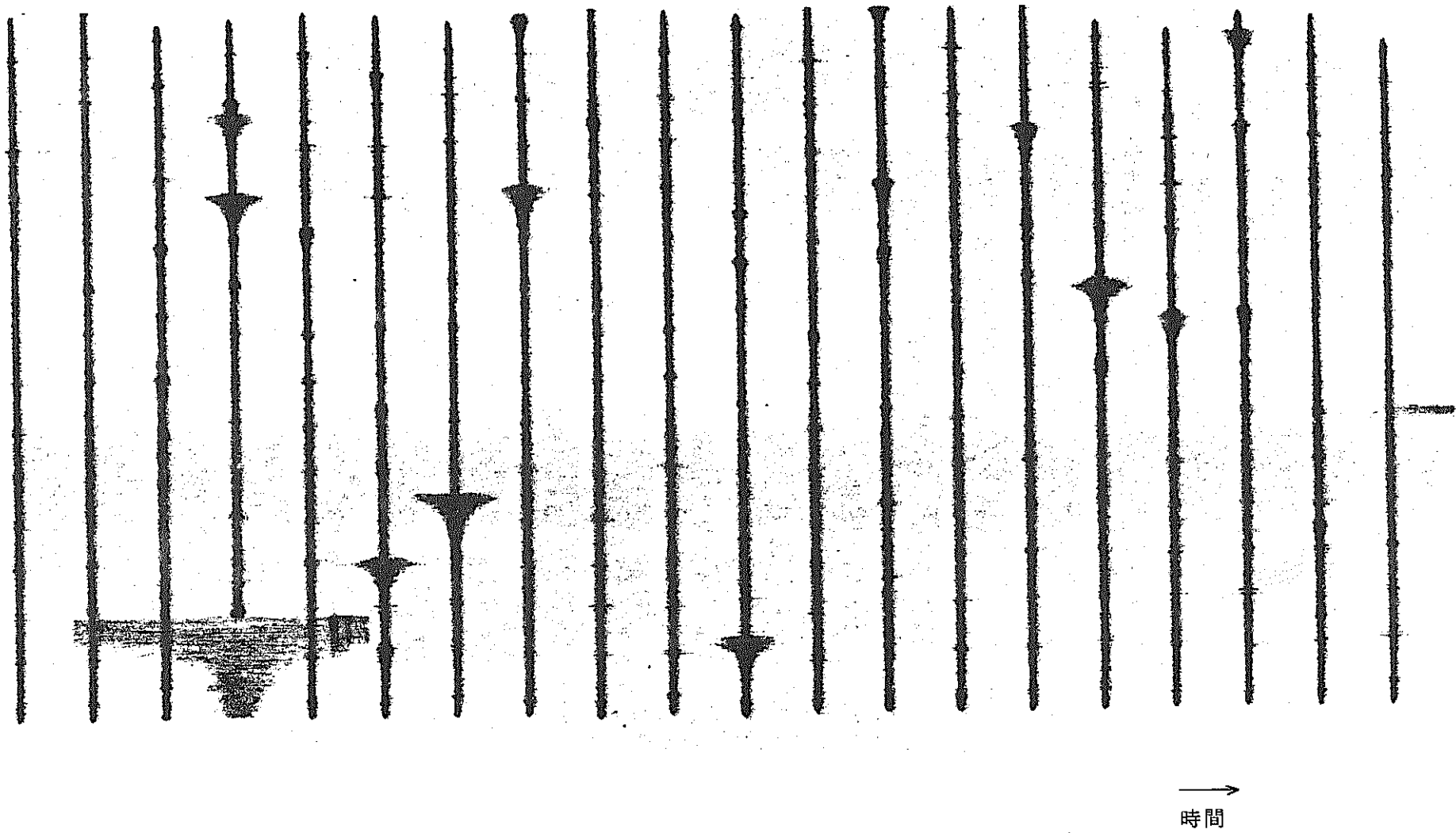
→
時間

UO₂ ペレット破壊試験時AE信号 (No. 1)

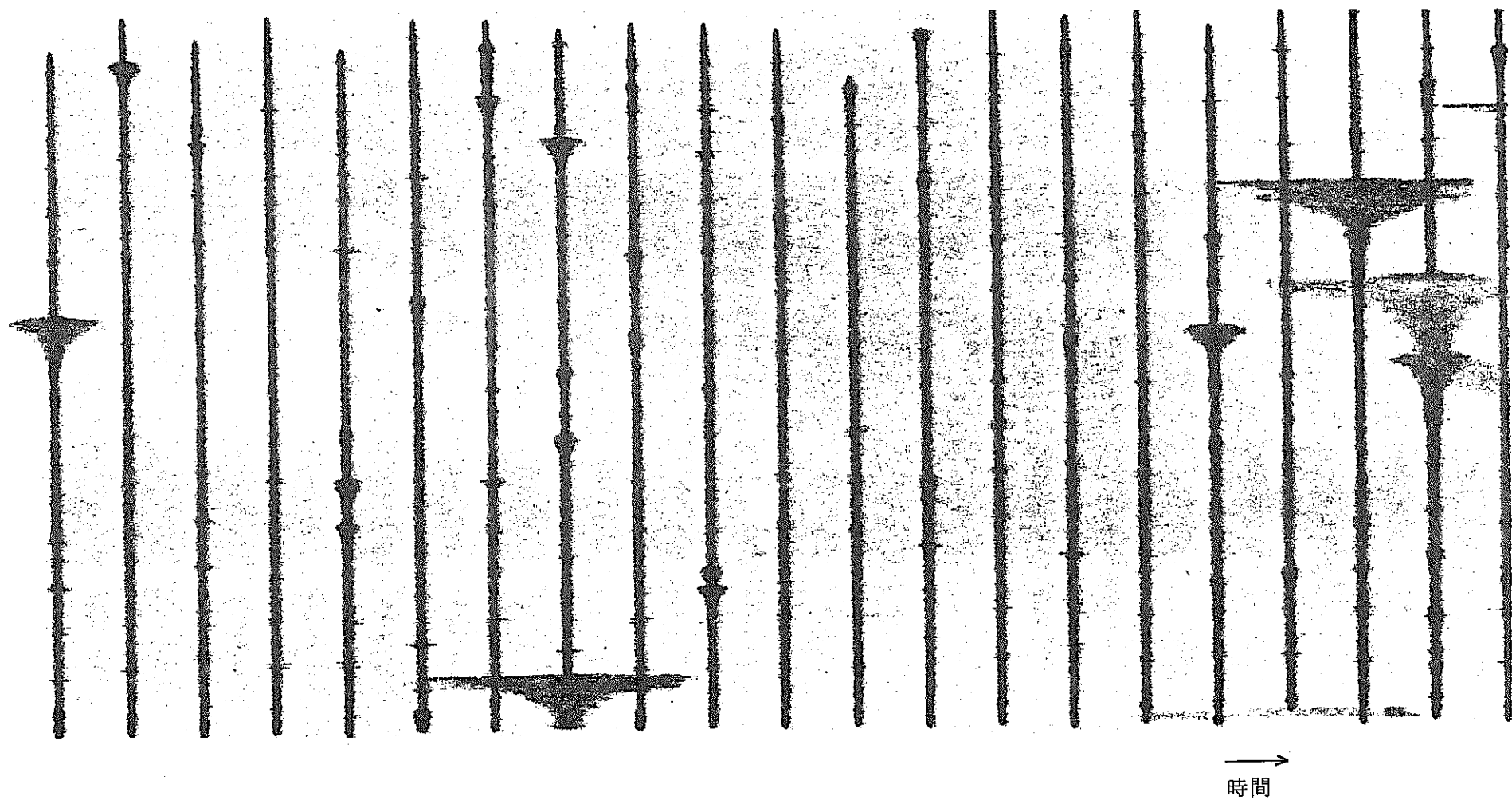


→
時間

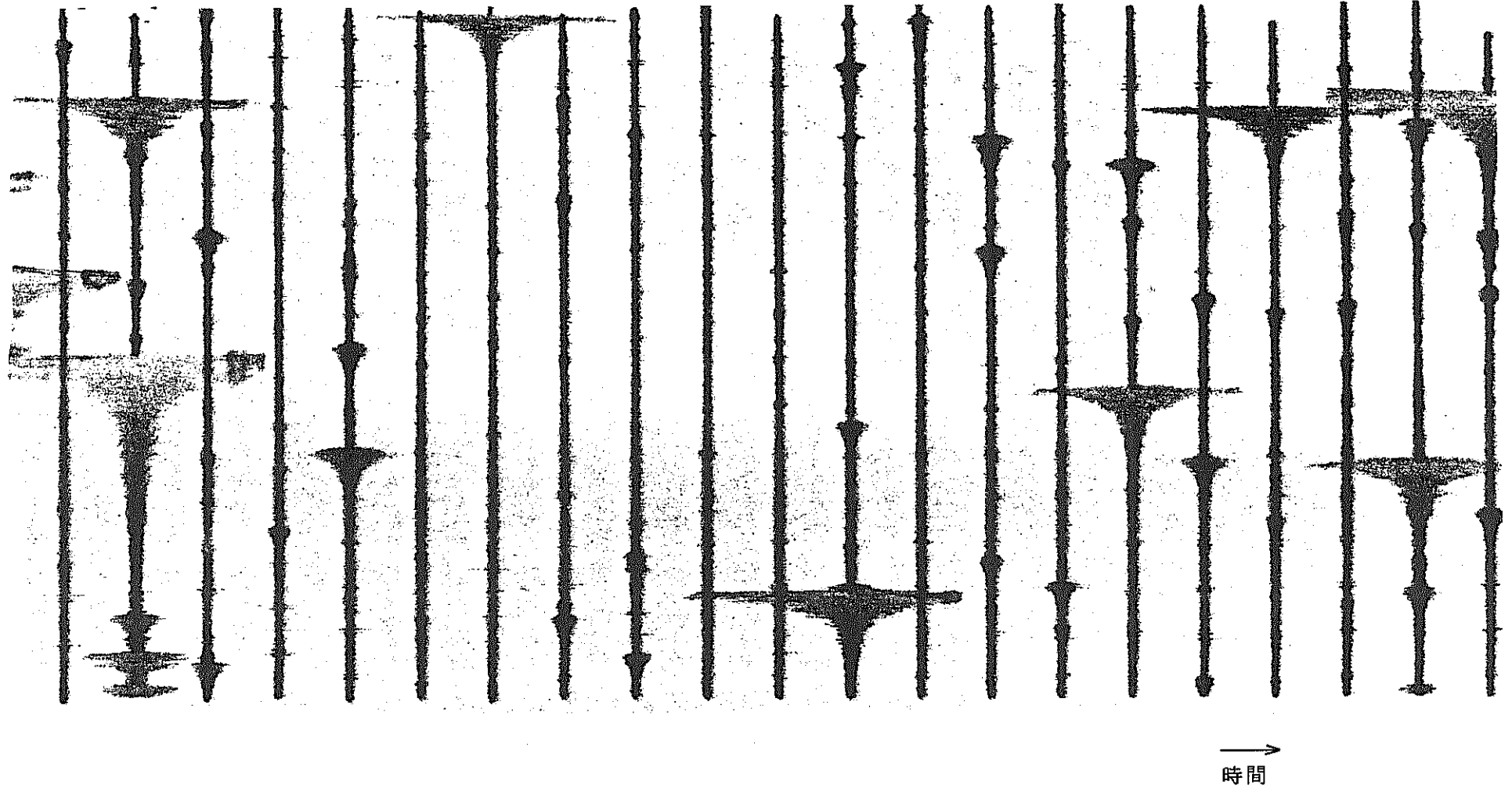
UO₂ ペレット破壊試験時AE信号(No.1)



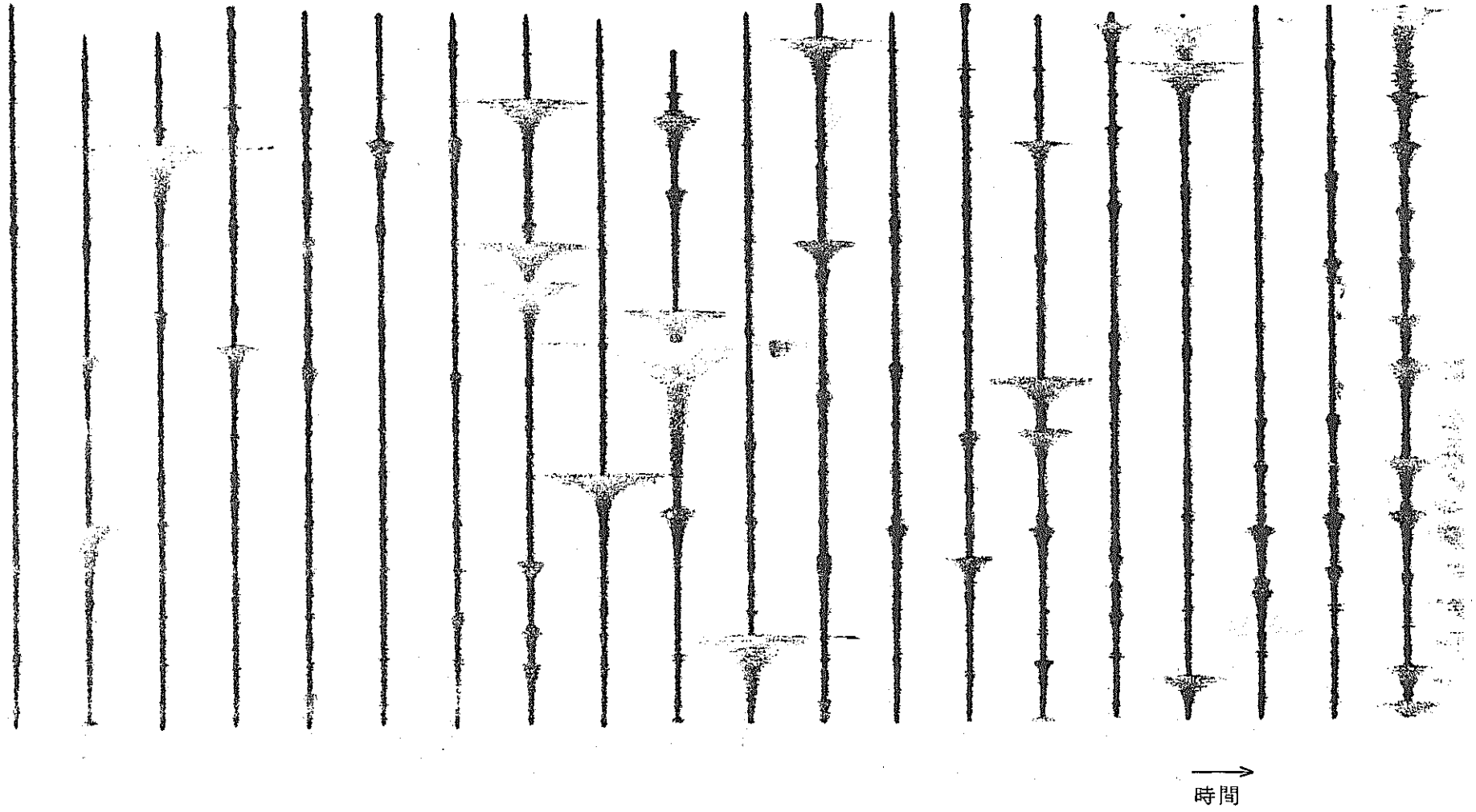
UO₂ ペレット破壊試験時AE信号(No.1)



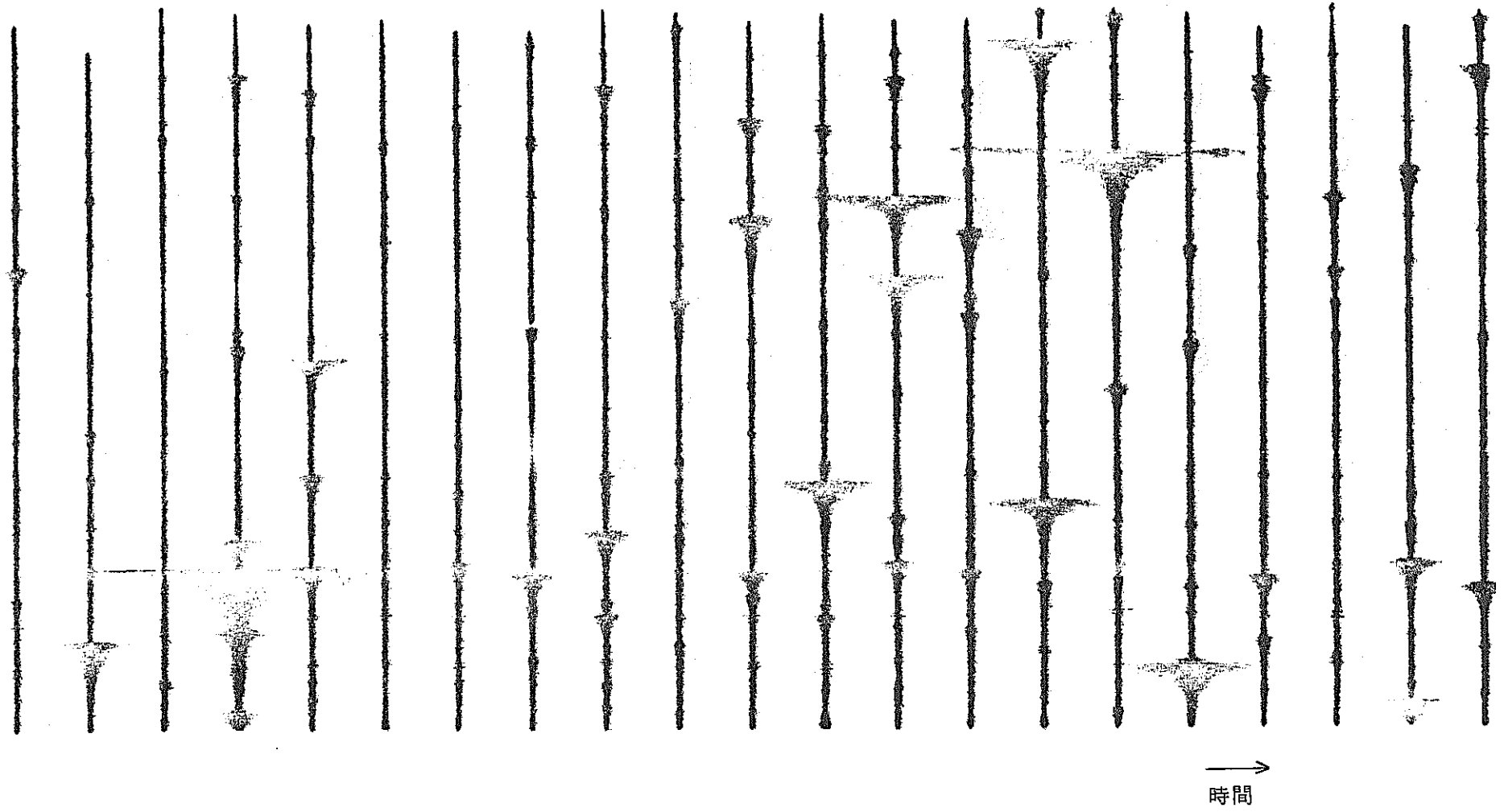
UO₂ ペレット破壊試験時AE信号(No.1)



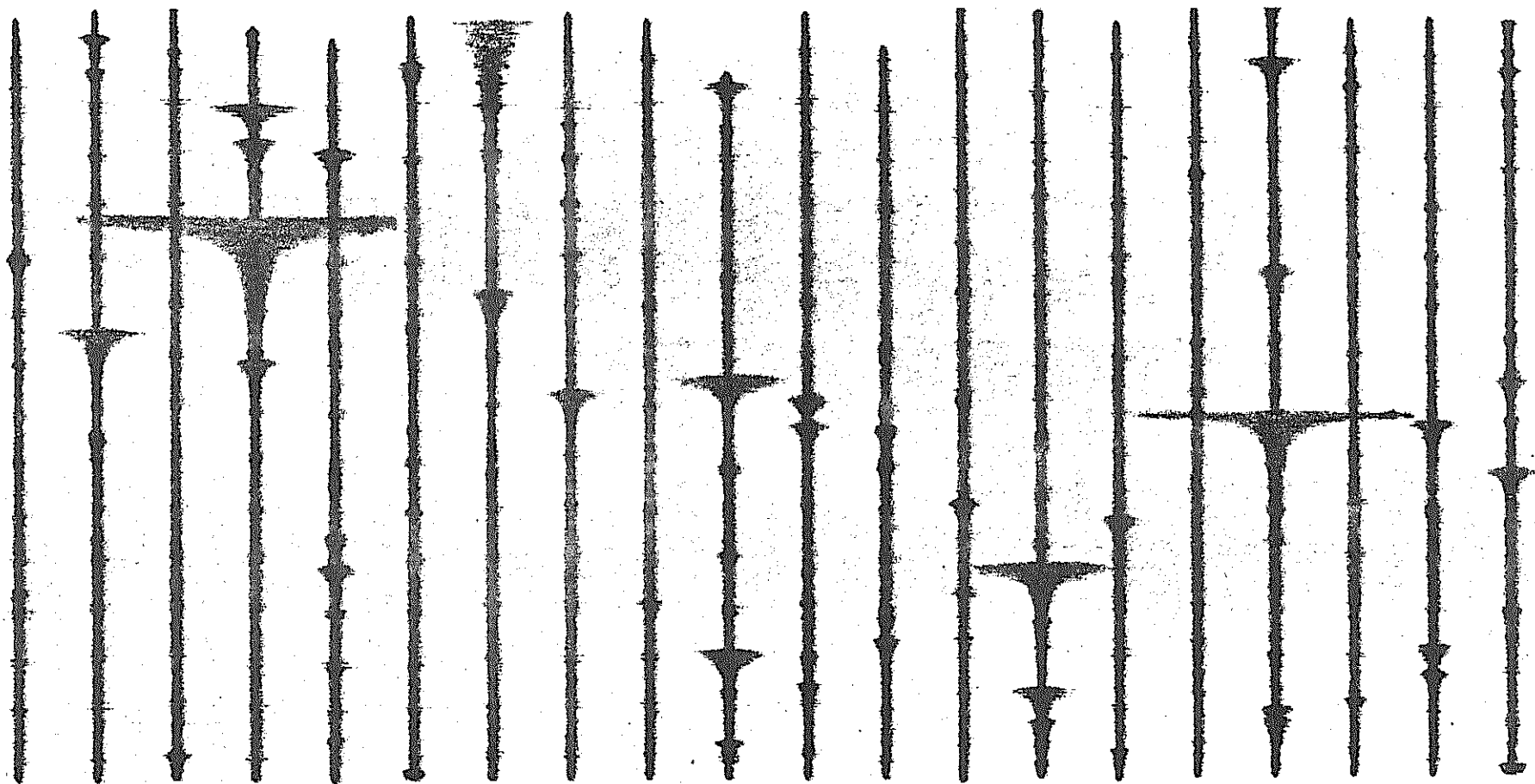
UO₂ ペレット破壊試験時AE信号(No.1)



UO₂ ペレット破壊試験時 AE 信号 (No. 1)

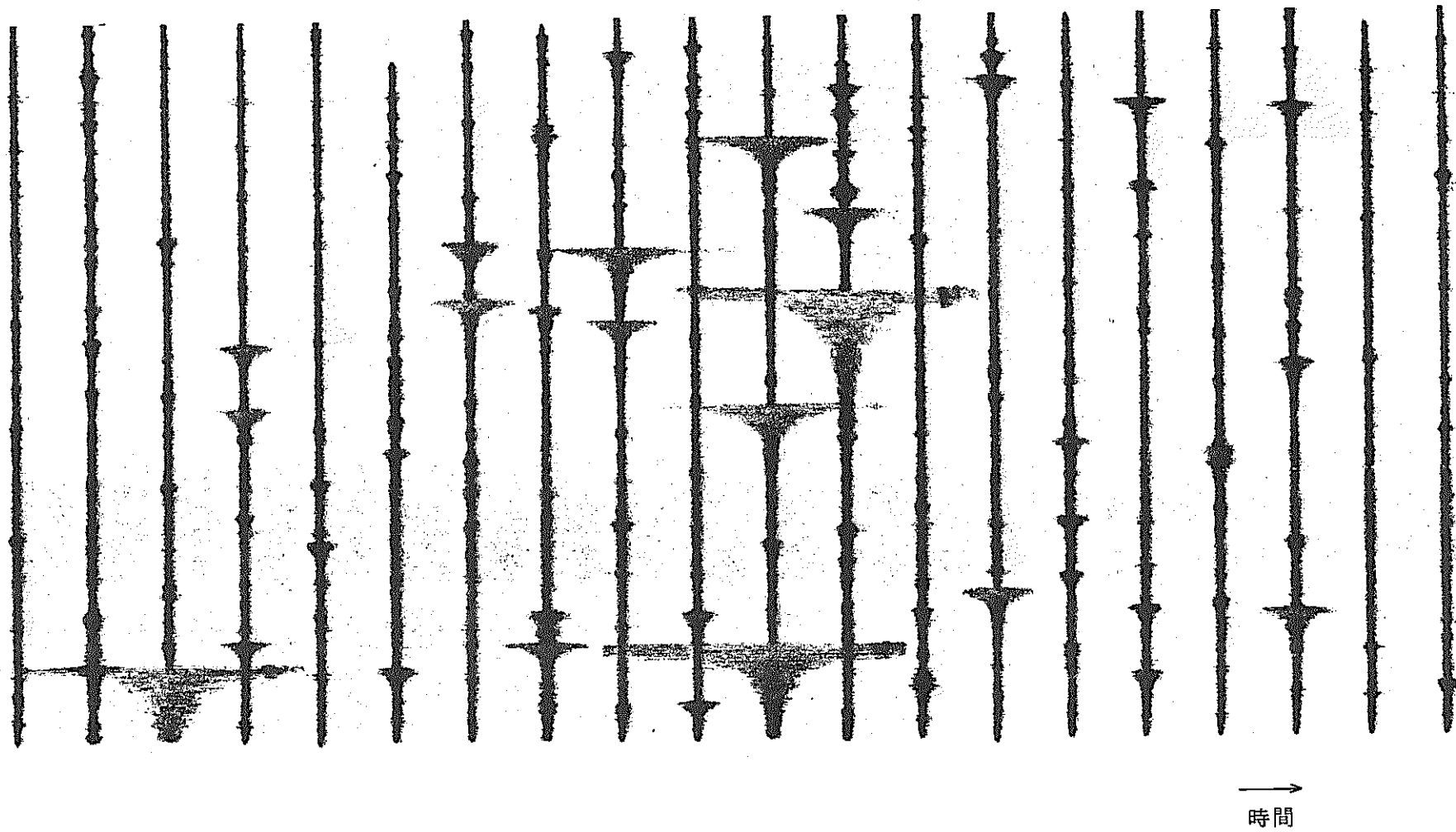


UO₂ ペレット破壊試験時AE信号(No.1)

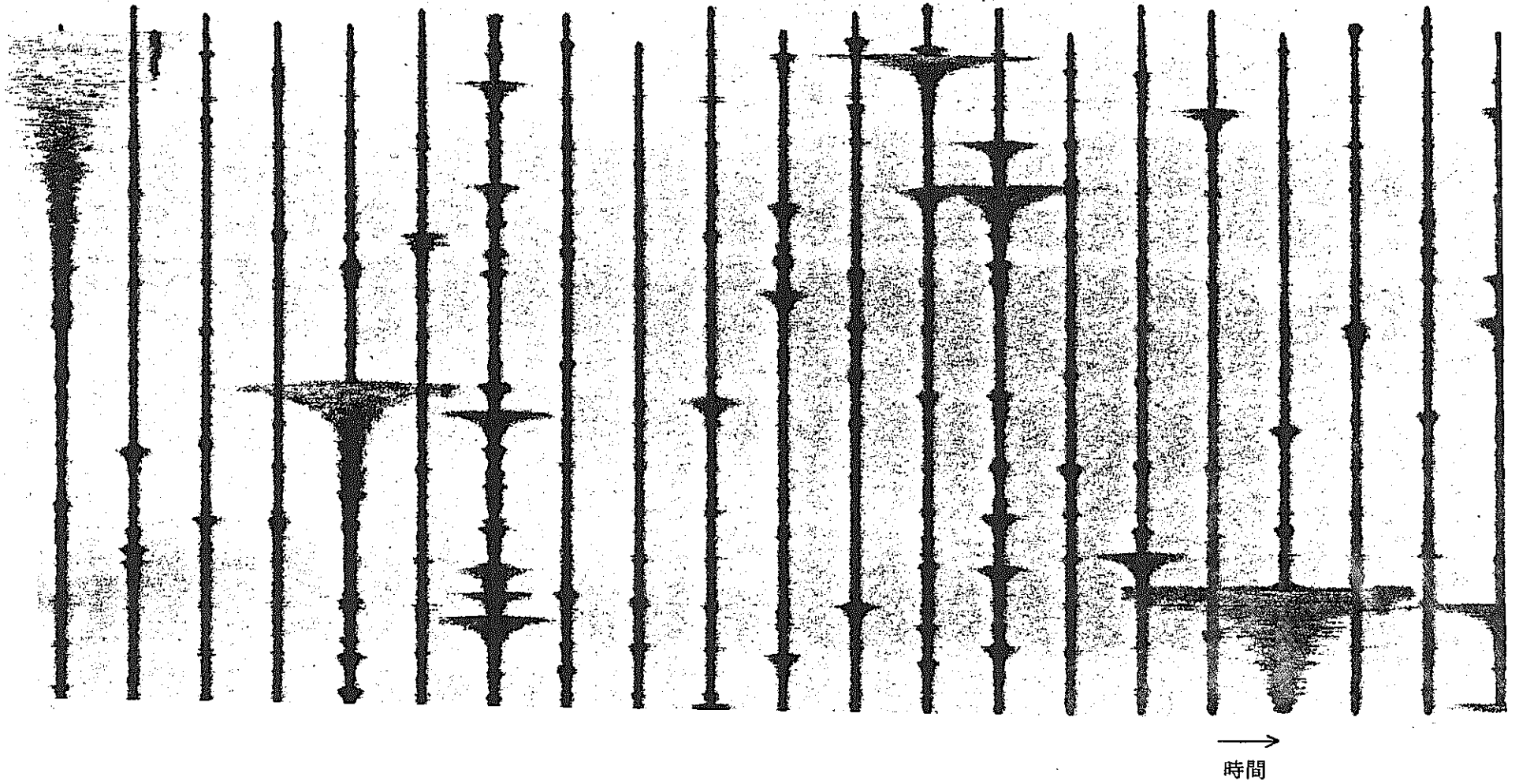


時間

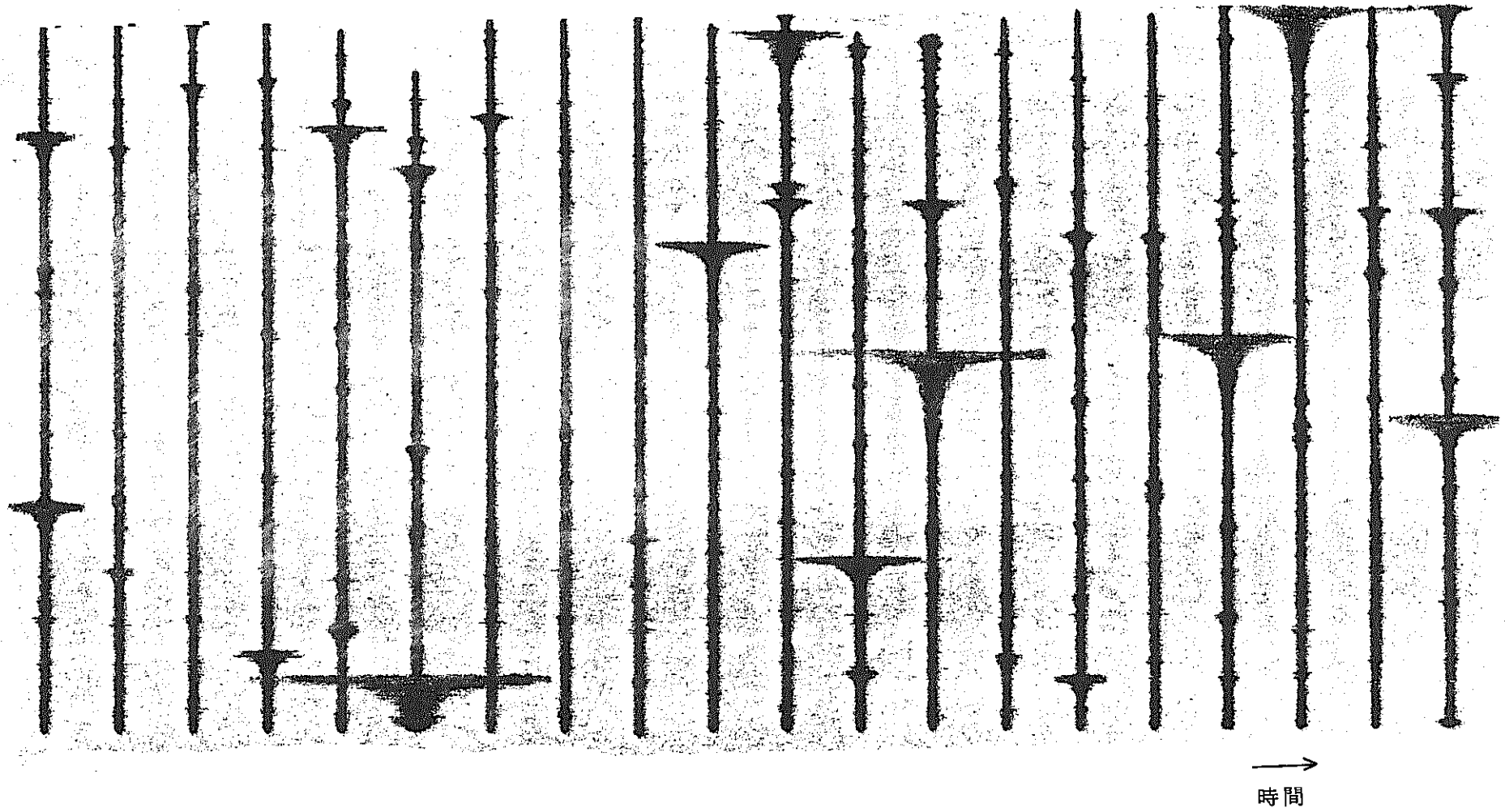
UO₂ ペレット破壊試験時AE信号 (No. 1)



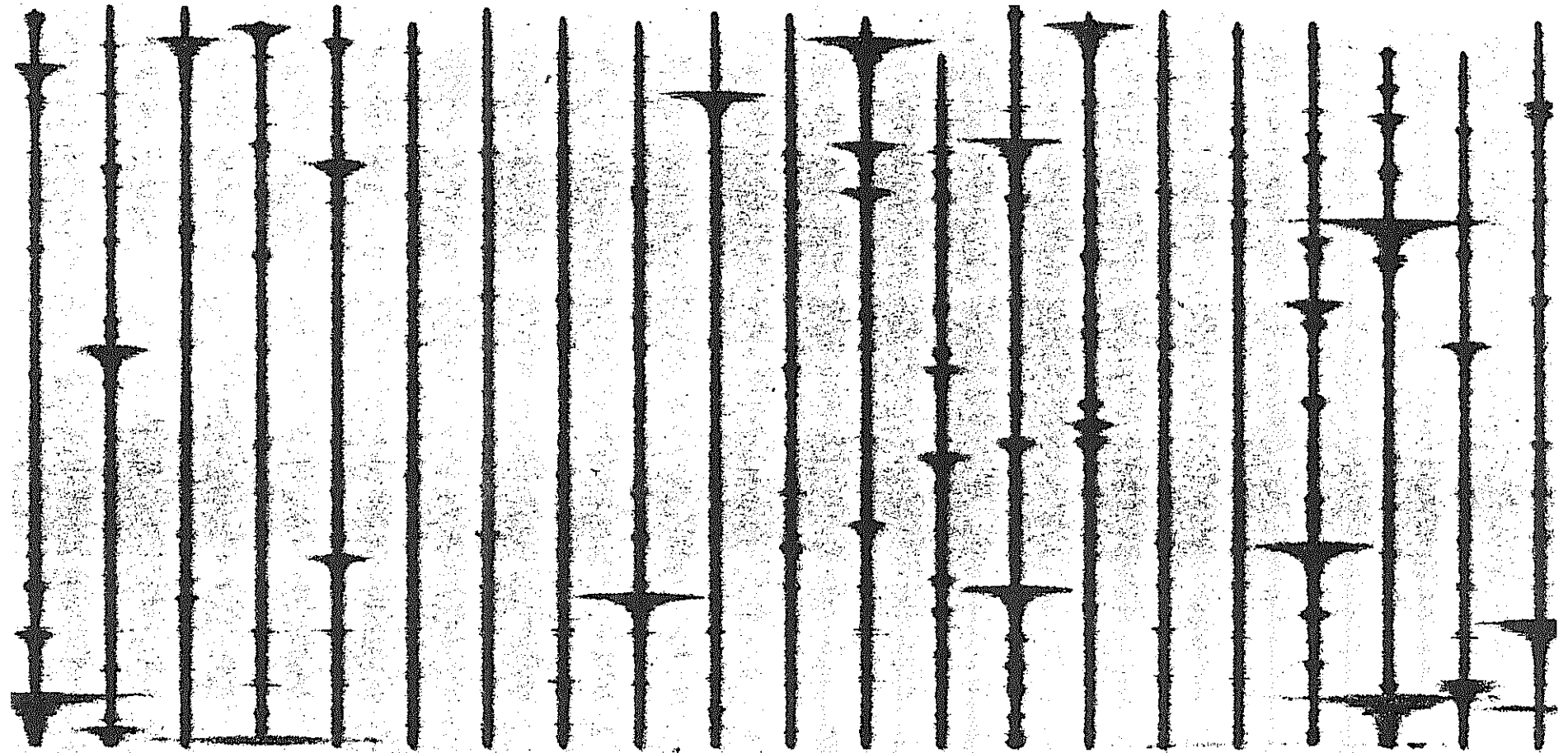
UO₂ ペレット破壊試験時AE信号 (No.1)



UO₂ ペレット破壊試験時AE信号(No.1)

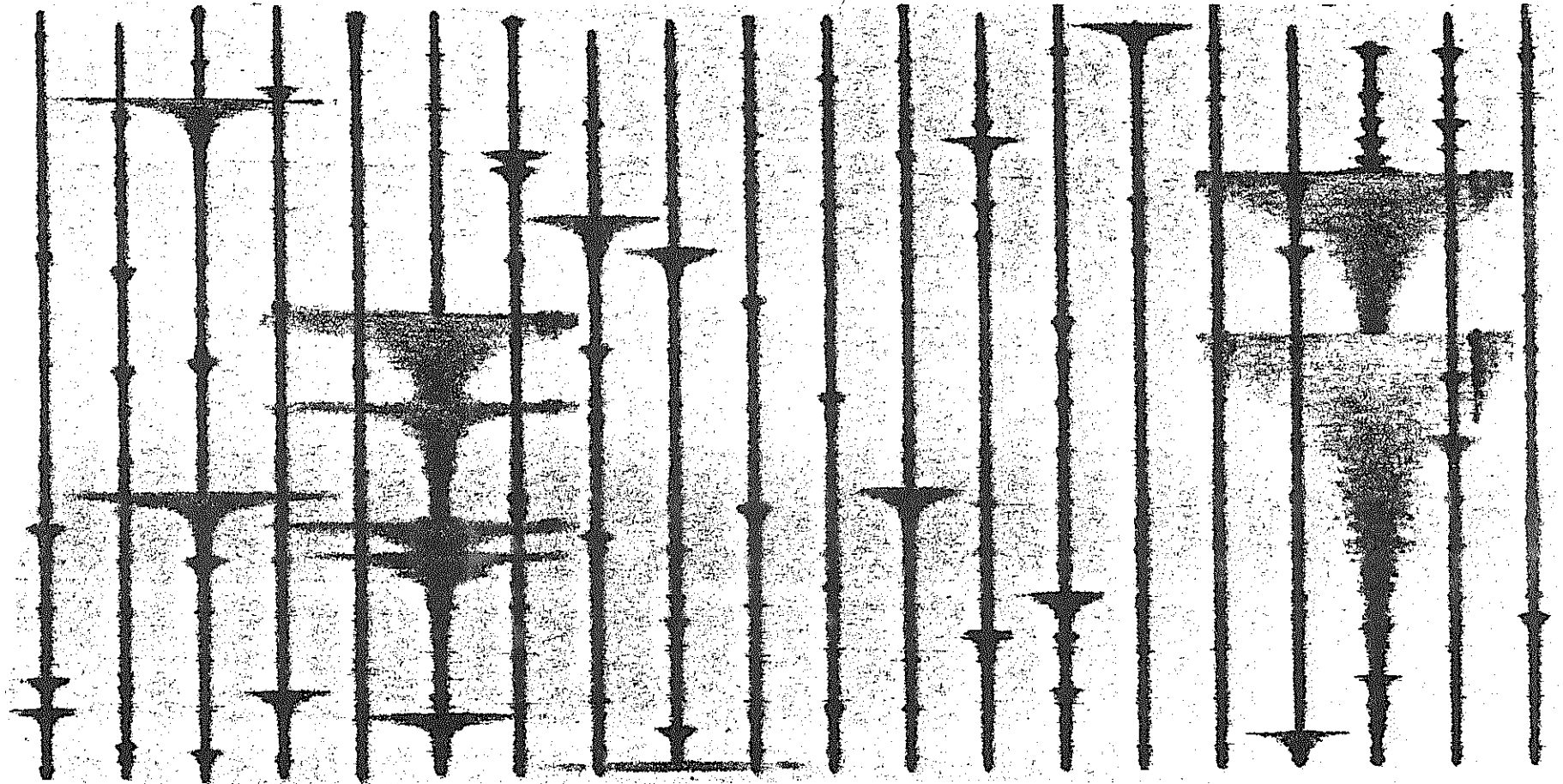


UO₂ ペレット破壊試験時AE信号 (No.1)



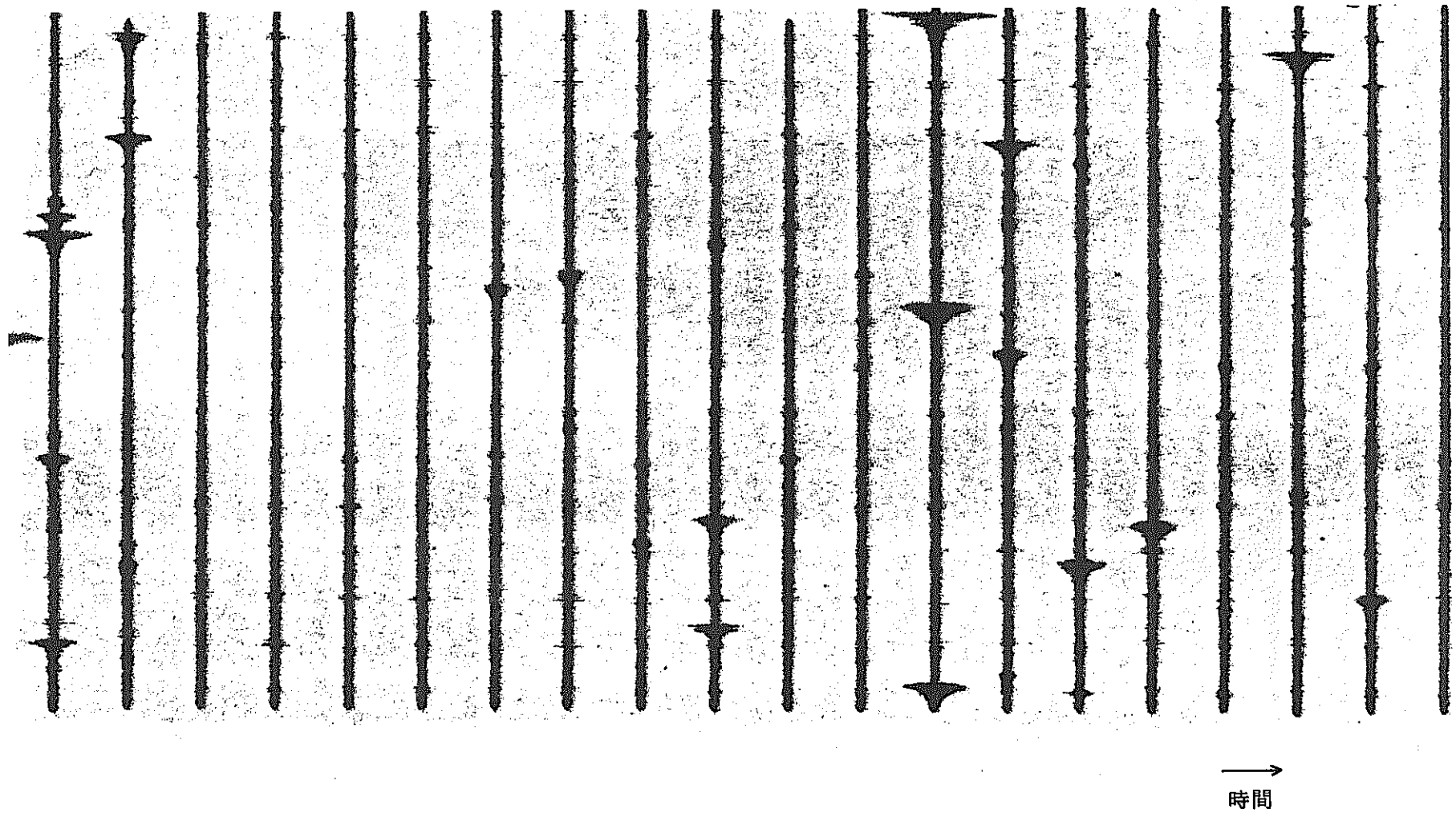
→
時間

UO₂ ペレット破壊試験時AE信号 (No. 1)

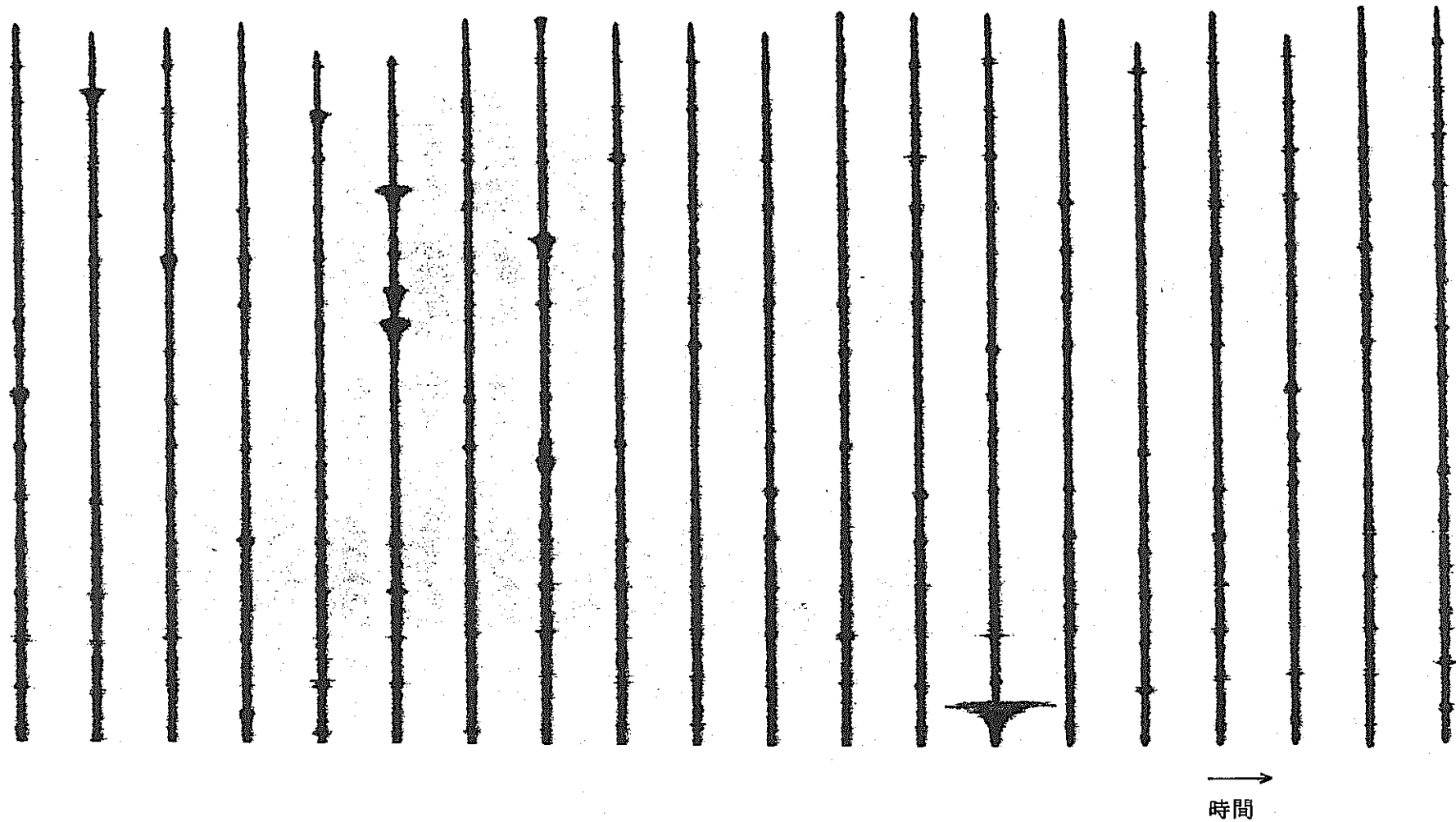


→
時間

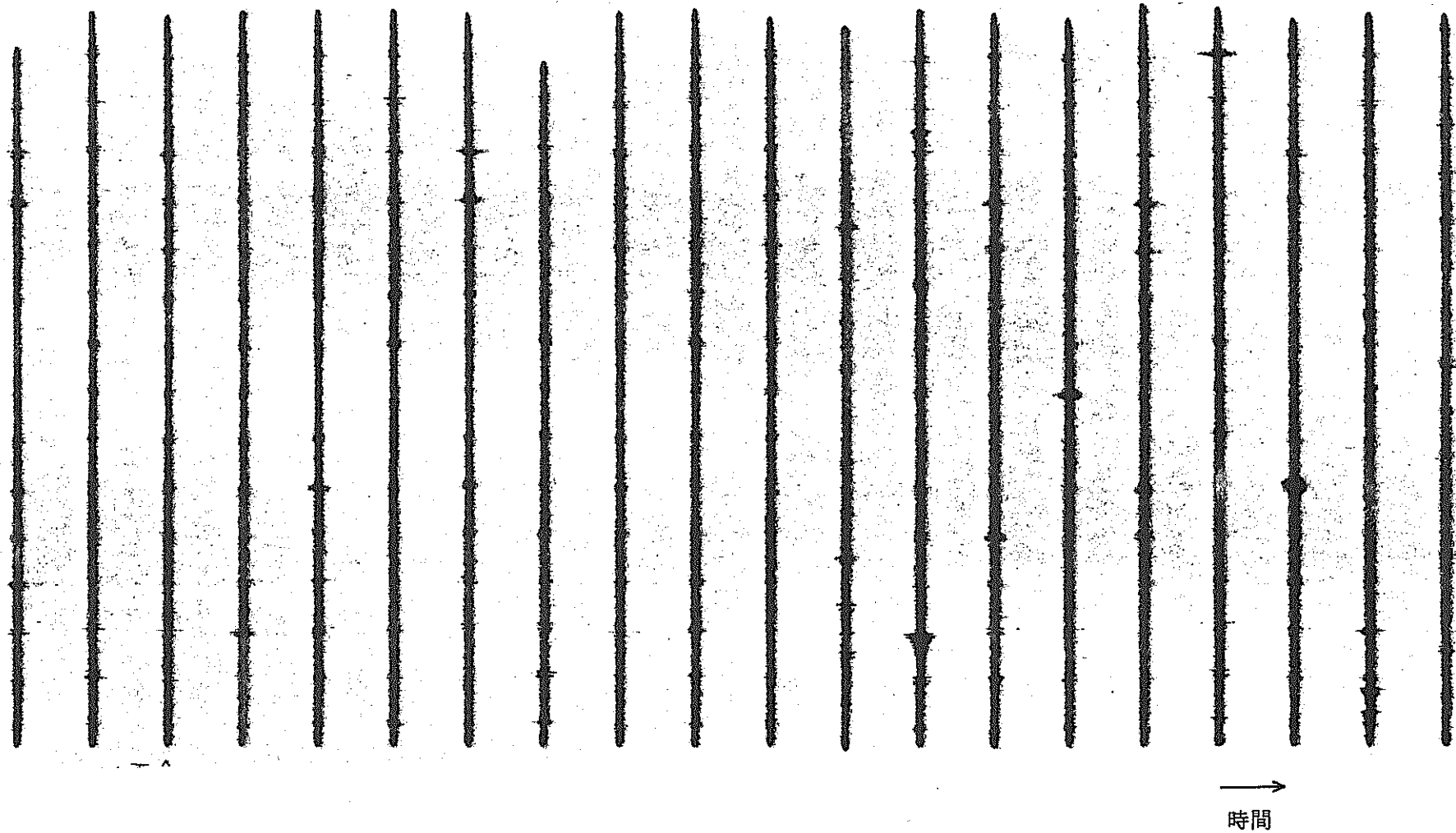
UO₂ ペレット破壊試験時AE信号(No.1)



UO₂ ペレット破壊試験時AE信号 (No. 1)



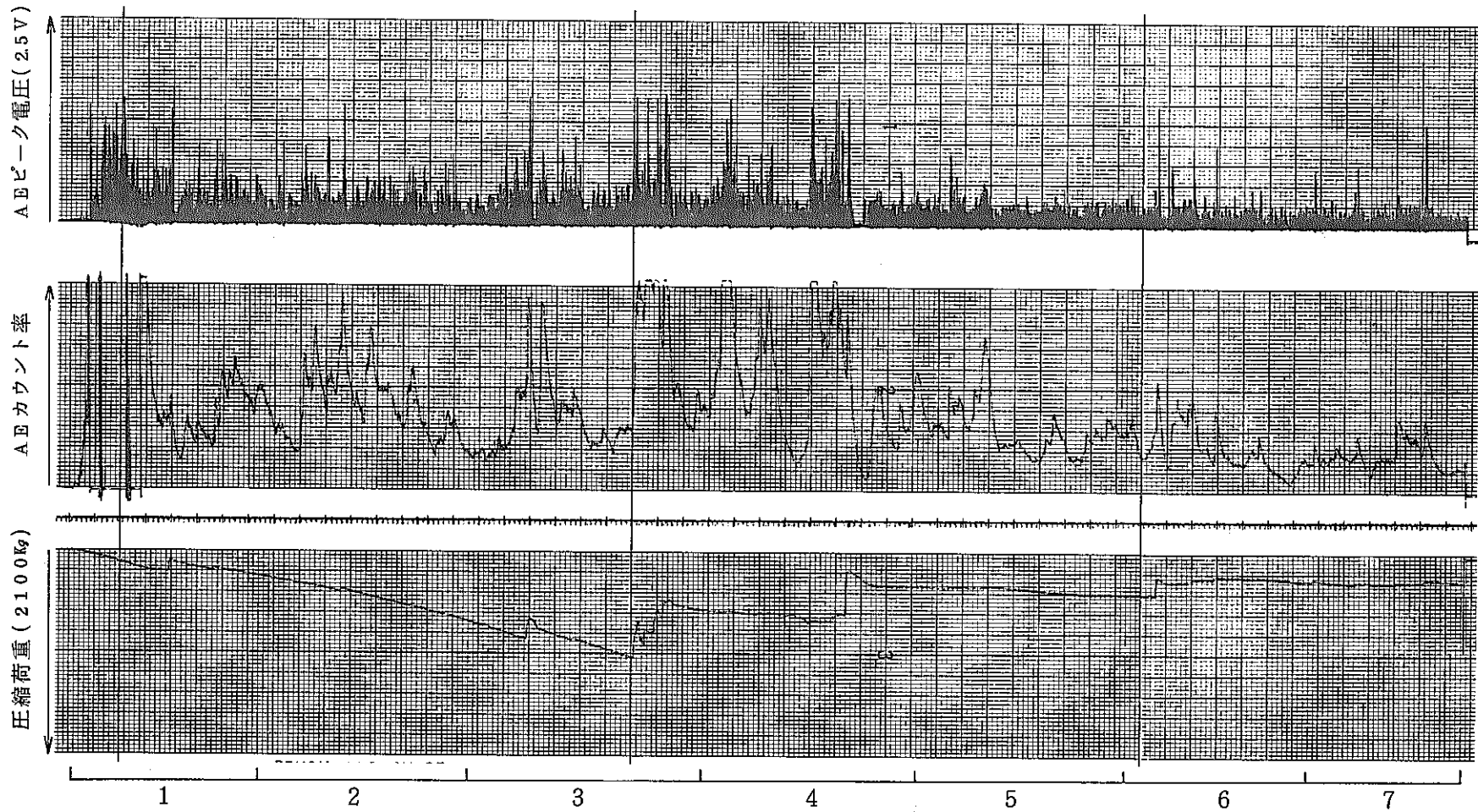
UO₂ ペレット破壊試験時AE信号 (No. 1)



UO₂ ペレット破壊試験時AE信号 (No. 1)

データ集 (4)

UO₂ ペレット破壊試験時 AE 測定再現試験結果



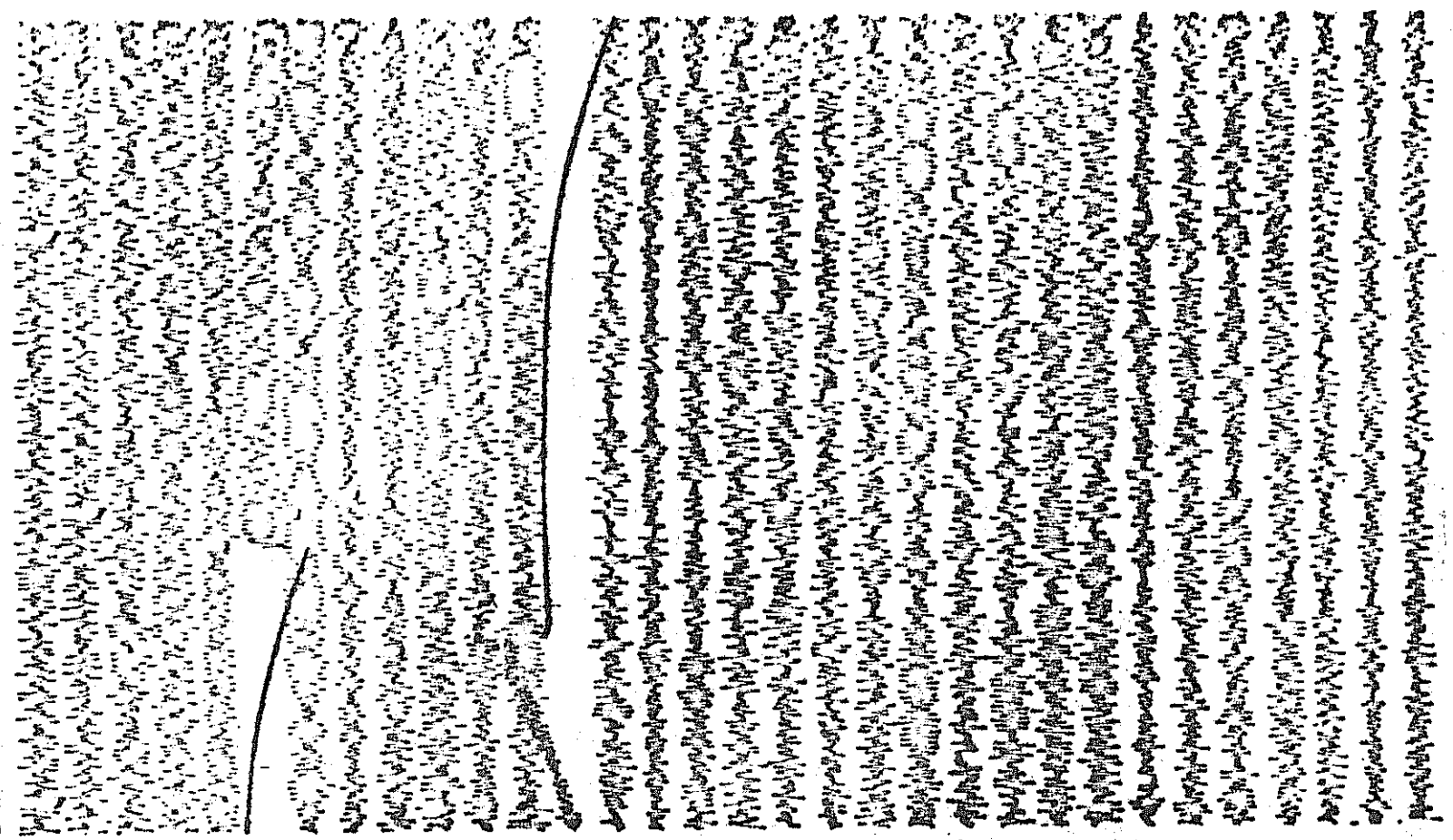
UO₂ペレット破壊試験時AE測定結果 (再現試験)

Th	50→7.2
Ra t l	7
Total	500

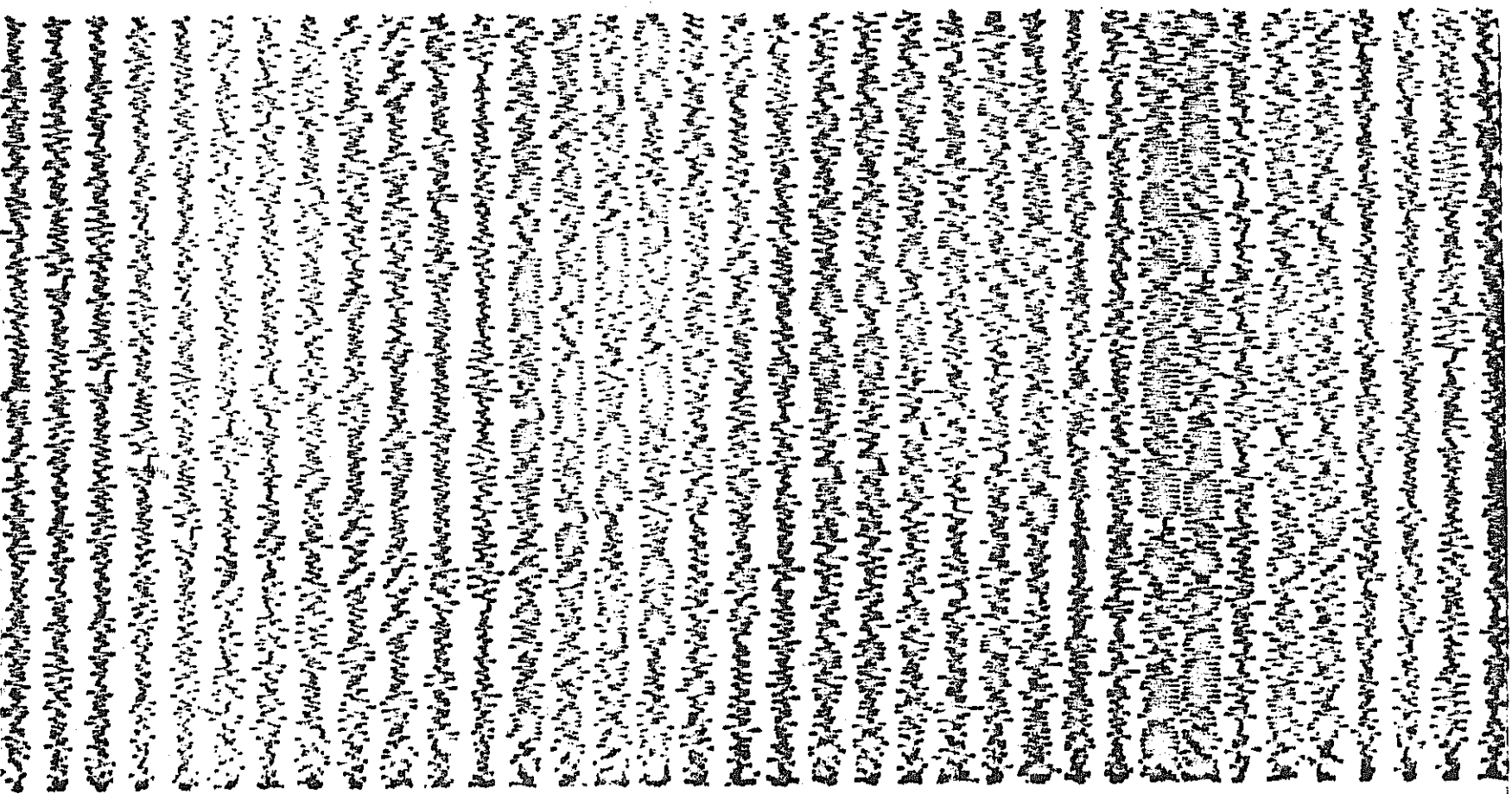
データ集 (5)

UO₂ ペレット破壊試験時 A E 信号波形

(デジタルメモリにより保持された A E 信号波形)

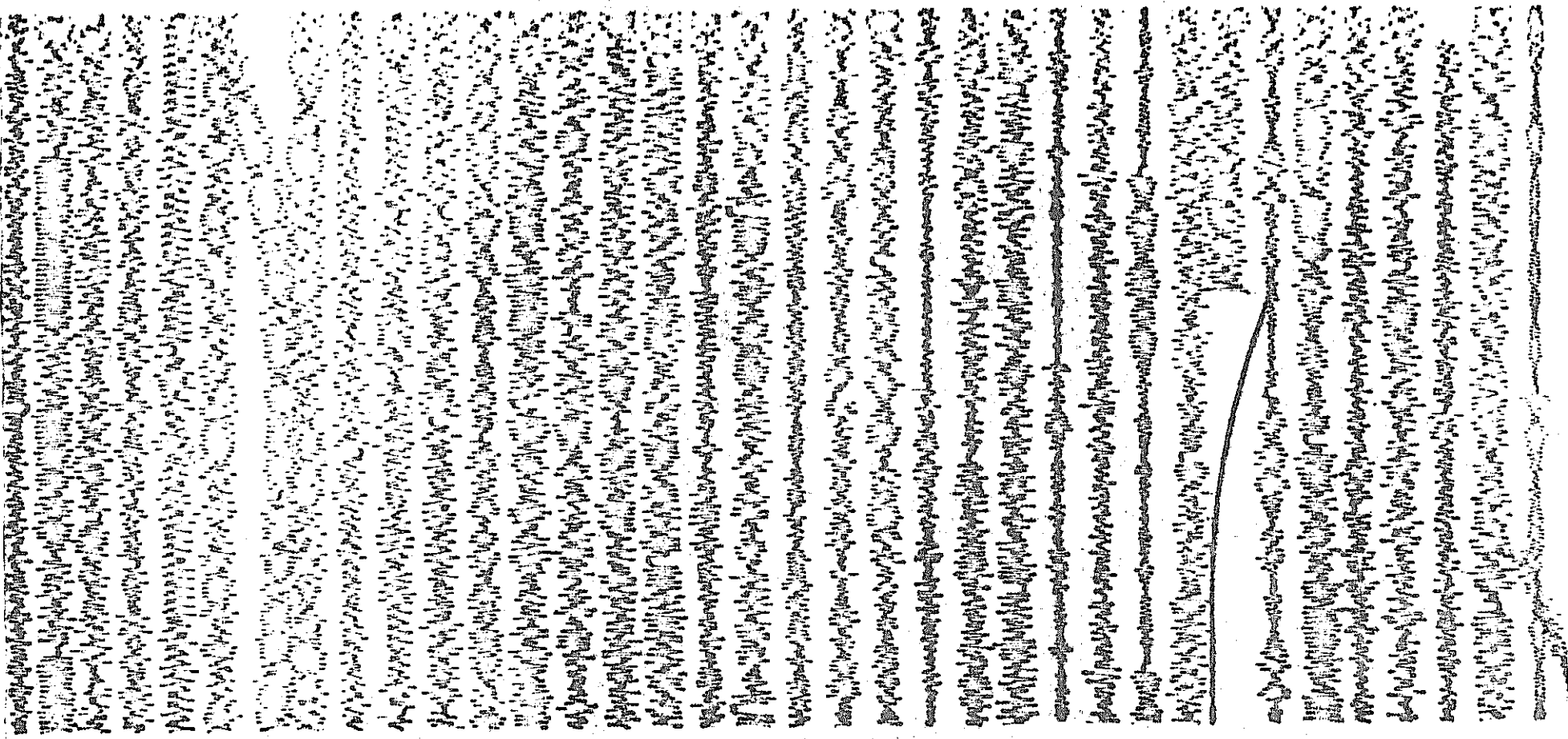


UO₂ ペレット破壊試験時AE波形(再現試験), 1
デジタルメモリにより保持



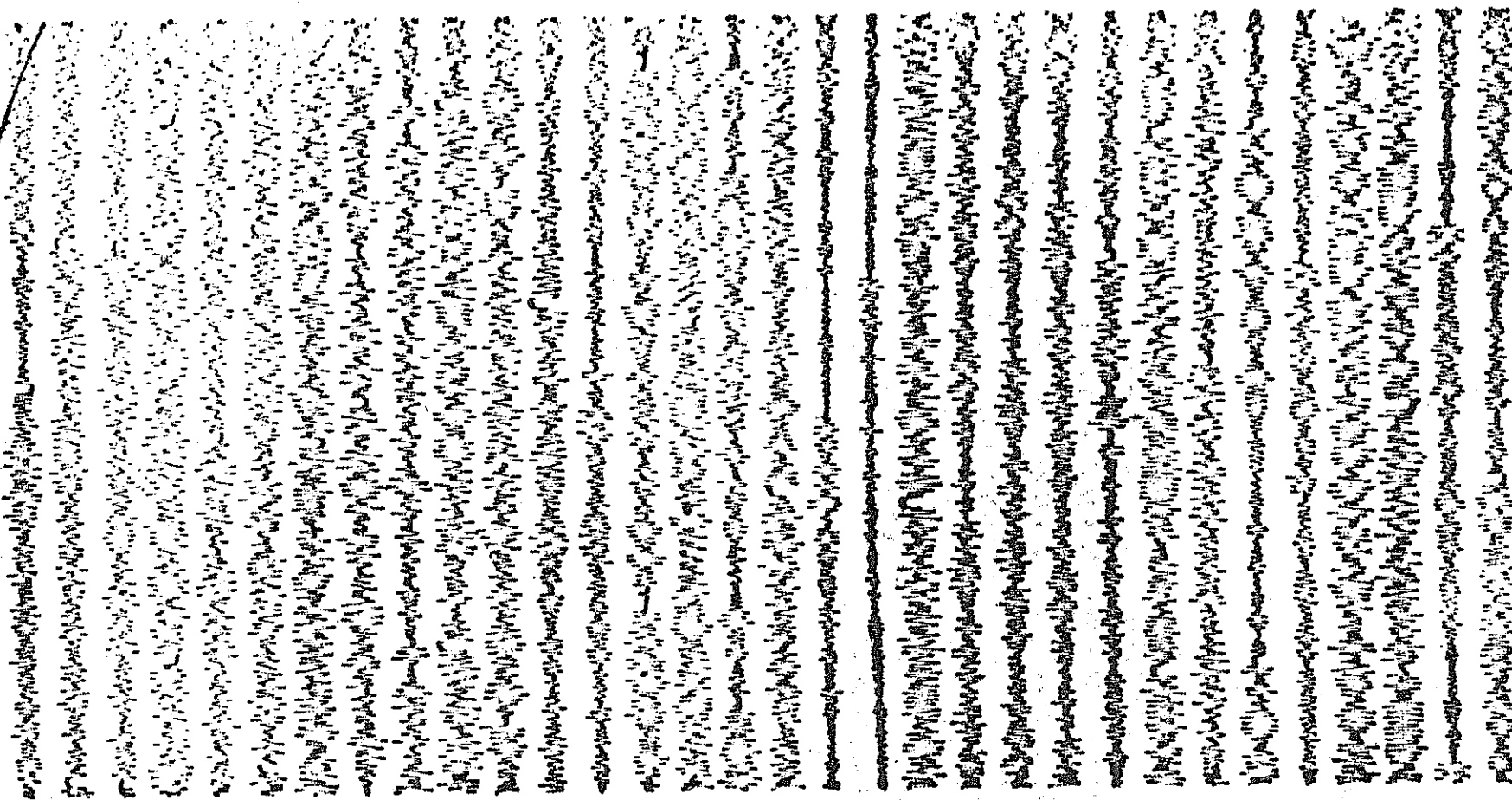
UO₂ ペレット破壊試験時AE波形（再現試験），2

デジタルメモリにより保持



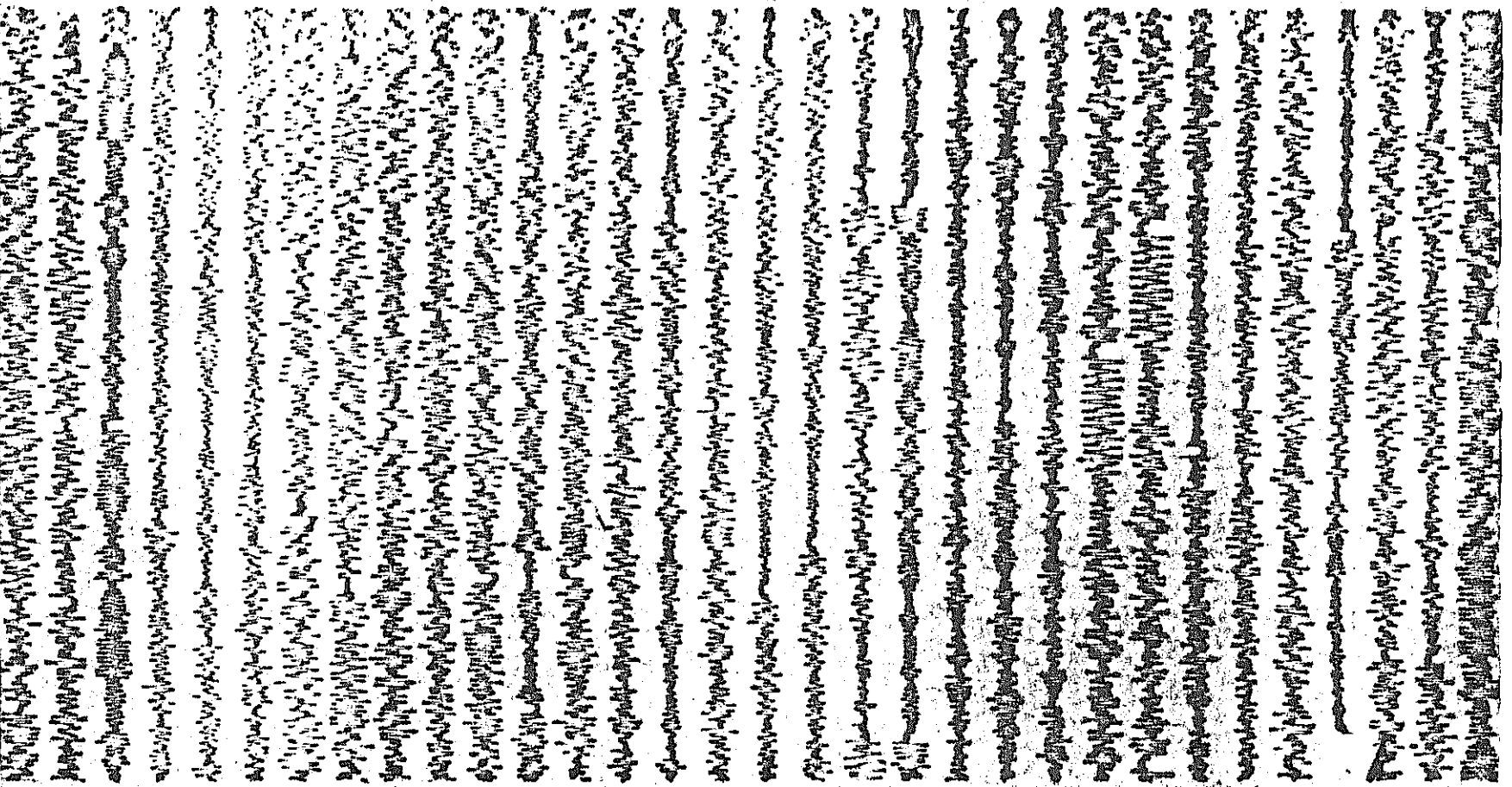
UO₂ ペレット破壊試験時 AE 波形 (再現試験), 3

デジタルメモリにより保持



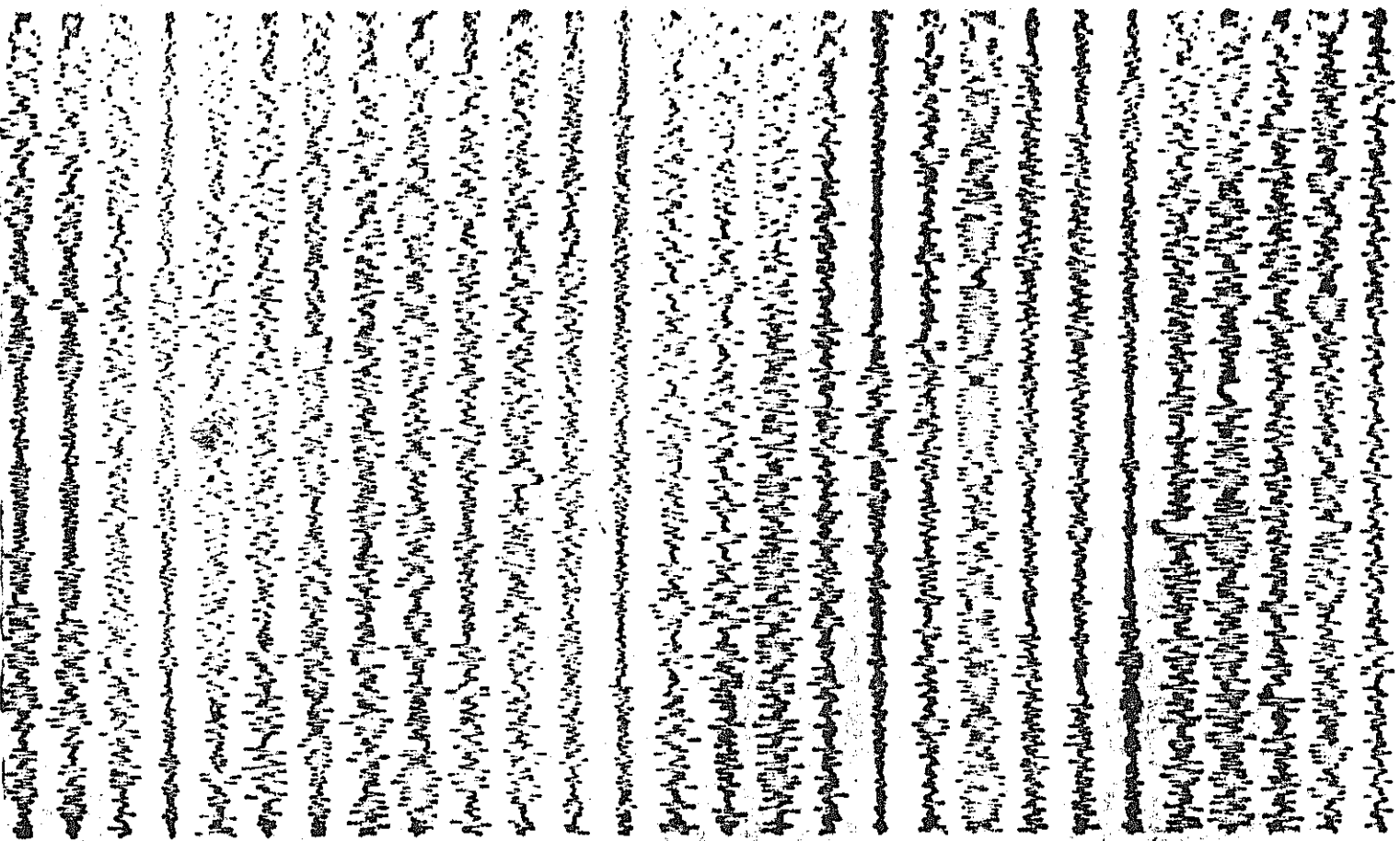
UO₂ ペレット破壊試験時AE波形(再現試験), 4

デジタルメモリにより保持

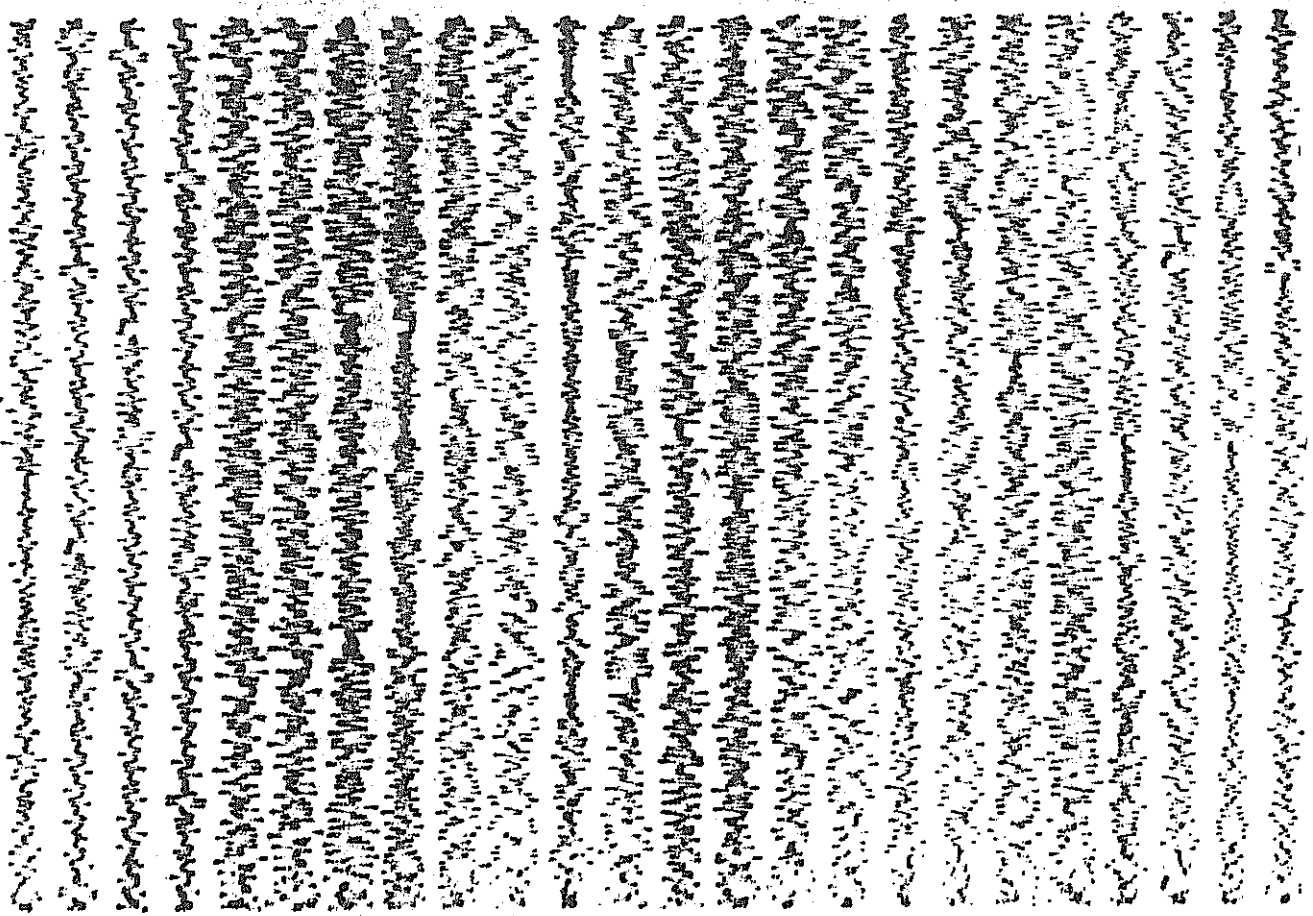


UO₂ ペレット破壊試験時AE波形（再現試験），5

デジタルメモリにより保持



UO₂ ペレット破壊試験時AE波形(再現試験), 6
デジタルメモリにより保持



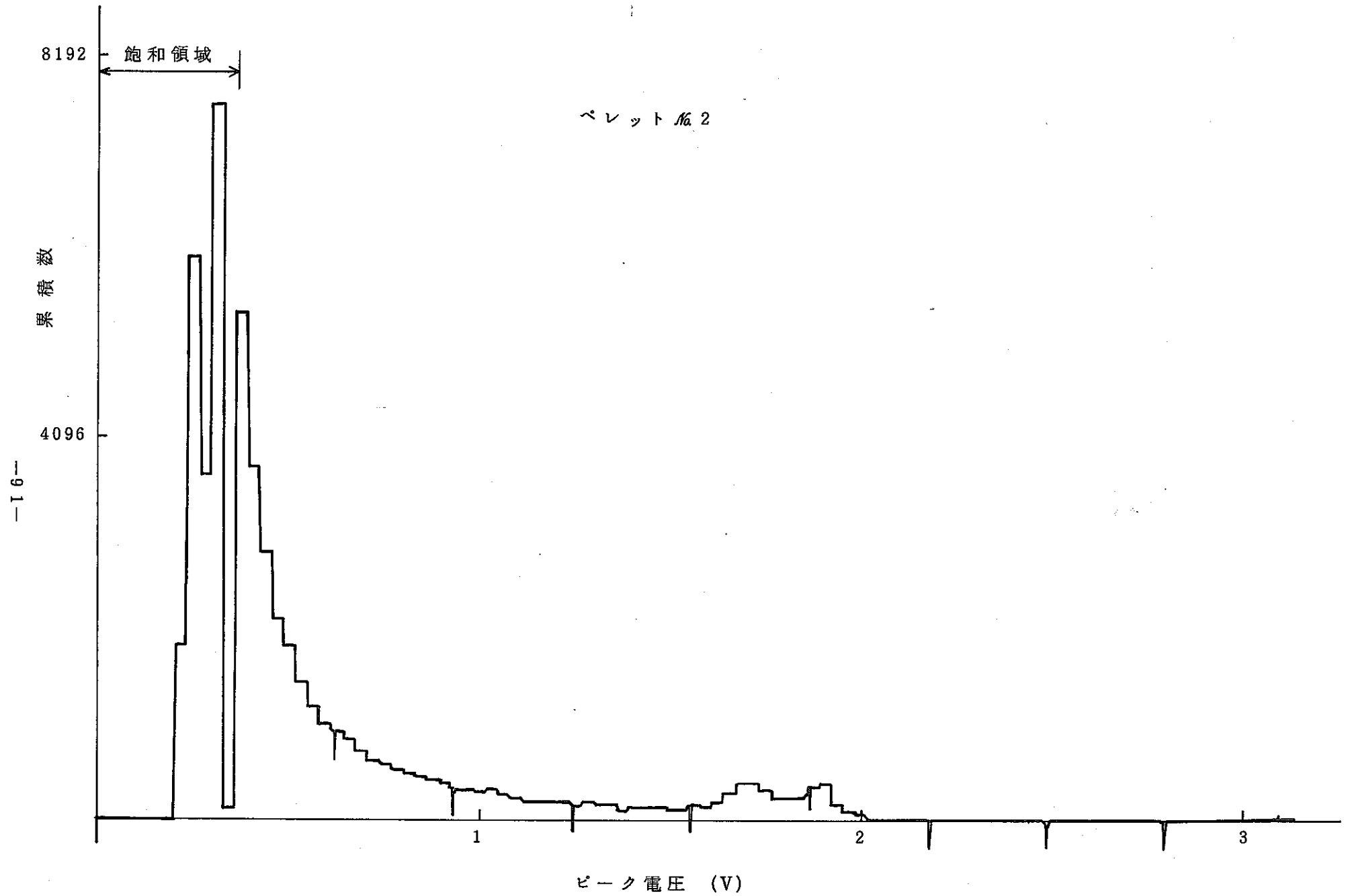
TiO₂ ペレット破壊試験時AE波形（再現試験），7

デジタルメモリにより保持

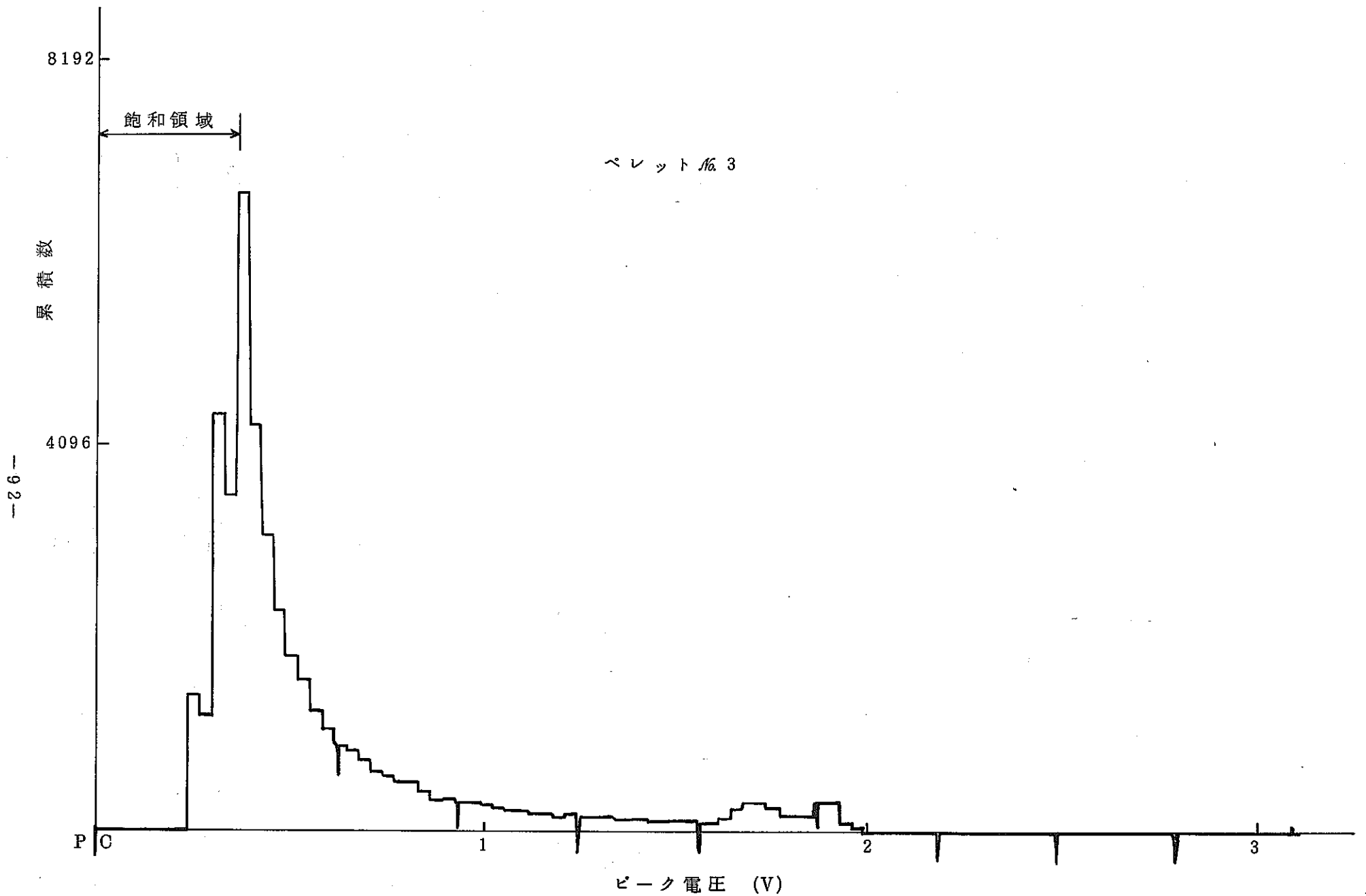
データ集 (6)

UO₂ ペレット破壊試験時 A E 信号ピーク電圧分布

測定再現試験結果



UO₂ ペレット AE 信号ピーク電圧分布



UO₂ ペレットAE信号ピーク電圧分布