

CTL-Dチャンネル加圧試験時AE測定

1978年5月

動力炉・核燃料開発事業団

東海事業所

この資料は、社内における検討・周知を目的

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



T N 841 - 78 - 37

1978年5月24日

CTL-Dチャンネル加圧試験時AE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10月20日～1978年2月28日

目 的 室温におけるCTL-Dチャンネル加圧試験過程のAE測定を行ない、AE法に依るATR圧力管定期検査のための基礎データ集収を目的とする。

要 旨 大洗工学センターのCTL-Dチャンネル水圧試験中のAE測定を行なった。試験は、室温において行なわれ、AEはDチャンネル上、下端夫々において測定された。

測定されたAEは、データレコーダに採録され、試験後に周波数分析等が行なわれた。加圧は、数回繰り返えされたが、およそ130 Kg/cm²に達したところで連続的なAE発生が見られた。

その後の観察により、連続的なAEは極めて微量の水リークに依るものであることがわかった。

周波数分析の結果、第1回目加圧中に得られたAEのピーク周波数は、およそ120 KHZであり、リークに依るAEの最大ピーク周波数は、およそ270KHZであった。

目 次

1	はじめに	1
2	試験方法	2
2.1	AE信号解析装置	2
2.2	被験体	3
2.3	加圧方法	3
2.4	測定方法	3
2.4.1	AE測定	3
2.4.2	AE信号の記録	8
2.5	AE信号解析	8
2.5.1	周波数分析	8
2.5.2	波形観察	8
3	結果及び検討	12
3.1	第1回目加圧試験結果	12
3.1.1	Dチャンネル下端での測定結果	12
3.1.1.1	カウント解析	12
3.1.1.2	原波形の全体再生	12
3.1.1.3	波形及び周波数分析	12
3.1.1.4	AE信号ピーク分布分析	16
3.1.2	Dチャンネル上端での測定結果	29
3.1.2.1	カウント解析	29
3.1.2.2	波形及び周波数分析	35
3.1.2.3	原波形の全体再生	35
3.2	第2回目加圧試験結果	38
3.2.1	Dチャンネル下端での測定結果	38
3.2.1.1	カウント解析	38
3.2.1.2	原波形の全体再生及び周波数分析	38
3.2.2	Dチャンネル上端での測定結果	48
3.2.2.1	カウント解析	48
3.2.2.2	原波形の全体再生	51
3.2.2.3	波形及び周波数分析	51

3.3	第3回目加圧試験結果	51
3.3.1	Dチャンネル上端での測定結果	51
3.3.1.1	カウント解析	51
3.3.1.2	原波形の再生及び周波数分析	57
3.3.2	Dチャンネル上端での測定結果	57
3.3.2.1	カウント解析	57
3.3.2.2	原波形の再生	57
3.4	増締め後の測定	57
4	ま と め	66
5	謝 辞	67
6	文 献	67
7	Appendix	69

1. は じ め に

Acoustic Emission (以下AE) 技術のATR圧力管モニタリングへの応用のためには、小片試験片による圧力管材料のAE特性を十分に理解することと、構造としての圧力管のAE特性を知る必要がある。

本実験は、圧力管が内部に燃料集合体を包蔵した、実際に近い状態において実施されたCTL-Dチャンネルの水圧加圧試験中のAE計測に関するもので、ATR圧力管の定期検査時の手順に対応するAEデータ採取を目的としたものである。

加圧は、手押しポンプにより行なわれ、その圧力は圧力ヘッド及びポンプ圧力計によって測定された。

しかし、データレコーダへの圧力データ記録がうまくいかなかったため圧力のチェックはポンプ圧力計の読みに頼らざるを得なかった。

本試験では、データレコーダに一旦記録したAE信号を再生させることで、大部分のAE解析を行なっているが、これにはたくさんの測定機器を現場まで直接運ぶ必要を、なくするためのひとつの手段を確かめる目的も含まれている。

2. 試 験 方 法

2.1 AE信号解析装置		NORTEC																		
AEセンサ	DZ-210																			
	公称共振周波数 1 MHz																			
フィルタ	442	LOOK LAND																		
	10 KHZ - 1 MHz																			
X-Tレコーダ	MARK-220	BRUSH																		
	チャートスピード 1 mm/sec																			
	記録レンジ 100 mV/div (オンライン測定時)																			
	” ” 50 mV/div (オフライン測定時)																			
X-Yレコーダ	3077	横 河																		
	X = 10 sec/cm Y = 0.2 V/cm																			
デジタルメモリ	DM-701	岩 通																		
CH 1	記録 0.1 μ sec/word, 再生 1 μ sec/word (スペクトル分析時)																			
	再生 100 m sec/word (波形再生時)																			
CH 2	記録 1 μ sec/word, 再生 100 m sec/word (波形再生)																			
デジタル相関計	C-120	TEAC																		
スペクトル 分析時	<table border="0"> <tr><td>アベレージング</td><td>8192</td></tr> <tr><td>サンプリングタイム</td><td>5 μsec</td></tr> <tr><td>入力レンジ</td><td>1 V</td></tr> </table>	アベレージング	8192	サンプリングタイム	5 μ sec	入力レンジ	1 V													
アベレージング	8192																			
サンプリングタイム	5 μ sec																			
入力レンジ	1 V																			
ピーク 分析時	<table border="0"> <tr><td>アベレージング</td><td>64</td></tr> <tr><td>サンプリングタイム</td><td>500 μsec</td></tr> <tr><td>フルスケール</td><td>3 V</td></tr> </table>	アベレージング	64	サンプリングタイム	500 μ sec	フルスケール	3 V													
アベレージング	64																			
サンプリングタイム	500 μ sec																			
フルスケール	3 V																			
スペクトルアナライザ	F-120	TEAC																		
データレコーダ	SAVRE VI	SANGAMO																		
	記録再生速度 60 ips																			
	<table border="0"> <tr><td>校正Vと記録内容</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>CH 1 (FM)</td><td>5V</td><td>圧力</td></tr> <tr><td>CH 2 (FM)</td><td>5V</td><td>AE累積カウント</td></tr> <tr><td>CH 3 (FM)</td><td>5V</td><td>カウント率</td></tr> <tr><td>CH 5 (DR)</td><td>2V (P-P)</td><td>AE信号 Dチャンネル上部</td></tr> <tr><td>CH 7 (DR)</td><td>2V (P-P)</td><td>” ” 下部</td></tr> </table>	校正Vと記録内容			CH 1 (FM)	5V	圧力	CH 2 (FM)	5V	AE累積カウント	CH 3 (FM)	5V	カウント率	CH 5 (DR)	2V (P-P)	AE信号 Dチャンネル上部	CH 7 (DR)	2V (P-P)	” ” 下部	
校正Vと記録内容																				
CH 1 (FM)	5V	圧力																		
CH 2 (FM)	5V	AE累積カウント																		
CH 3 (FM)	5V	カウント率																		
CH 5 (DR)	2V (P-P)	AE信号 Dチャンネル上部																		
CH 7 (DR)	2V (P-P)	” ” 下部																		

AE測定装置	ダネガン3000シリーズ	DUNEGAN
	CH A ゲイン 49 dB	TOTAL COUNT (RINGDOWN)
	CH B " "	COUNT RATE (0.1 sec RESET)
高速レコーダ	1806A	HANEYWELL
	記録レンジ	0.5 V/cm
	チャートスピード	0.25 cm/sec , 2.5 cm/sec , 5 cm/sec

図1に、測定時及び再生時の装置間結線を示す。

写真1に、測定装置を示す。

2.2 被験体

測定対象は、「ふげん」の運転状態を模擬した、コンポーネント・テスト・ループ (CTL 大洗工学センター) Dチャンネルである。

全長約 9.5 m のDチャンネルの様子を写真2に示す。

本チャンネル内には、模擬燃料集合体が装荷されており、その燃料ピンの崩壊をさけるため 150 Kg/cm² が最高圧力として予定された。

図2に、Dチャンネルの主要部を示す。

今回の測定は、圧力管を対象としたものであるが、図2より明らかなように圧力管に直接 AE センサを取りつけることが保温材やカランドリア管に、じゃまされて出来なかったため AE センサは、上・下延長管夫々の終端部に取り付けなければならなかった。

AE センサの取り付けは、感度を良くするため、エポキシ系接着剤で直接、接着する方法をとった。2つのセンサ間隔は、Dチャンネルのほぼ全長に相当する 9.5 m となった。

写真3に、上部延長管に取り付けたAEセンサ、写真4に下部延長管に取り付けたAEセンサの様子を示す。ここでは、それぞれを「上端」「下端」と呼ぶことにした。

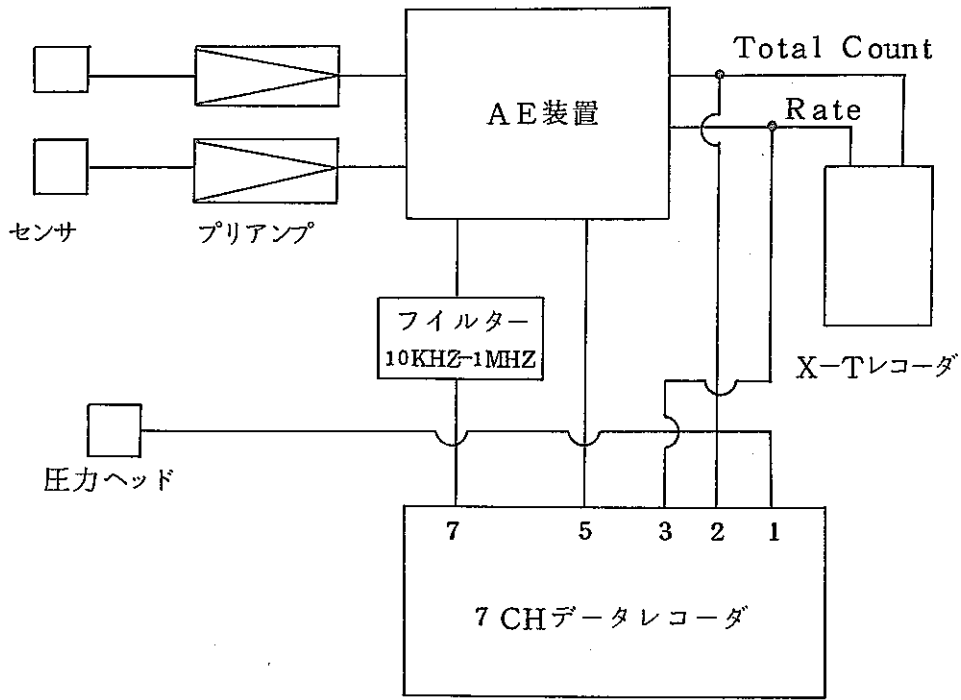
2.3 加圧方法

加圧は、水を媒体として図2において、矢印で示された部分から行なった。使用したポンプを写真5に示す。加圧試験は、数回にわたって繰り返えされた。

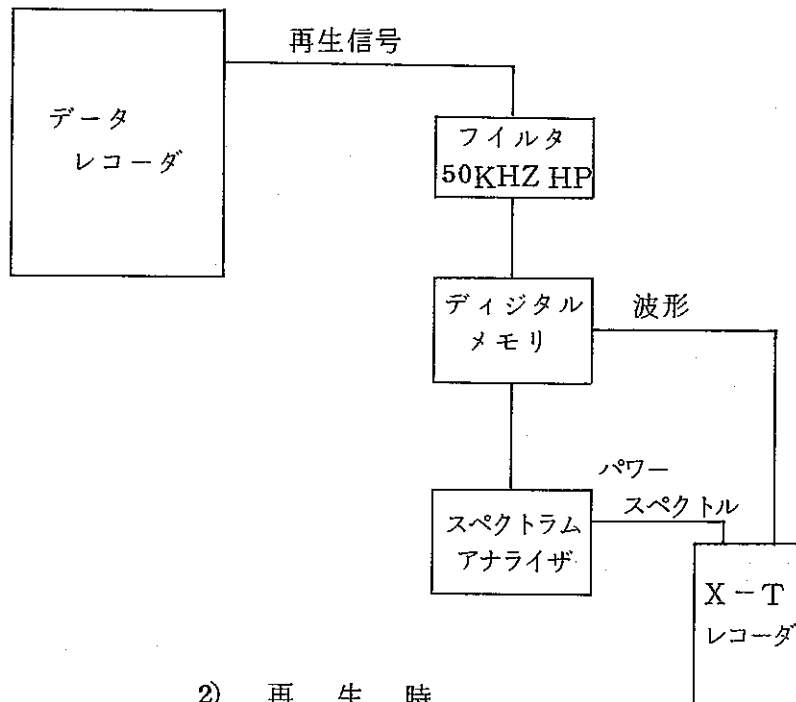
2.4 測定方法

2.4.1 AE測定

AE測定は昇圧の全過程、および降圧過程の1部について行なわれ、下端からのAE信号



1) 測定時



2) 再生時

図1 CTL-AE測定ブロック図

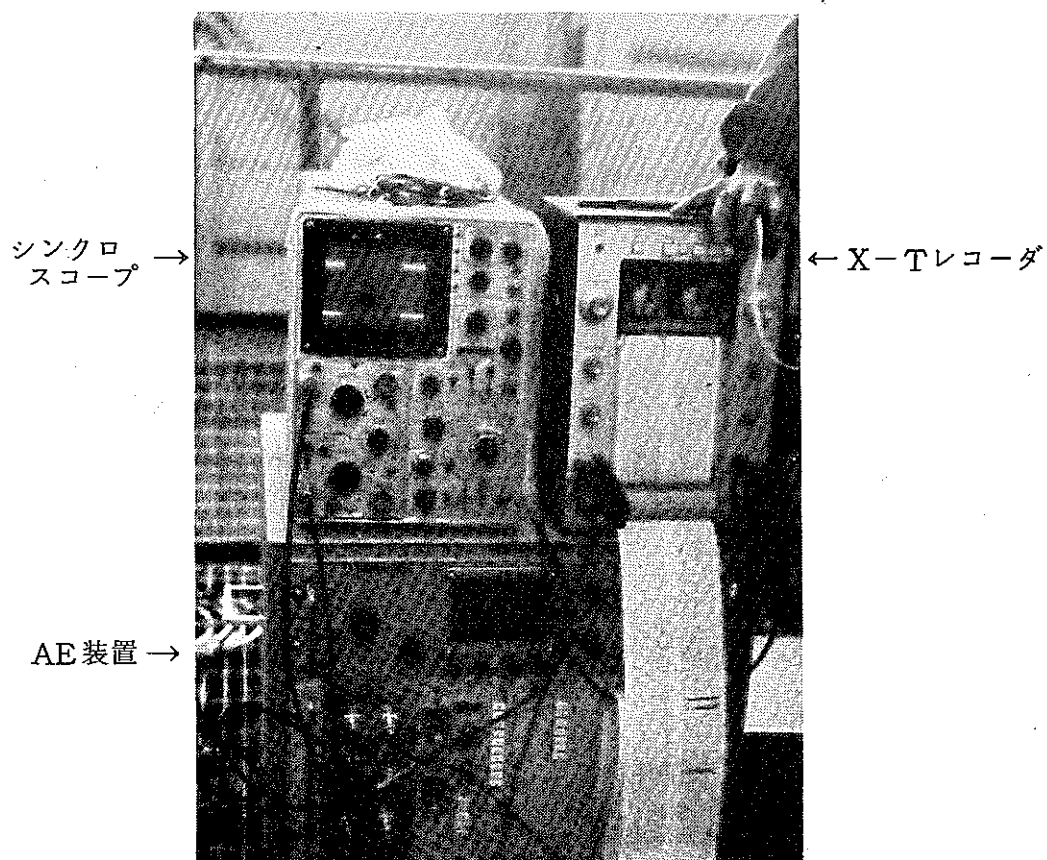
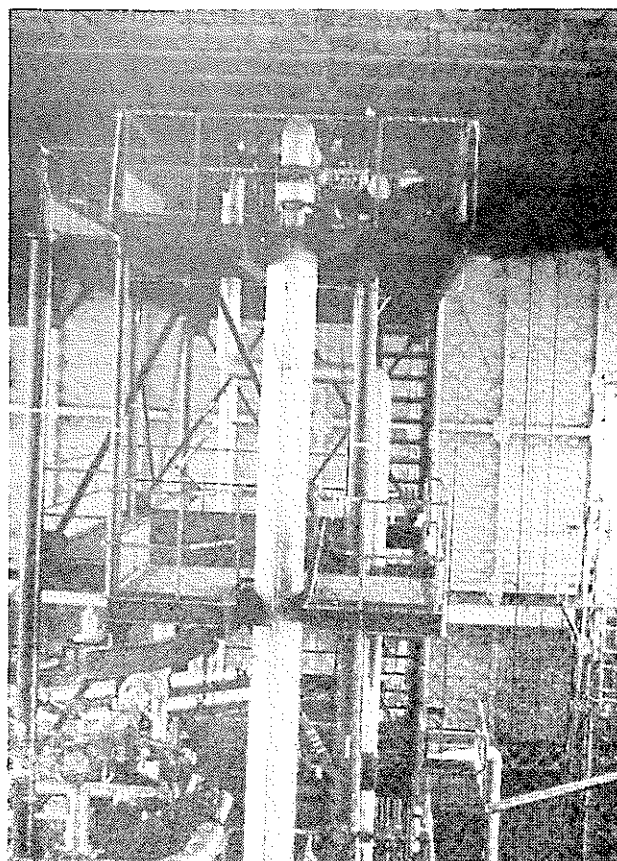
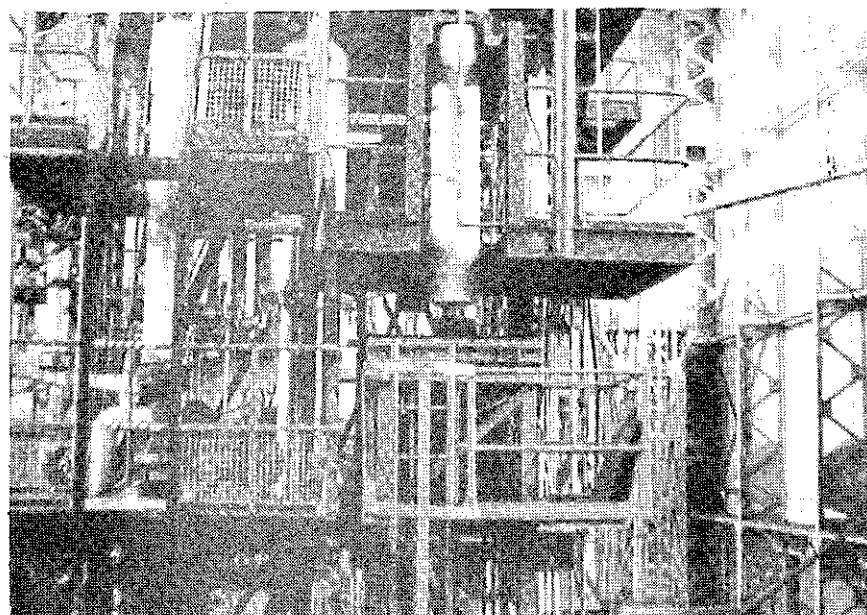


写真1 AE測定装置



上 部



下 部

写真2 CTL-D チャンネル

についてのAE累積カウント及びAEカウント率がオンラインで出力された。

ここで使用したAE測定装置は、デジタル化されたものであるためカウンタのアナログ出力有効桁数が3桁と限られている。

今回の測定においては、AE発生の状態が非常に大きく変動したため、そのつど出力レベルが適当となるように、桁をかえてやらなければならなかった。

なお、上端から発生したAEについては、試験後データレコーダの再生信号をAE測定装置に入力し、カウント解析させることで整理を行なった。

2.4.2 AE信号の記録

加圧中に得られたAE信号は、後日の解析とデータ保存のためデータレコーダに記録された。データレコーダは、特に周波数特性の良いものを使い、できるだけ原信号を忠実に記録できるよう配慮した。このため、記録速度は60 ipsとし周波数範囲400HZ - 1MHzが、カバーできるようにした。

データレコーダは、7つのトラックを持ちその内3CHがFMモード、4CHが直接記録(以下DR)モードで使用できる。今回は、FMモードの3CHにAE累積カウント、AEカウント率、圧力を記録し、DRモードの2CHには、Dチャンネルの上端及び下端からのAE信号を記録した。

2.5 AE信号解析

2.5.1 周波数分析

AE信号の解析のひとつとして、周波数分析が行なわれる。このための信号再生では、オンラインで記録されたAEカウント率のチャートを信号発生マップとして使用した。再生された信号は一旦、デジタルメモリに書き込まれ、これから繰り返し再生された。このようにデジタルメモリを使用することは、周波数分析の精度を上げるための繰り返し再生と、波形の観察・記録のため必要なことであった。

また、周波数分析はバースト型のAE信号だけでなく、加圧試験中に発生した連続型信号についても行なった。周波数分析では、TEAC製の相関関数計算装置と、フーリエ変換装置の組み合わせを使用した。その周波数範囲はDCから500kHz一定とした。

周波数分析結果はリニアスケールとログスケールの両方法で示したが、これはリニアスケールでピーク周波数を、ログスケールで周波数の分布を見るためである。尚、両スケールとも縦軸は自由目盛である。

2.5.2 波形観察

発生したAE信号の波形を観察した。

今回は、2つの方法によりAE信号の波形再生記録を行なって観察した。

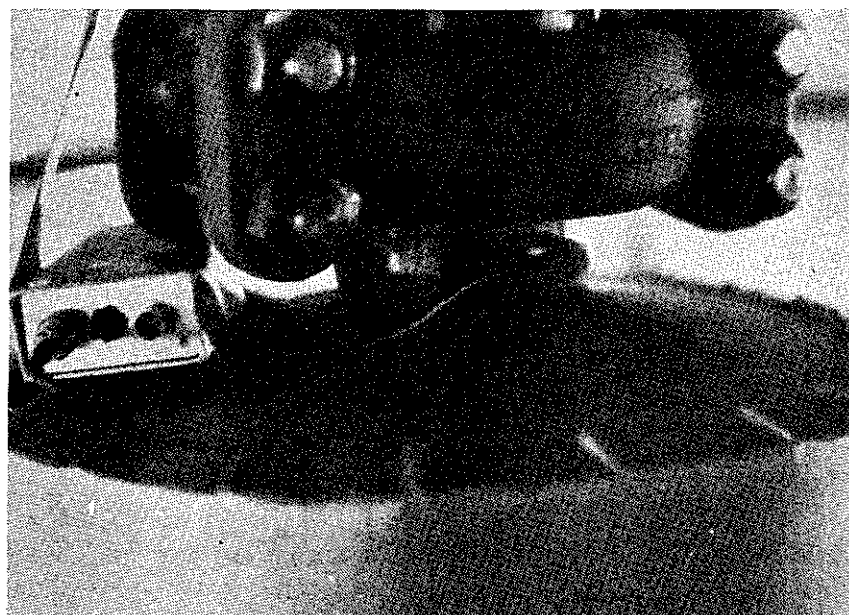
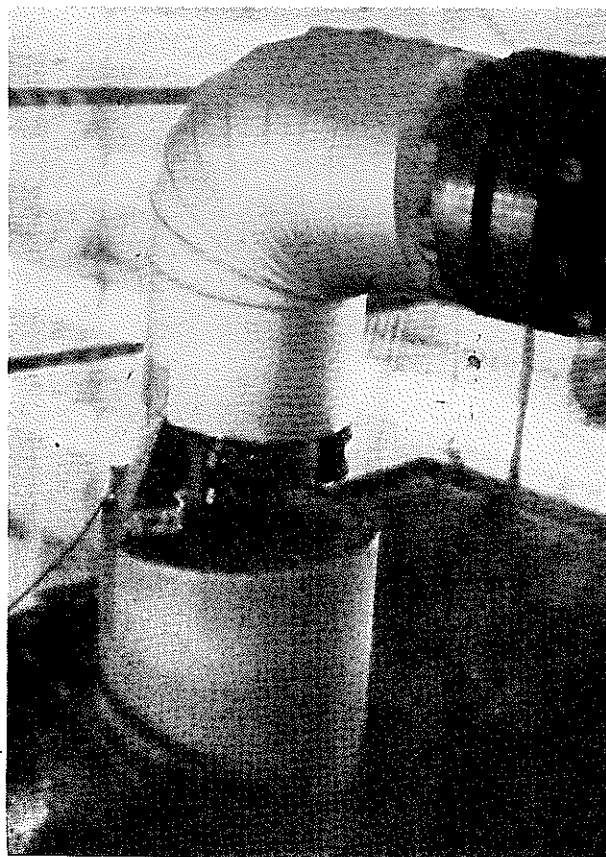


写真3 上端へのAEセンサ取り付けの様子

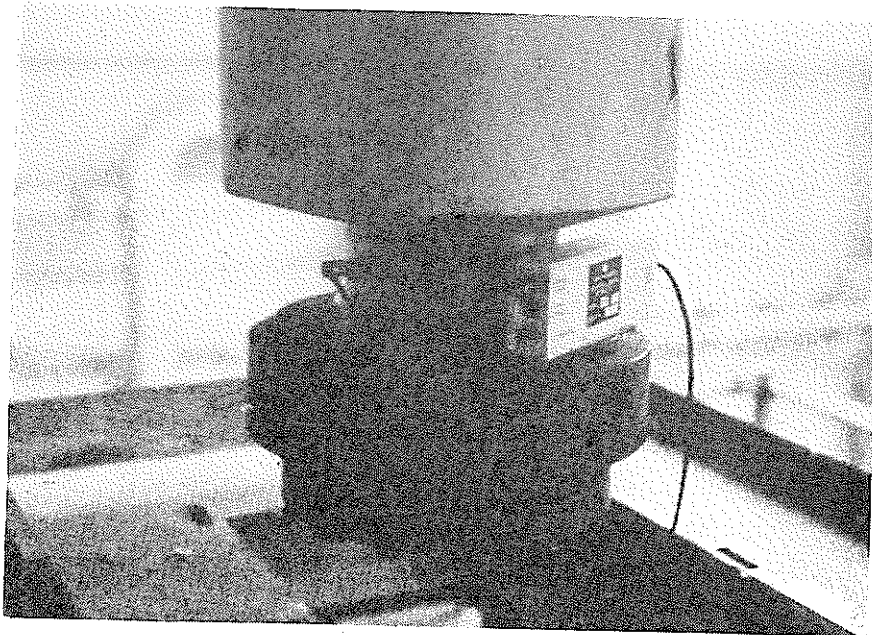


写真4 下端へのAEセンサ取り付けの様子

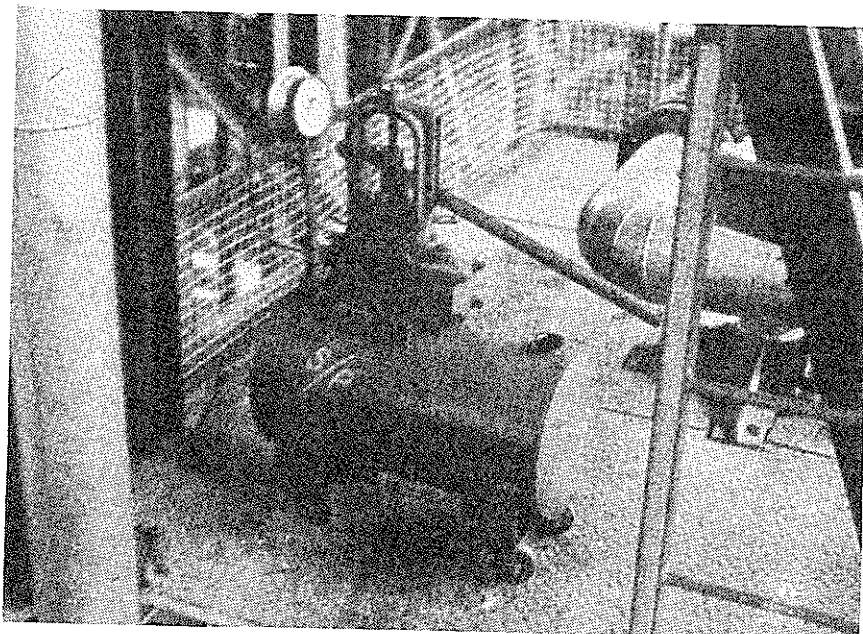


写真5 加圧ポンプ

すなわち、2.5.1で示したデジタルメモリを使用した方法と高速度レコーダを用いた方法である。これは、前者はひとつひとつの波形を詳細に検討するのに適しているが、膨大なAE発生があった場合や、連続型AEについては、非常な手間を必要とする欠点があるのに対し、後者は特定の信号について個別に観察することは困難であるが、特に連続型等には有効な方法であるため、採用した。

3. 結果及び検討

3.1 第1回目加圧試験結果

3.1.1 Dチャンネル下端での測定結果

3.1.1.1 カウント解析

図3に第1回目加圧試験で得られたAEのオンライン計測データを示す。第1回目加圧には数回の昇圧中断を含んでいるが、図では見易くするため中断部を切りつめてある。上段は累積カウントであり、下段はそれを0.1 secでリセットして得たカウント率である。

また、図中にポンプの圧力計読みを示した。

カウント率のチャート中に打たれた番号は、後に示される波形再生および周波数分析に供した信号を示すものである。図より明らかなように圧力100 Kg/cm²到達直前および110 Kg/cm²直前でかなりまとまったAE発生があった。しかし、これらのAEは後に示される直接再生の結果からも明らかなように、すべてバースト型であった。

圧力は最高126 Kg/cm²までかけられたが、最大圧力付近のAE発生に特別な徴候はみられなかった。図4に40 Kg/cm²付近まで記録できた圧力線図とそれまでに発生したAEカウント率を示す。図より明らかなように、圧力停滞期間のAE発生はほとんどなかった。

3.1.1.2 原波形の全体再生

周波数特性の良い高速度レコーダを用いて、データレコーダに記録した原信号の再生を行なった。これは、発生したAEがバースト型であるか連続型であるかを決定するうえで重要なことである。なんとなれば、今回の試験において水漏れと思われるようなAEの多発が散見されたため高速レコーダを用いて両タイプの区別を行う必要が生じたからである。図5に、第1回目加圧試験中に得られたAE信号の再生結果を示す。チャートが長くなってしまったので、ここでは5枚に分けて示すことにした。

図より明らかなように、第1回目加圧試験中に得られたAE信号はすべてバースト型であった。特に圧力が100 Kg/cm²付近で起った大量のAE発生は、図5-4及び5-5で明らかなように、バースト型によるものであることが分った。

また、図3との比較からカウント率が信号振幅に、ほぼ比例することが分り、リングダウンカウント方式と振幅値との比例関係がここからも確認された。

3.1.1.3 波形及び周波数分析

第1回加圧中に得られたAE信号個々の波形及び、その周波数分析を行なった。このような分析は、30数点にわたって行なわれたため全データを示すのは煩雑である

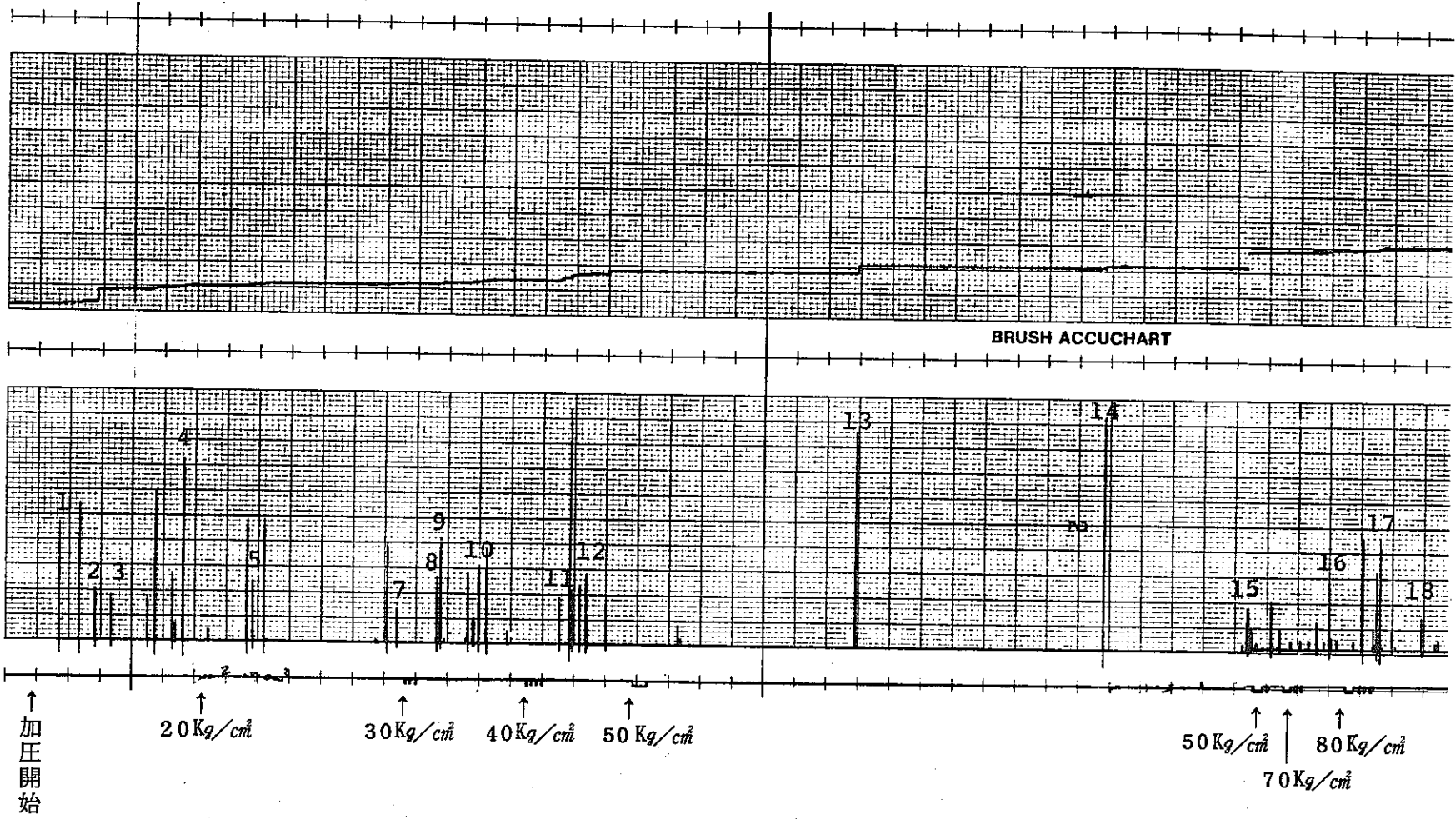


図3-1 第1回目加压時AE測定結果

上段 累積カウント

下段 カウント率 (0.1 secリセット)

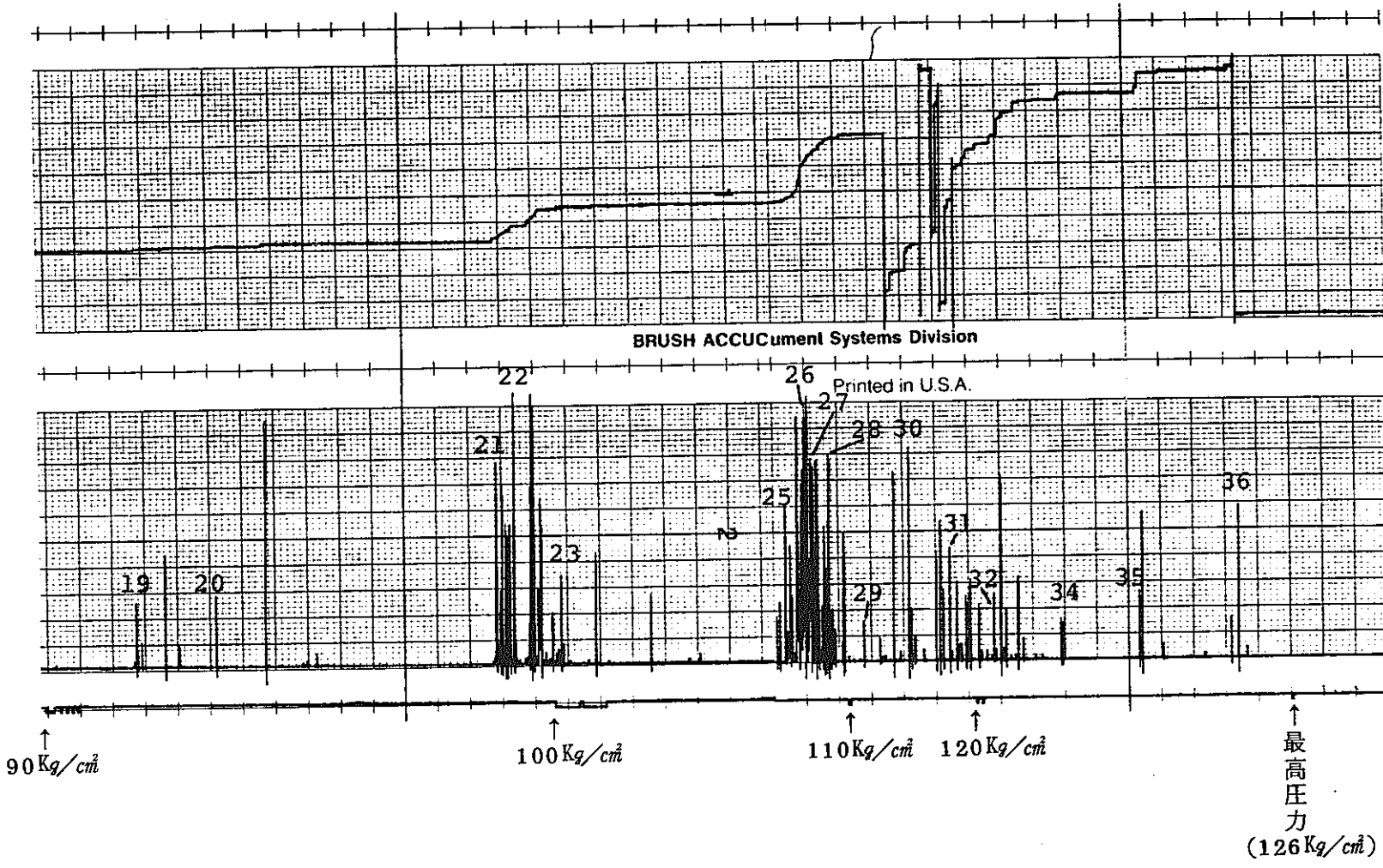
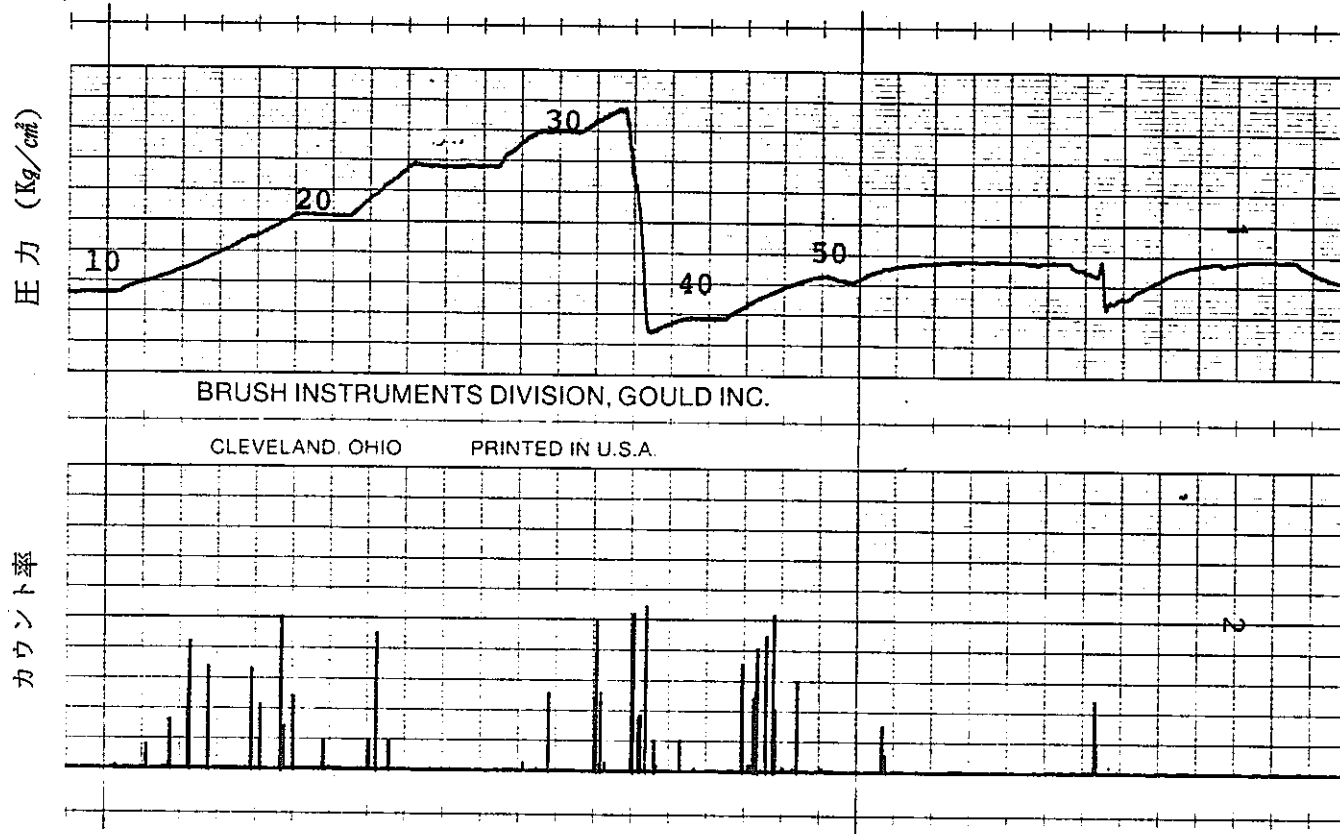


図 3-2 第 1 回目加圧 A E 測定結果
 上段 累積カウント
 下段 カウント率 (0.1 sec リセット)



BRUSH INSTRUMENTS DIVISION, GOULD INC.

CLEVELAND, OHIO PRINTED IN U.S.A.

図4 圧力記録例 (30 数 Kg/cm^2 以上の圧力で記録がおかしくなっている)

上段 圧力記録例

下段 第1回目加圧時カウント率 (0.1 secリセット)

ので、ここでは適当な数点に限って説明することにし、残りはAppendix に示す。

図6～9に加圧中に発生したAEの波形及びそのパワースペクトル例を示す。図には、圧力の概数を記しておいた。

波形は全体の様子をとらえるため、サンプリングタイム $1\mu\text{sec}/\text{word}$ のものと、周波数分析のため $0.1\mu\text{sec}/\text{word}$ でサンプリングしたものの2種類とした。また、周波数分析結果もリニアスケールとログスケールの2つで示した。

これは、リニアスケールを用いるとピーク周波数は良く読みとれる。けれども装置のダイナミックレンジが、20 dBと小さいため信号の大きさによって装置の倍率を変更せねばならず、一定測定条件で周波数分析を行うことが困難であったためである。

このような理由から、ログスケールは装置倍率128倍一定として測定した結果を得るのに使用された。これら4枚の図の比較から明らかなように、波形に大きな相異は見られなかったがリングダウンは非常に長く、例えば、マルエージング鋼破壊時のAEに比べ5倍以上にもなるとみられるものが多発していた。

周波数分析結果は、かなり狭いバンド幅に集中する傾向を示した(図6.8等)が中には広く分布するものもみられた(図7.9)。

しかし、夫々の分布が示したピーク周波数は、どの場合もほとんど同じ値となった。すなわち、105KHZ、120KHZ、270KHZ等である。夫々の図における主なピーク周波数は図中で示すとおりである。

最大ピーク周波数と試験経過の関係を調べた。この場合の試験経過を示すパラメータとしては前述のように、圧力が使用できなかったためここでは、図3における加圧開始時点からのチャート長さを用いた。図10にその結果を示す。

また、図10にはポンプの圧力指示値も同時に示した。図より明らかなような圧力が、 $50\text{Kg}/\text{cm}^2$ から $90\text{Kg}/\text{cm}^2$ の範囲で著しい最大ピーク周波数の増大が起っている。この範囲内にある信号の例は、図7に示されている。 $90\text{Kg}/\text{cm}^2$ の圧力を越えてからは、 $50\text{Kg}/\text{cm}^2$ 以下でのピーク周波数よりやや高い120KHZ程度の最大ピーク周波数を示すものが多くなり、さらに高くなる傾向を示した。このような、圧力に伴って起るAE信号の最大ピーク周波数変動の原因を明らかにすることはできなかった。

図11に、マルエージング鋼片端切欠引張試験時のAE信号周波数分布⁽¹⁾を例示する。また、Zr-2.5Nbの片端切欠引張試験時のAE信号周波数分析結果⁽²⁾を図12に例示する。3つの図の比較より明らかなように、今回の試験で得られた周波数分析の結果は、比較的低い周波数成分を持っていることを示していた。

3.1.1.4 AE信号ピーク分布測定

第1回目加圧中に発生したAE信号のピーク分布測定をデータレコーダの再生信号に

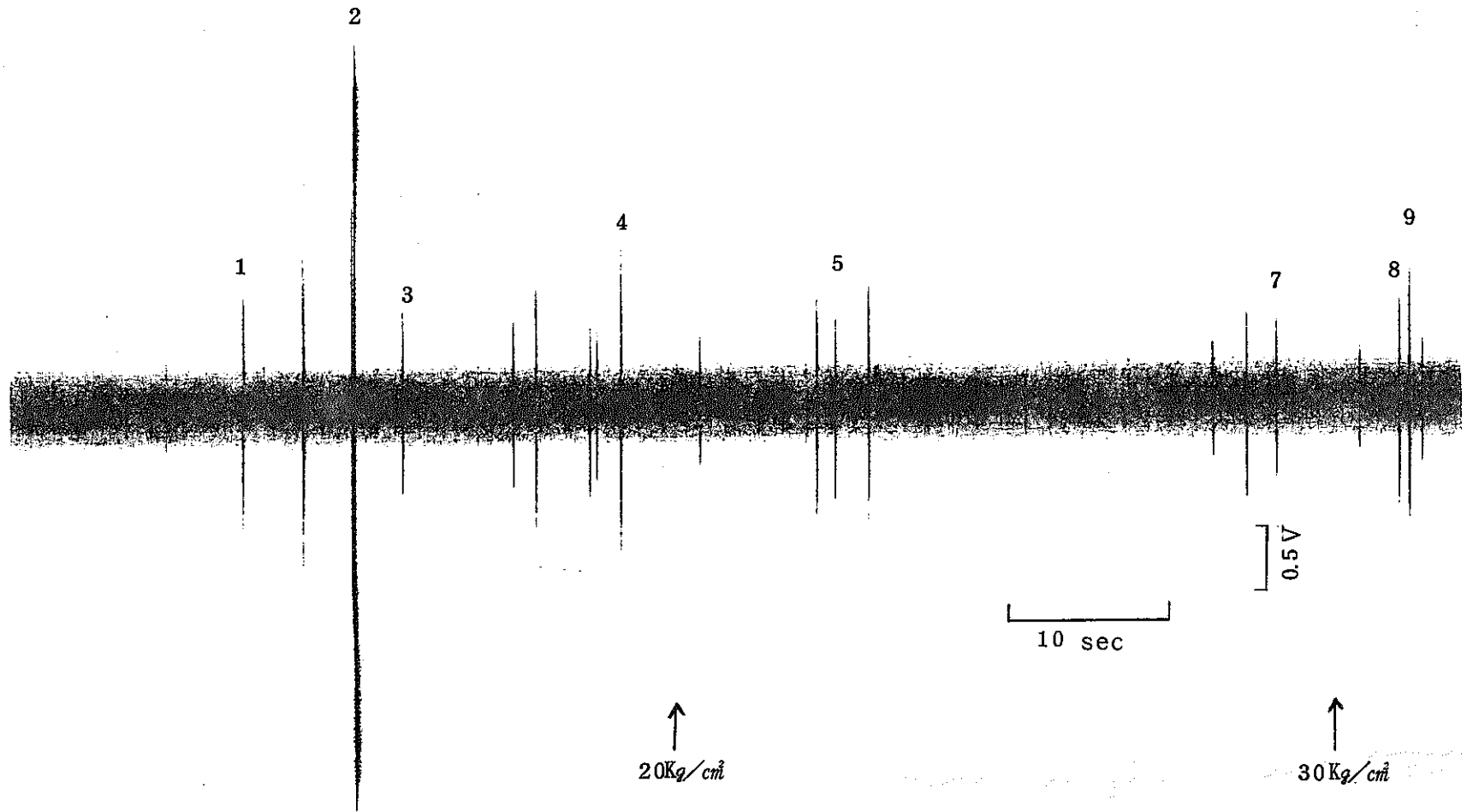


図5-1 第1回目加圧中に発生したAE信号(下端)
5 KHZ ハイパス

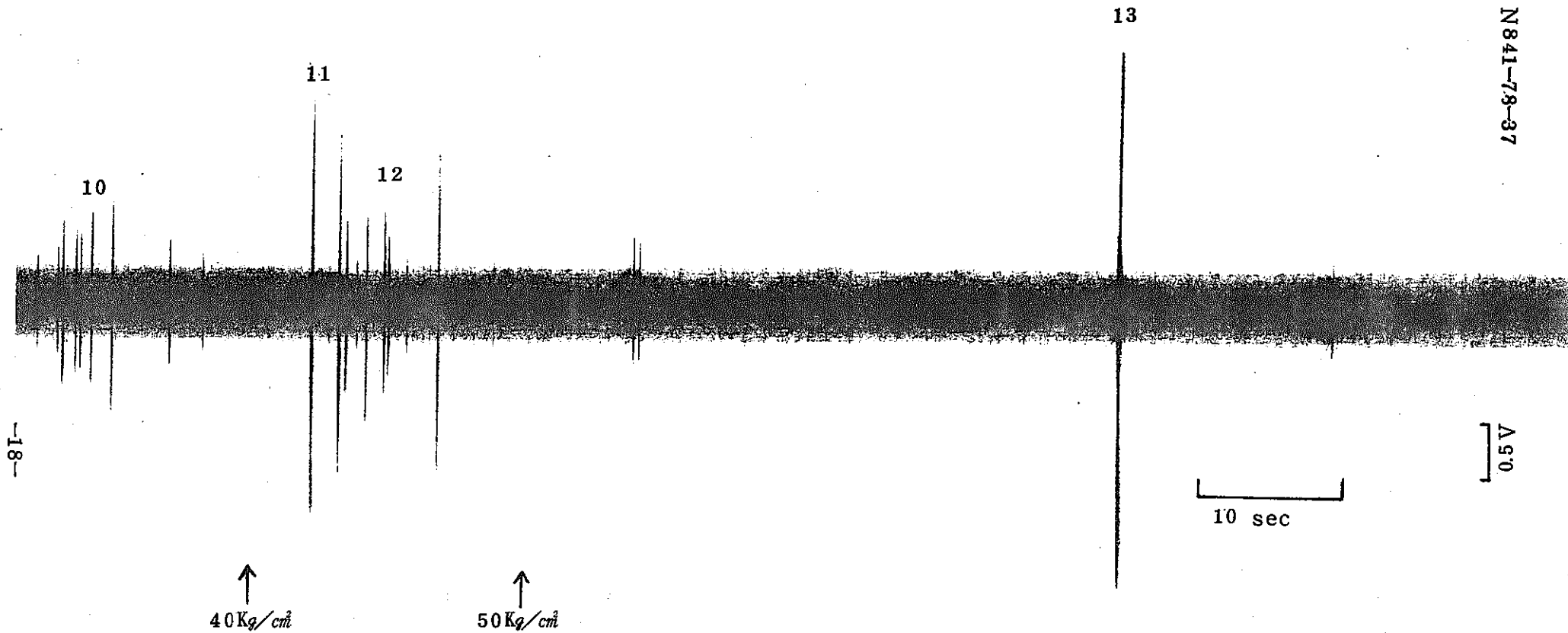


図5-2 第1回目加圧中に発生したAE信号(下端)
5KHZハイパス

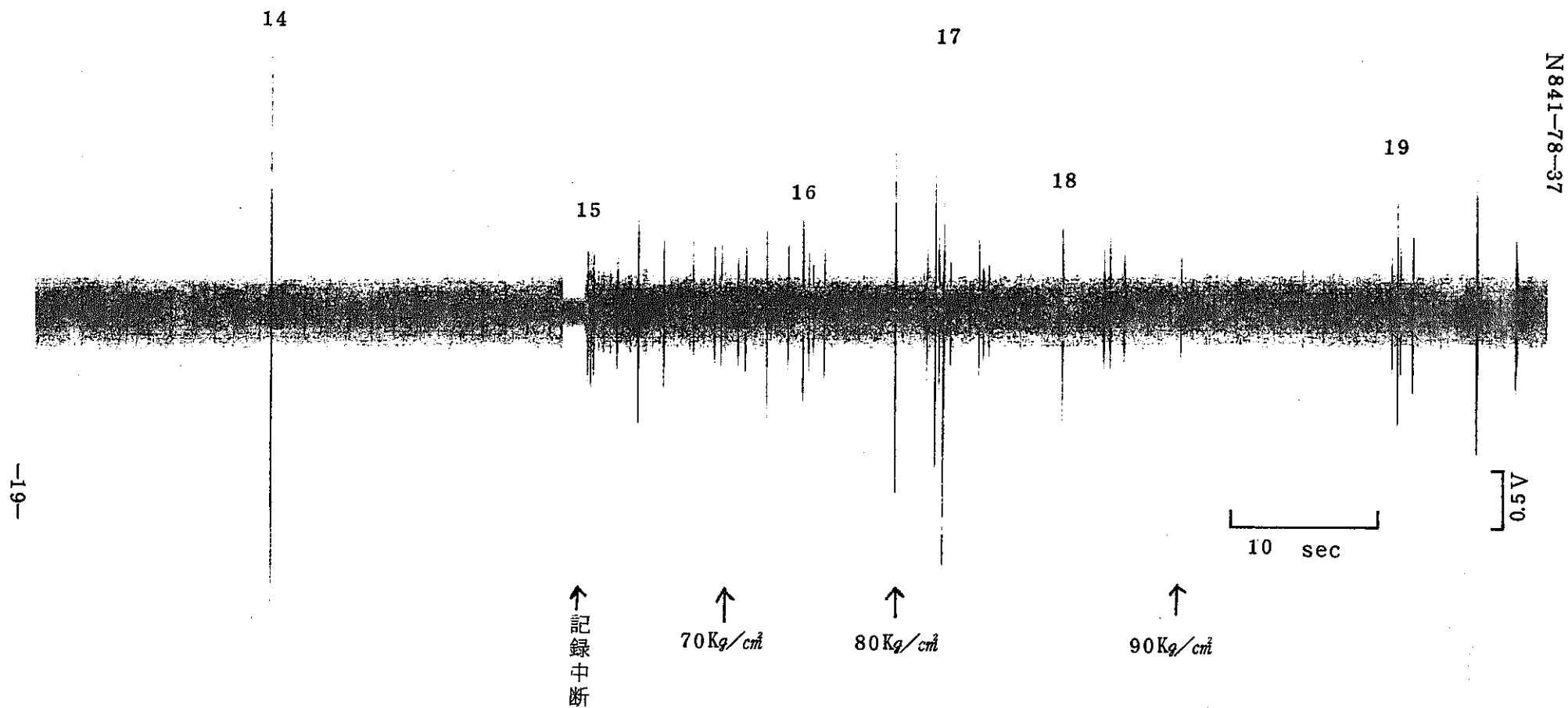


図 5 - 3 第 1 回目加圧中に発生した AE 信号 (下端)
5KHZ ハイパス

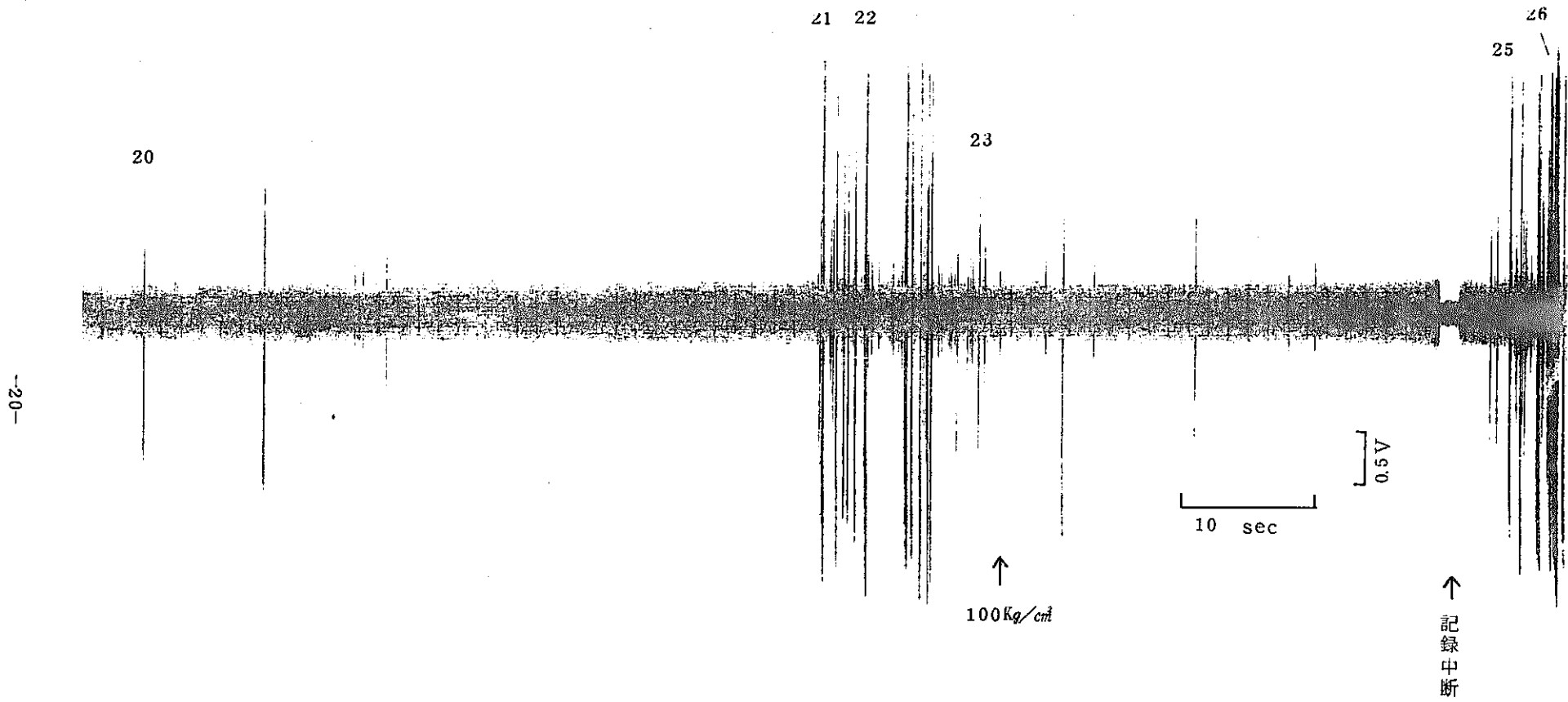


図5-4 第1回目加圧中に発生したAE信号(下端)
5KHZハイパス

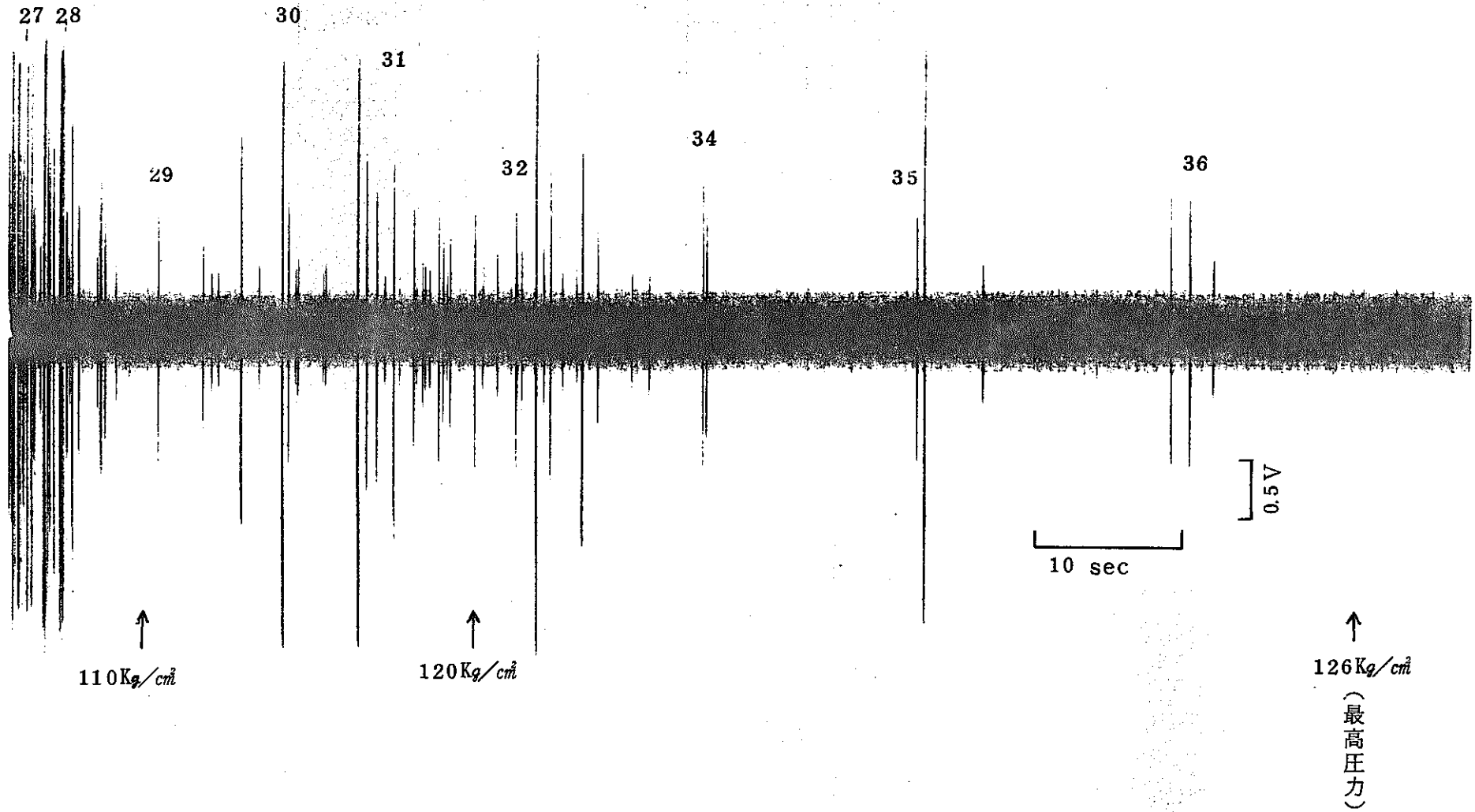


図5-5 第1回加圧中に発生したAE信号(下端)
5KHZハイパス

下端 № 15

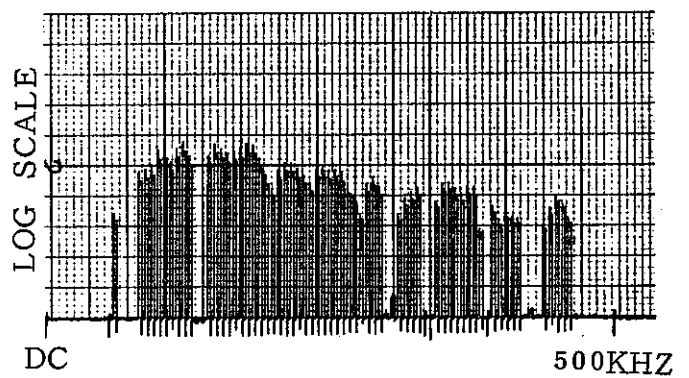
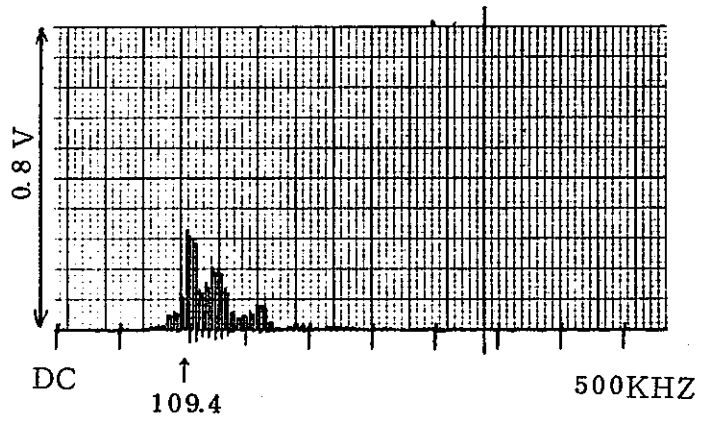
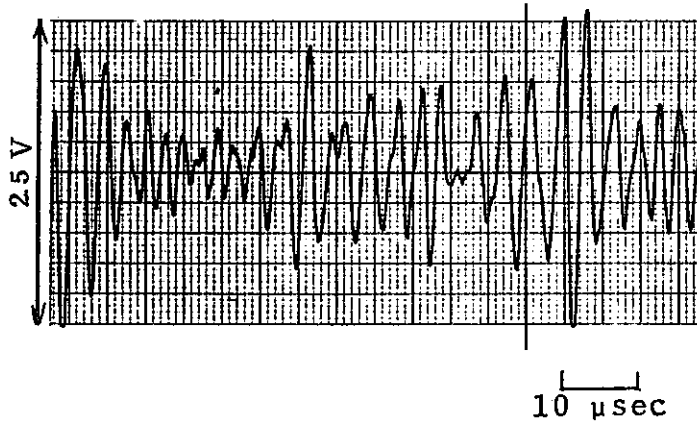
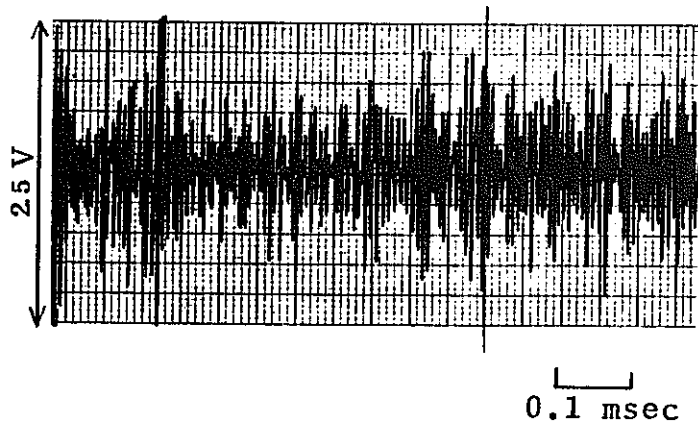


図6 第1回加圧中AEC波形とその周波数 ⑮
(圧力 約 23 Kg/cm²)

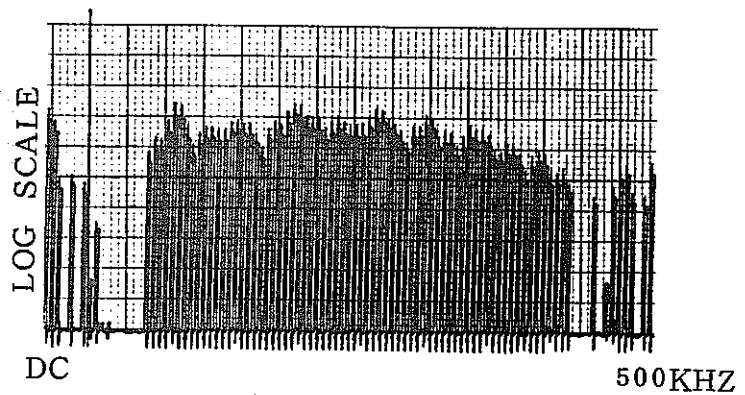
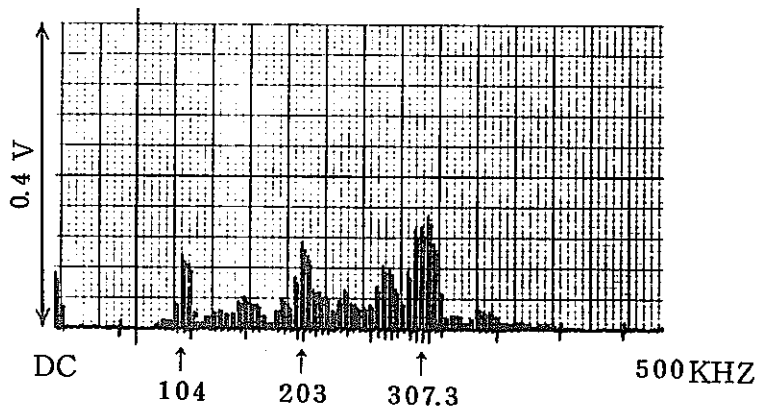
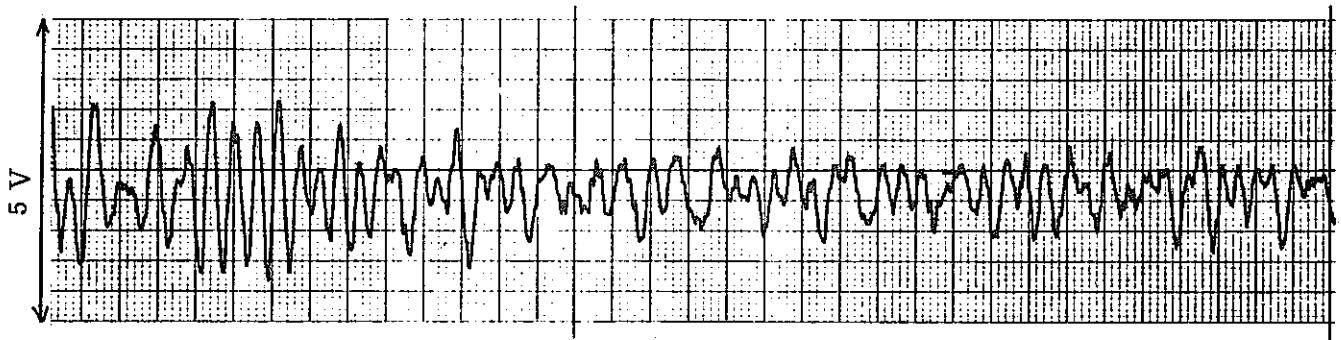
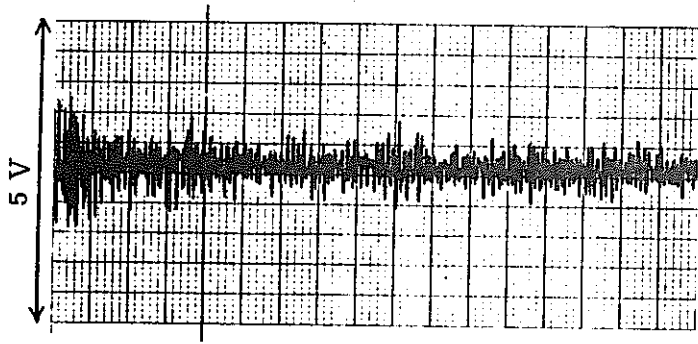


図 7 第 1 回加圧中 A E 波形とその周波数 ⑩
 (圧力 約 75 Kg/cm²)

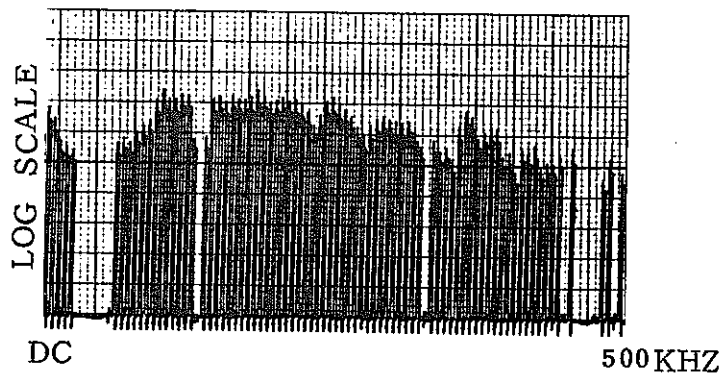
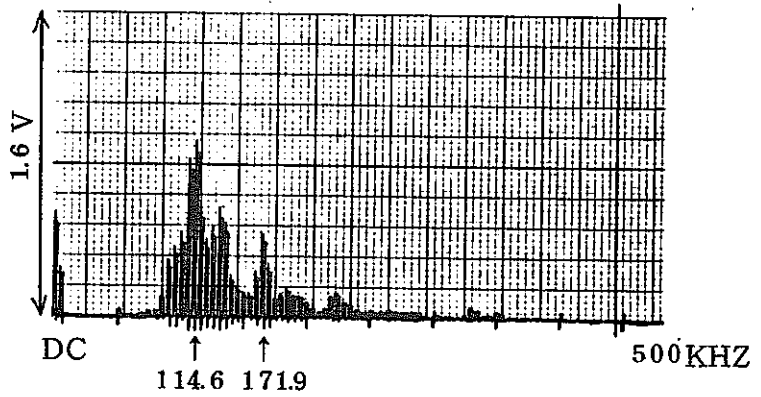
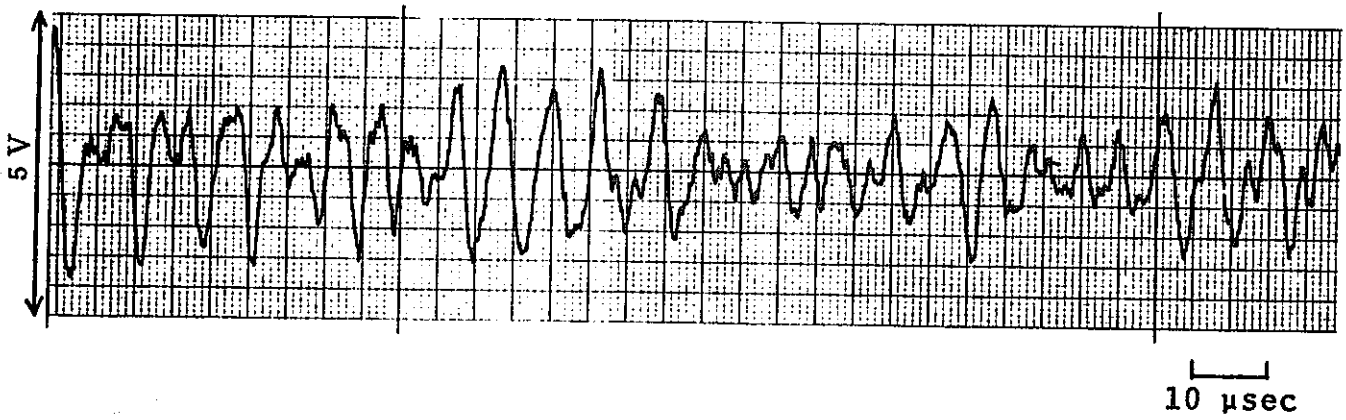
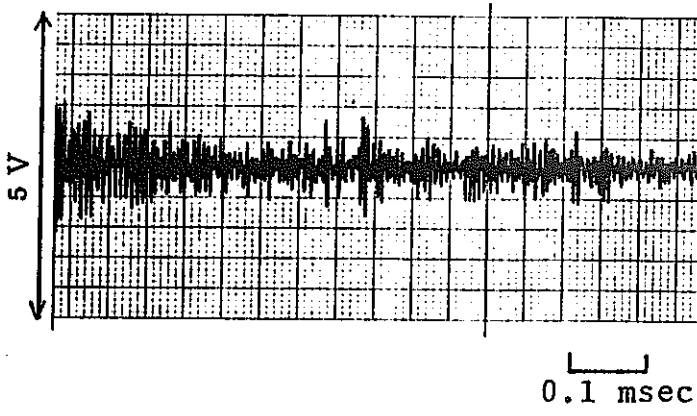


図 8 第 1 回加圧中 A E 波形とその周波数 ②
 (圧力. 95 Kg/cm²)

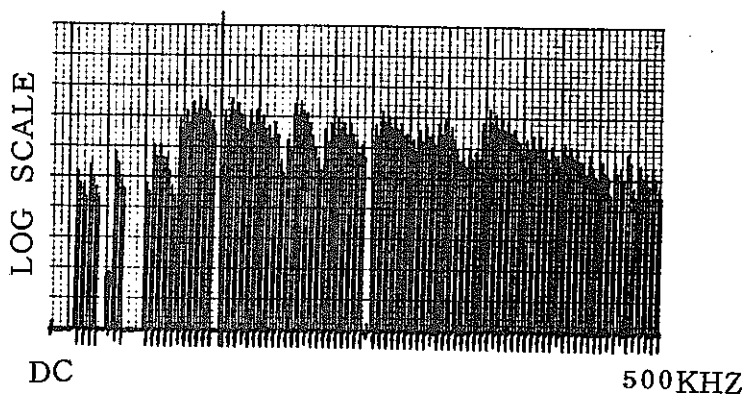
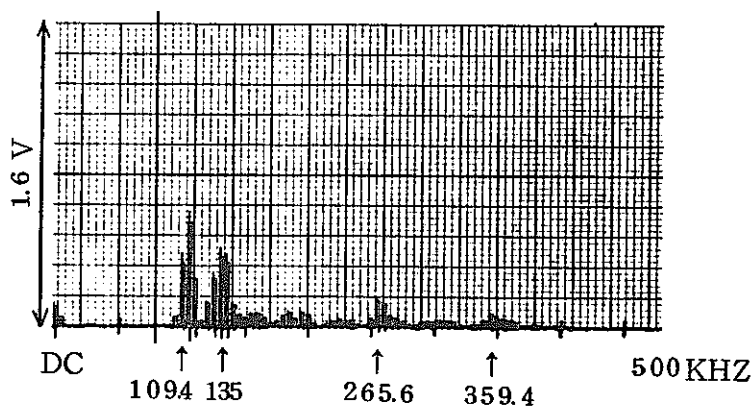
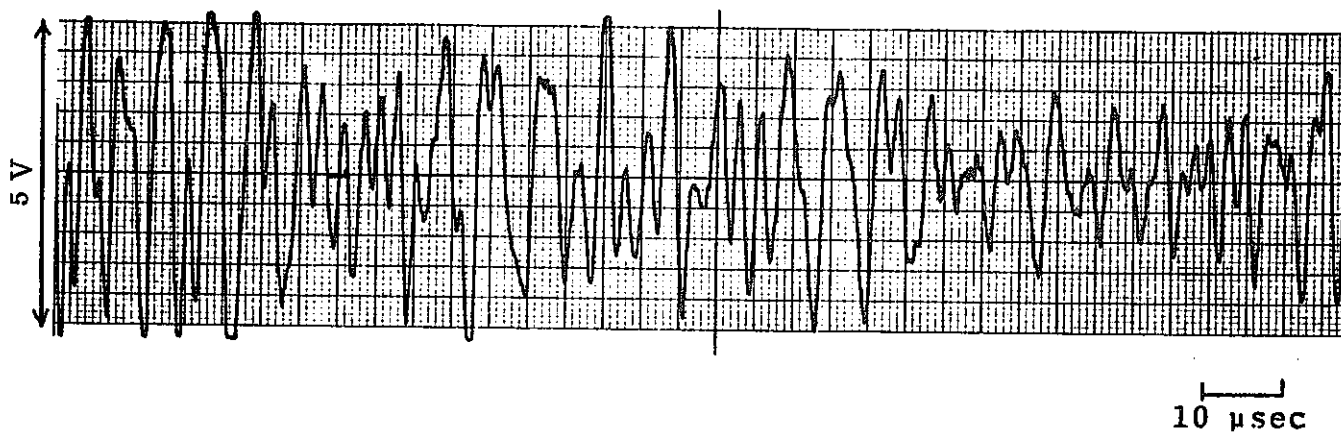
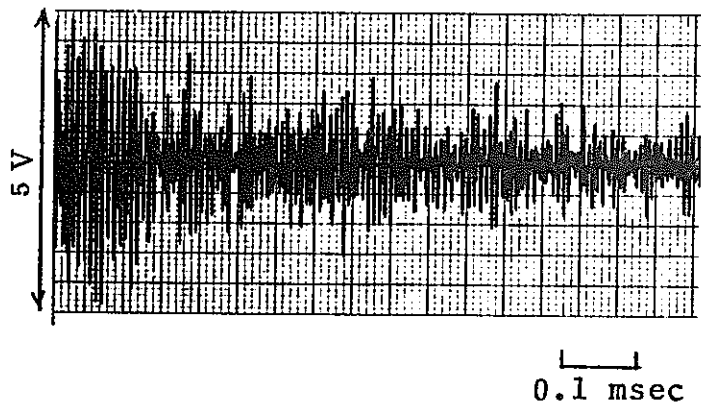


図9 第1回加圧中AE波形とその周波数②
(圧力 105 Kg/cm²)

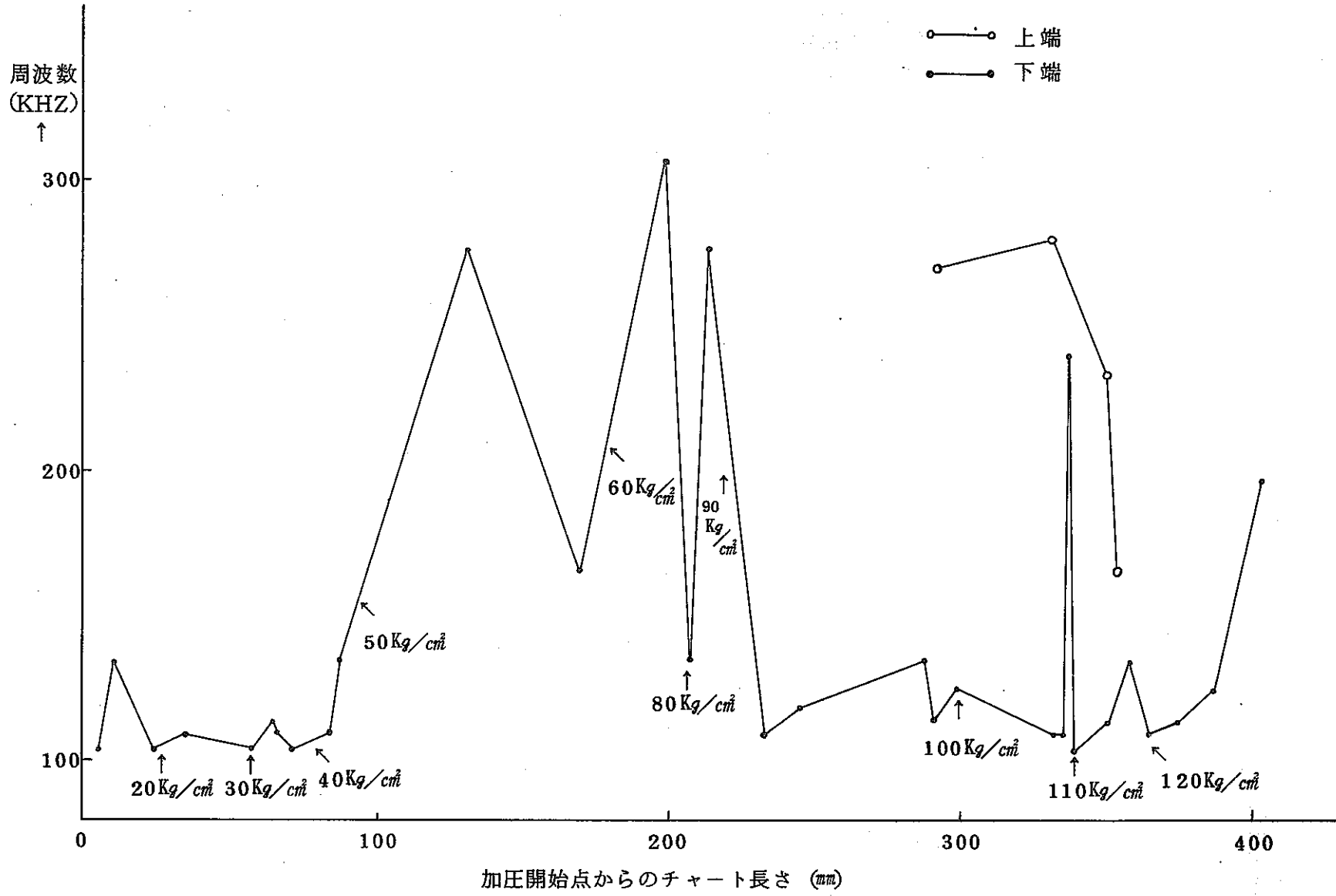


図10 最大ピーク周波数とチャート長さ及び圧力との関係
 (上端データ (白丸で示す) は、3.1.2.2で説明される)

SEN-M-9

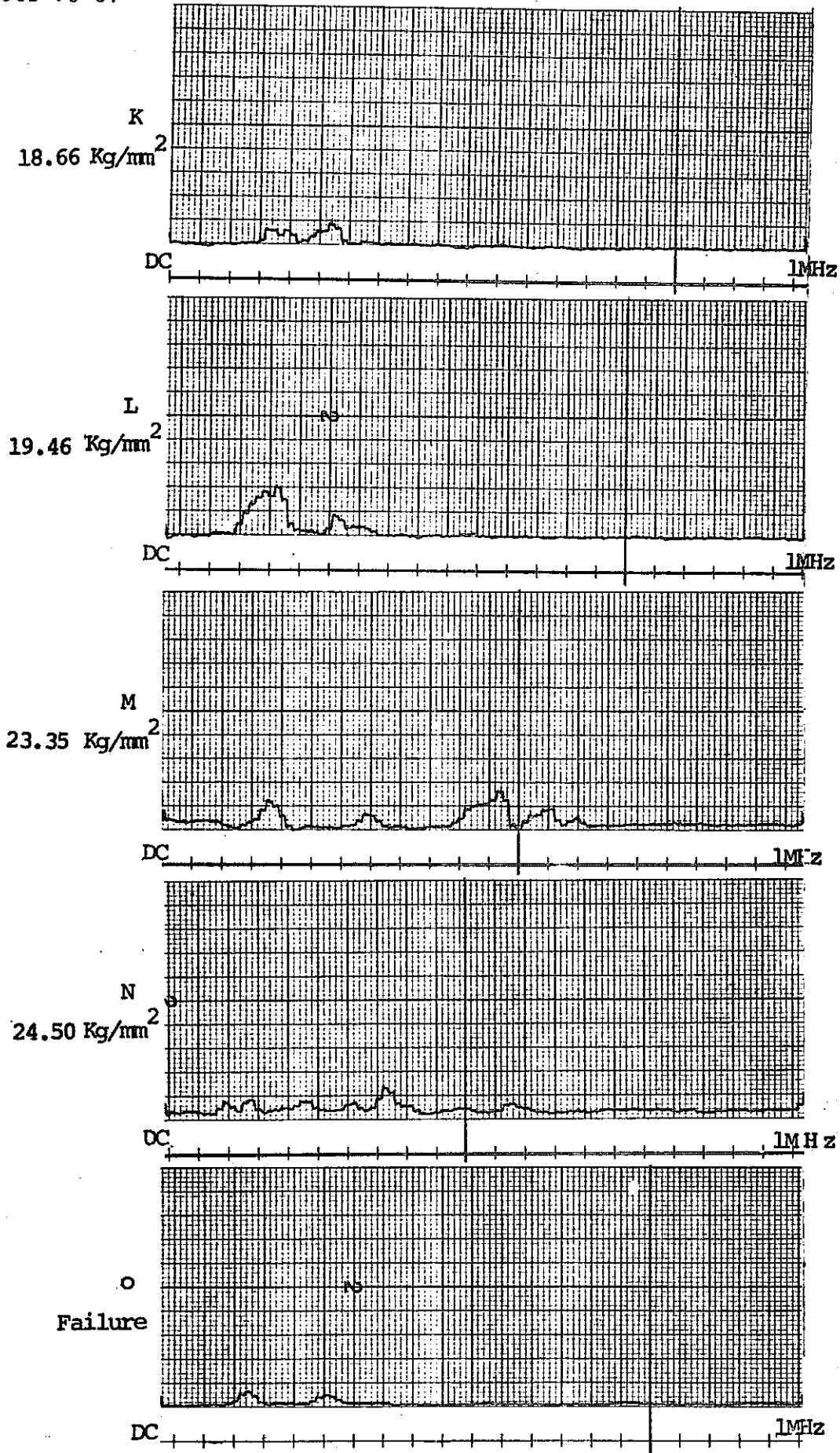


Fig 11. AE signal power spectrum.

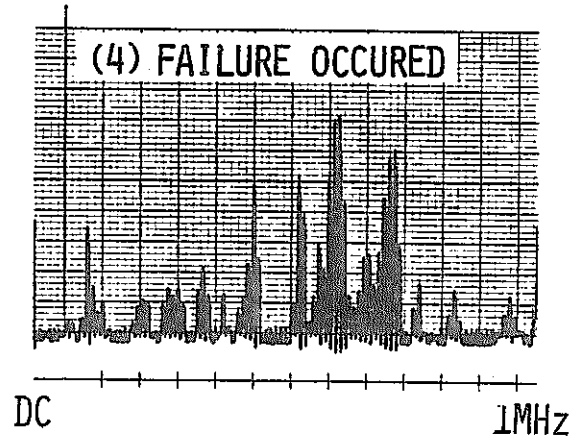
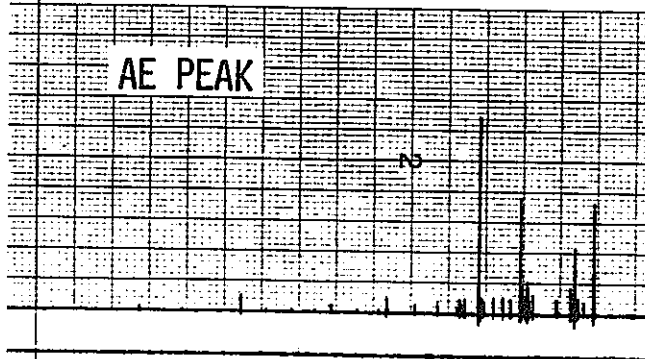
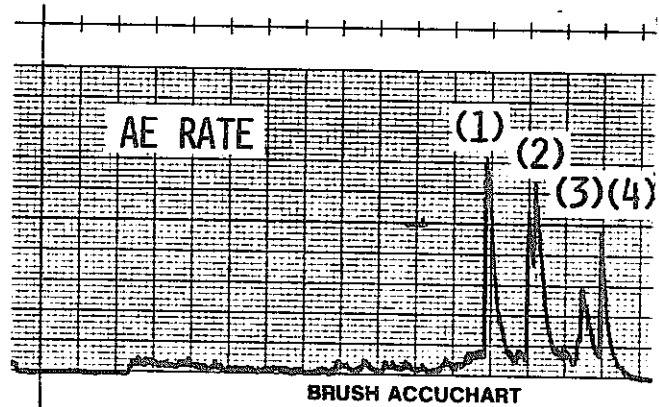
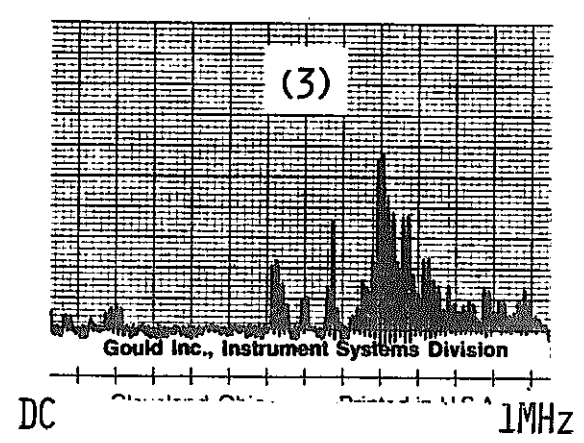
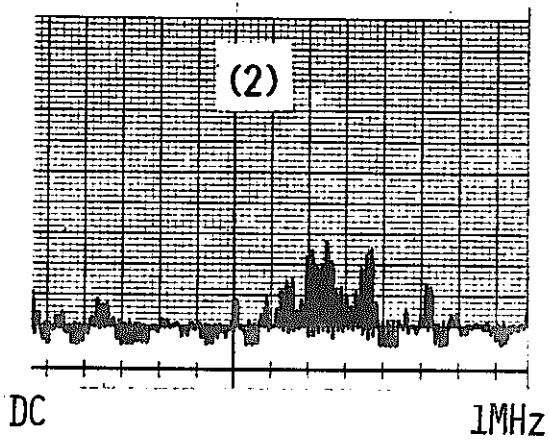
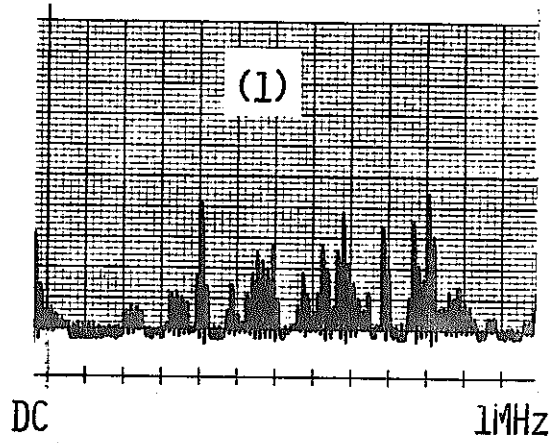


图 12 POWER SPECTRA DURING TENSION TEST
FOR HYDRIDED SPECIMEN
(Zr-2-5 Nb 合金)

N841-78-37

ついて行なった。

測定範囲は、第1回目の大きなAEバーストの前およそ90 Kg/cm^2 の圧力まで、第1回目のAEバーストを含み第2回目のAEバースト直前まで、そして第2回目バーストを含む最大圧力到達までの3つとした。

図13～15に結果を示す。

図の横軸は96点で、3Vを示し、縦軸はその電圧での累積数に関する自由目盛である。なお、左端のハッチング域はバックグラウンドノイズ等に関して累積数が非常に多くなり飽和してしまった部分で、解析にあたっては除かねばならない部分である。

3枚の図の比較から図番の進むほど、すなわち圧力が増加するほど大振幅のAE信号の比率が増加する傾向のあることがわかった。

3.1.2 Dチャンネル上端での測定結果

3.1.2.1 カウント解析

AEカウント測定は、下端からのAEについてのみ、オンラインで行なったため上端についてのカウント解析結果は、データレコーダから再生した信号をAE測定装置へ入力しオフラインで得ることとした。この場合、生の信号と再生された信号とでは振幅が異なっているためAE測定装置の増幅度を調節し、オンラインで採取したカウントデータとほぼ同じレベルの出力が得られるような条件で測定を行なった。

図16に再生結果を示す。チャートが長くなったので、2つに分割して示した。

また、比較が容易にできるように上段には下端から得たAEカウント率のデータレコーダ再生結果を示した。図より明らかなように、上端におけるAE発生はごく少なく、また下端から発生したAEと対応できる信号も見当らなかった。しかし、下端でのAEと同様に圧力が高くなるとAEの発生も増加するようであった。

今回の測定において上・下端で同時にAE測定を行なったのは管の軸方向に沿ったAE発生 の位置標定に関する実験を目的としたためであったが、9mを越える全長についてのAE伝播はほとんど起らず当初の目的を達成することができなかった。これは、伝播経路が非常に長いこと及び、加圧媒体としての水の影響等が原因しているものと考えられる。ちなみに、加圧に先立って行った測定系統のチェックで、注水前後での模擬音変動を調べた結果からも水の存在による信号振幅の減少が見つかっている。

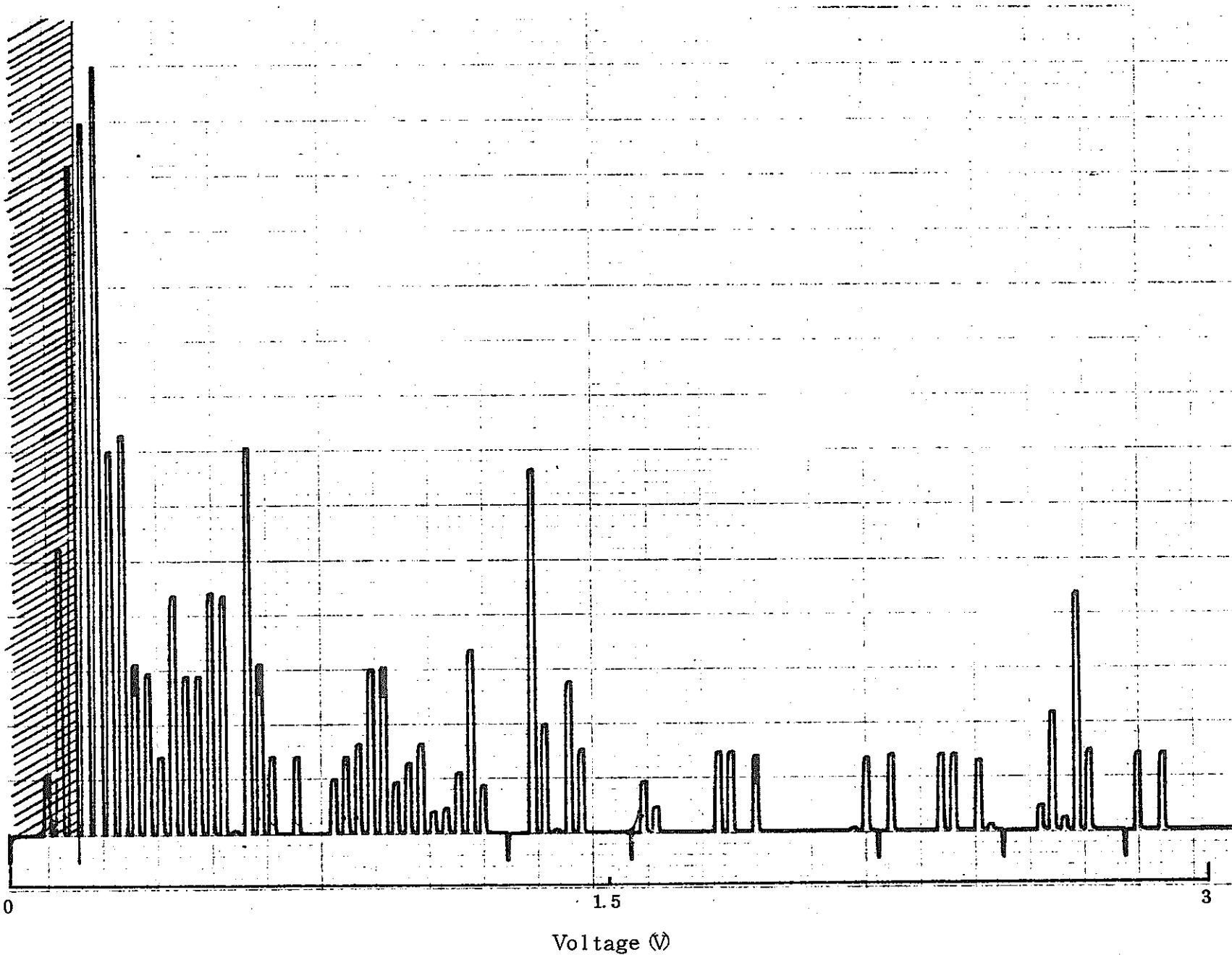


Fig 13 AE Signal amplitude distributiun
(Start to 90 Kg/cm²)

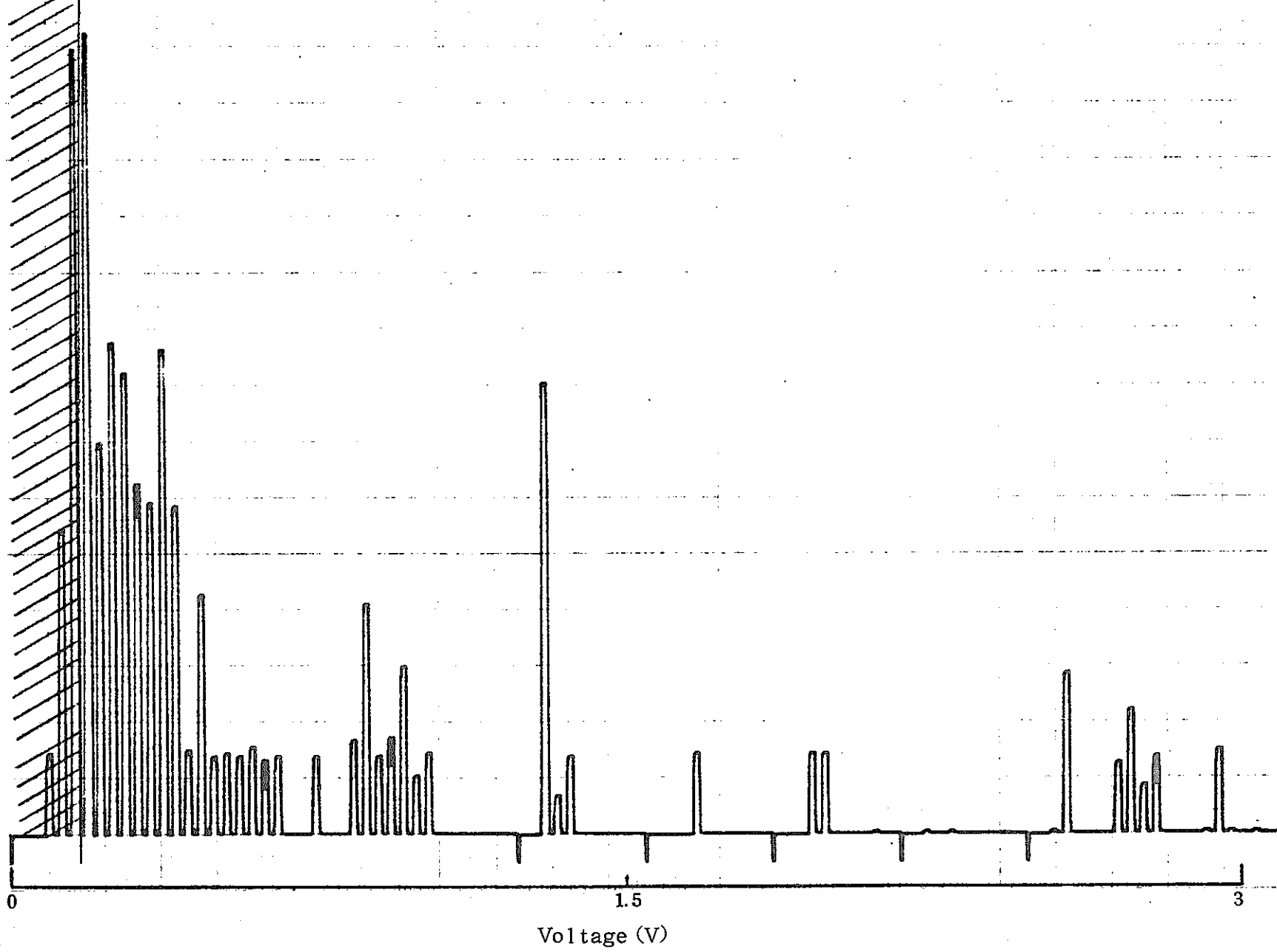


Fig 14 AE Signal amplitude distributiun
(90 Kg/cm² to 100 Kg/cm²)

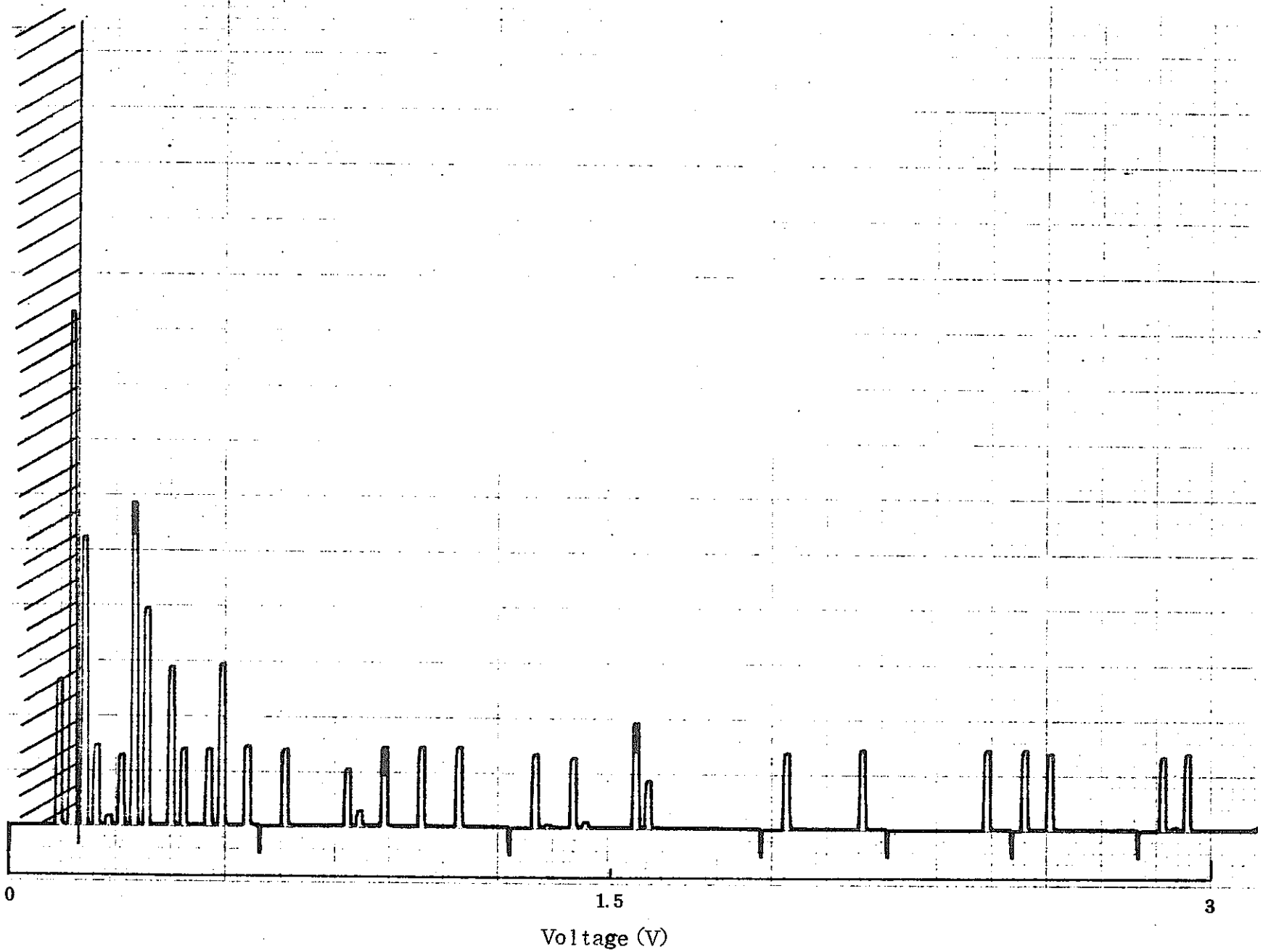


Fig 15 AE Signal amplitude distributium
(100Kg/cm² to max pressure)

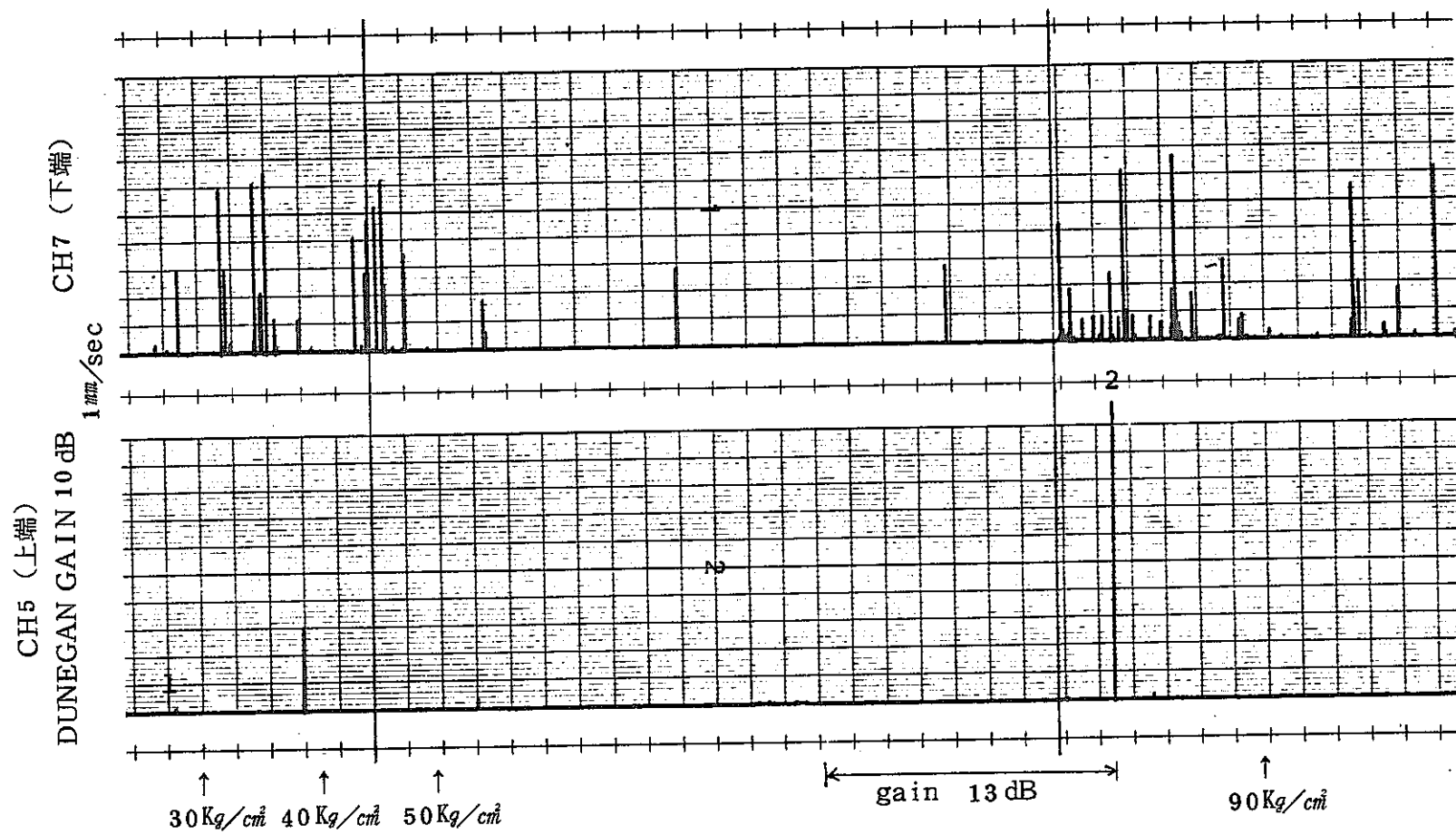


図 16 - 1 第 1 回加圧中 A E 測定結果 (上端)

上段 比較のため再生した下端で測定されたカウント率 (0.1 sec リセット)

下段 上端で測定されたカウント率 (0.1 sec リセット)

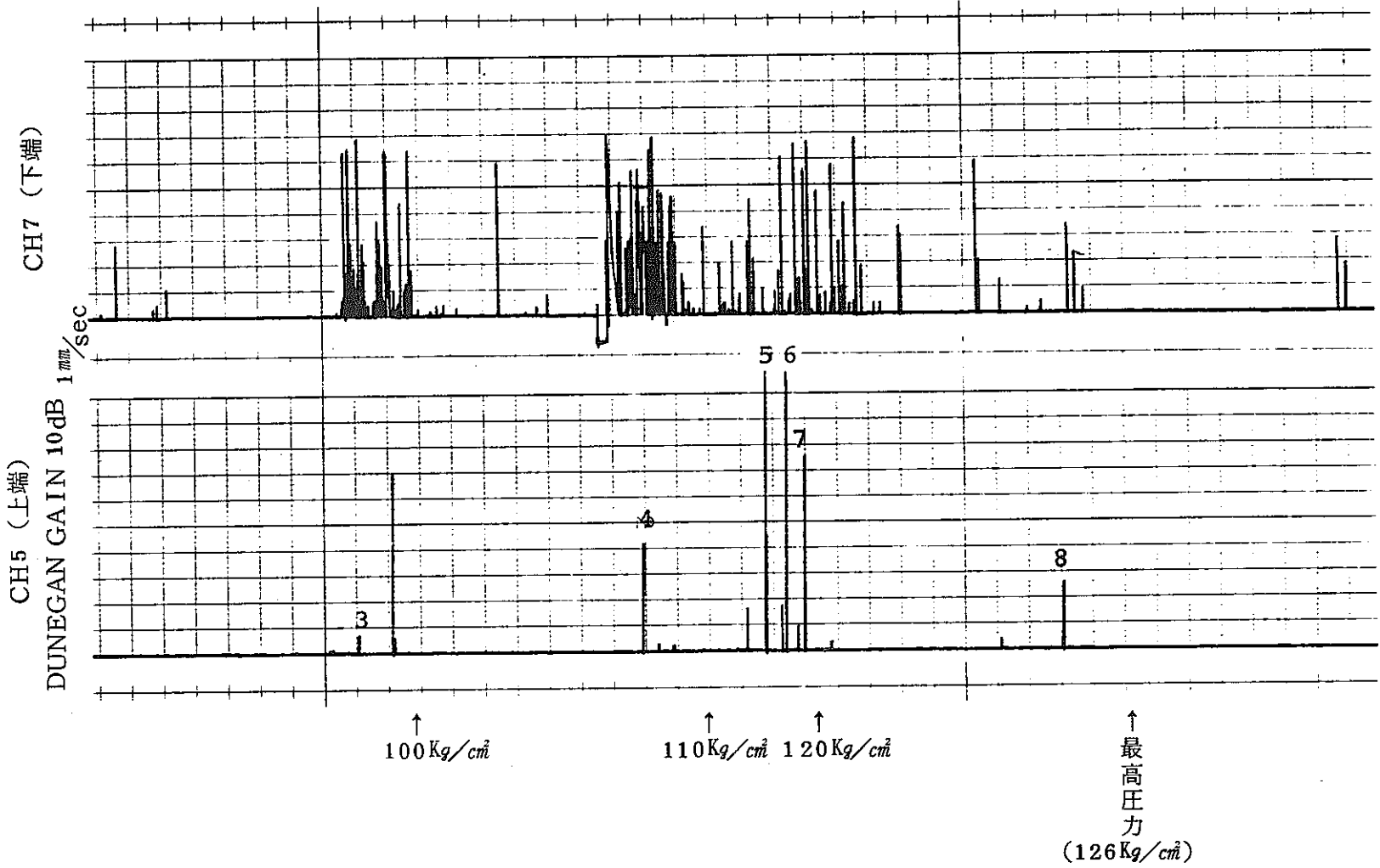


図 16-2 第 1 回加圧中 AE 測定結果 (上端)

上段 比較のため再生した下端で測定されたカウント率 (0.1 sec リセット)

下段 上端で測定されたカウント率 (0.1 sec リセット)

表 1 にその例を示す。

表 1 注水前後での模擬音源振幅

発振子		D/E S9201	
受信子		NORTEC D-Z-210	
注水前		注水後	
ノイズ振幅 (P-P)	信号振幅 (P-P)	ノイズ振幅 (P-P)	信号振幅 (P-P)
1.1 V	14 V	1 V	12 V

3.1.2.2 波形及び周波数分析

図 17 に第 1 回目加圧中に上端で得られた AE 信号の波形及び周波数分析結果例を示す。

3.1.2.1 でも述べたように上端で測定された AE の数は極めて少なかったため、ほとんどの AE について分析を行うことができた。しかし、ここでは代表例についてのみ示し、残りは Appendix に収容した。

図より明らかなように、下端からの AE に比べ非常に長いリングングと比較的高い最大ピーク周波数を示した。リングングが長すぎたためバックグラウンドノイズを、測っているのではないかと懸念があったので AE 発生がなかった時点についてノイズ波形の再生を行い図 17 等と比較した。

図 18 に、バックグラウンドノイズの再生結果を示す。

図より明らかなように AE 信号とは全く異なる信号レベルと形態を示し、今回の測定が間違いなく AE についてなされたものであることが確認された。

AE の数そのものが少なかったため十分な比較はできなかったが、3.1.1.2 で行ったと同様な最大ピーク周波数についての整理を行った。しかし、プロットする数が少なかったため図 10 の内に下端からのデータと重ねてプロットした。図 10 での比較から明らかなように上端で発生した AE の最大ピーク周波数は下端でのそれに比べかなり高いものであった。前述したように上端・下端といっても実際に AE の発生した位置がわからないため、これら周波数の相異の原因を明らかにすることはできなかった。

3.1.2.3 原波形の全体再生

波形確認のため高速レコーダにより、データレコーダに記録されている第 1 回目加圧中に発生した AE 信号を記録した。その結果を図 19 に示す。

記録時間が長かったため、数枚に分割して示した。

上端 № 3

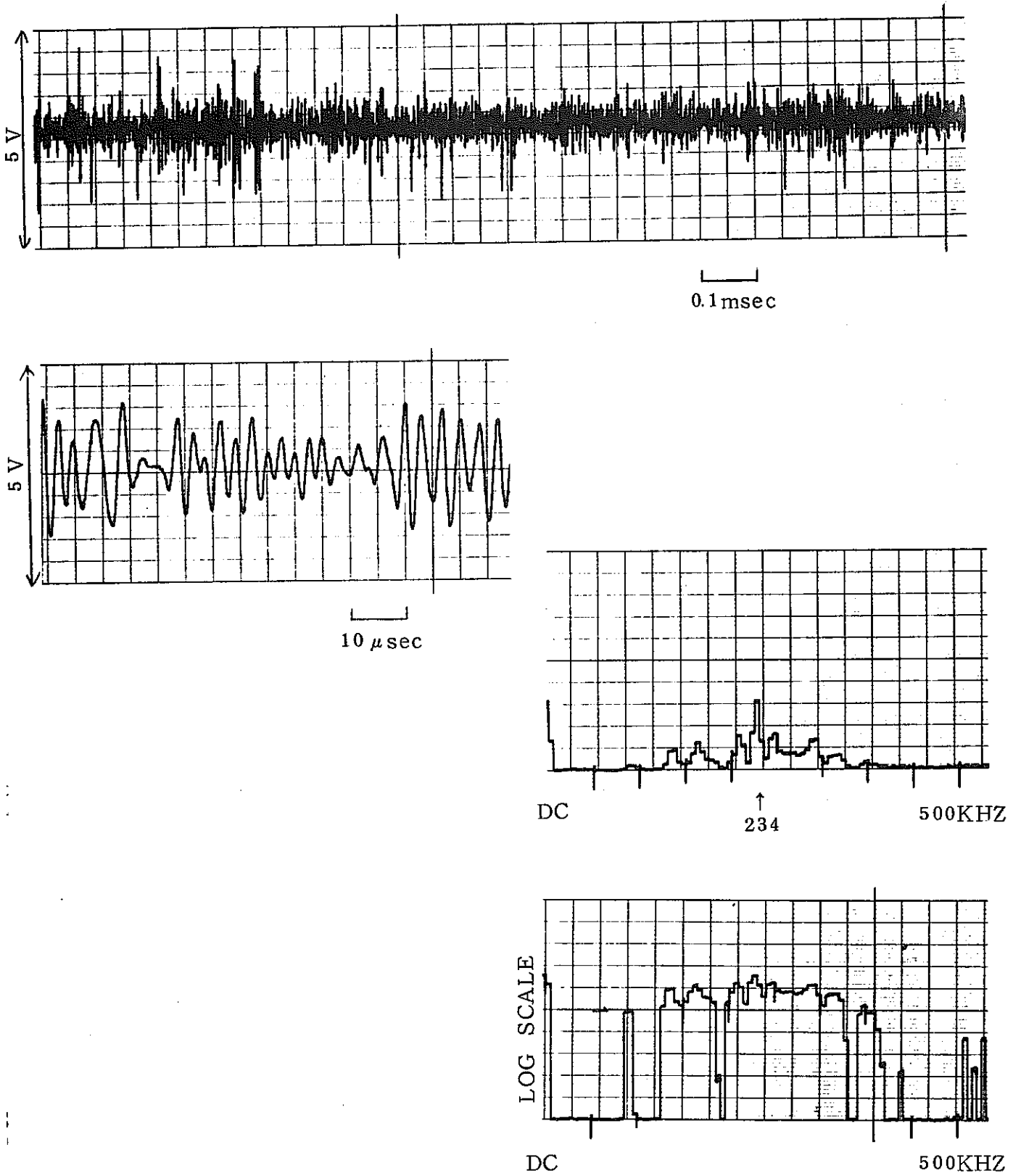


図 17 上端で測定されたAE信号波形 ③
とその周波数分布

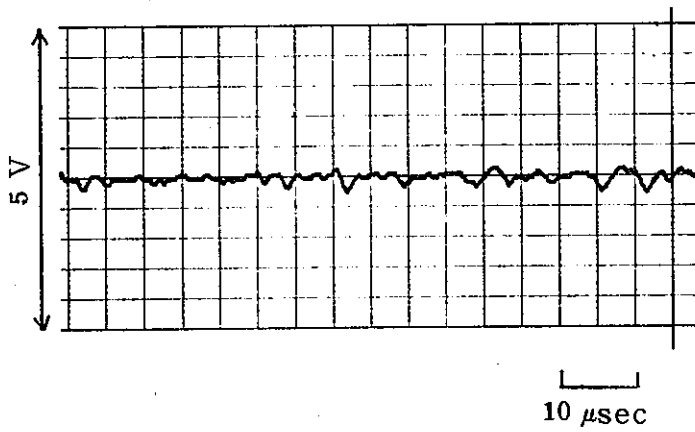
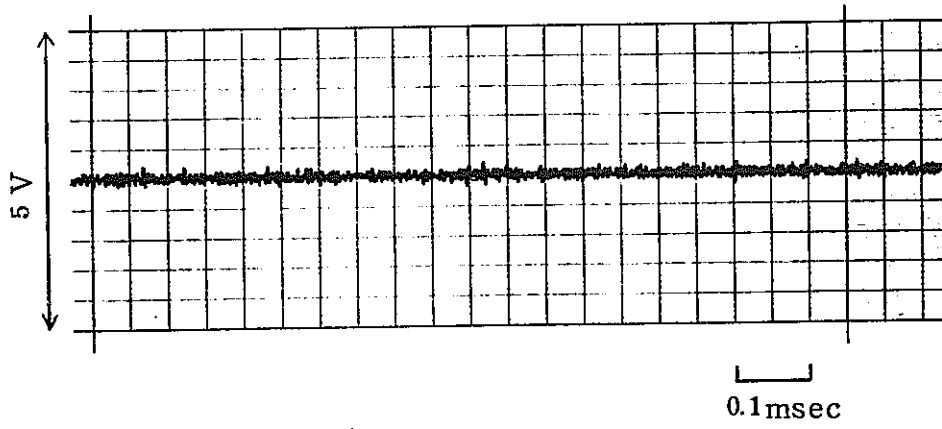


図 18 上端におけるバックグラウンドノイズ波形

図より明らかなように、全部がバースト型波形を示していた。また、ベースレベルが下端からの再生データ（図12）に比べ小さいけれども、これは両測定個所におけるAE現象の相異ではなく、むしろ使用したAEセンサおよびデータレコーダのチャンネル間の特性に基いていると考えられる。高速レコーダの特徴を生かして、ここでもう一度個々の波形を再生し、上下端からのAE信号を夫々比較した。

図20にその結果を示す。

記録されたAE信号は、第1回目加圧で 120 Kg/cm^2 付近の圧力において発生したものである。リングングの長さを比較するにはピークレベルを揃える必要があるため、ピークレベルがほぼ同じ信号を選び出し比較を行なった。図より明らかなように、上端からのAEのリングングは、ほぼ同時期に発生した下端からのそれに比べ非常に長かった。これは、AEの発生原因が異なるというよりむしろ、上端でのAEが、かなりの距離を伝播して来たため波形がなまったものと考えられるほうが自然である。

このような仮定にたつと、このAEはバースト型であり、また周波数も比較的高いことから、上端でのAEは、センサ位置からおよそ 1.64 m のところにあるロールジョイントの機械的な変化が原因している可能性が考えられる。

3.2 第2回目加圧試験結果

3.2.1 Dチャンネル下端での測定結果

3.2.1.1 カウント解析

図21に第2回目加圧試験時のAE測定結果を示す。

図より明らかなように圧力が 120 Kg/cm^2 を越えるあたりまでAEの発生はほとんど見られず、カイザー効果のようなものが表れたと考えられる。 130 Kg/cm^2 を越えたところでポンプから漏れが発生し、その処置のため一時加圧を停止しなければならなかった。

しかし、加圧の停止期間中AEの発生は起っていなかった。圧力が 130 Kg/cm^2 を少し越えたところで非常に大きなAEの発生が起った。原因が不明であったので、不必要な破壊をさける意味で、ただちに降圧に移った。

この期間のAEは、それまで発生していたAEに比べ格段に大きな振幅と密度を持っていた。そのため、AE測定装置は飽和してしまい、途中でカウンタレンジを変更しなければならなかった。

3.2.1.2 原波形の全体再生及び周波数分析

図22に高速レコーダによる、全体再生の結果を示す。

図21から、 110 Kg/cm^2 の圧力までAEの発生がなかったことが明らかであったため、ここでは 110 Kg/cm^2 以上の圧力についてのみ示した。

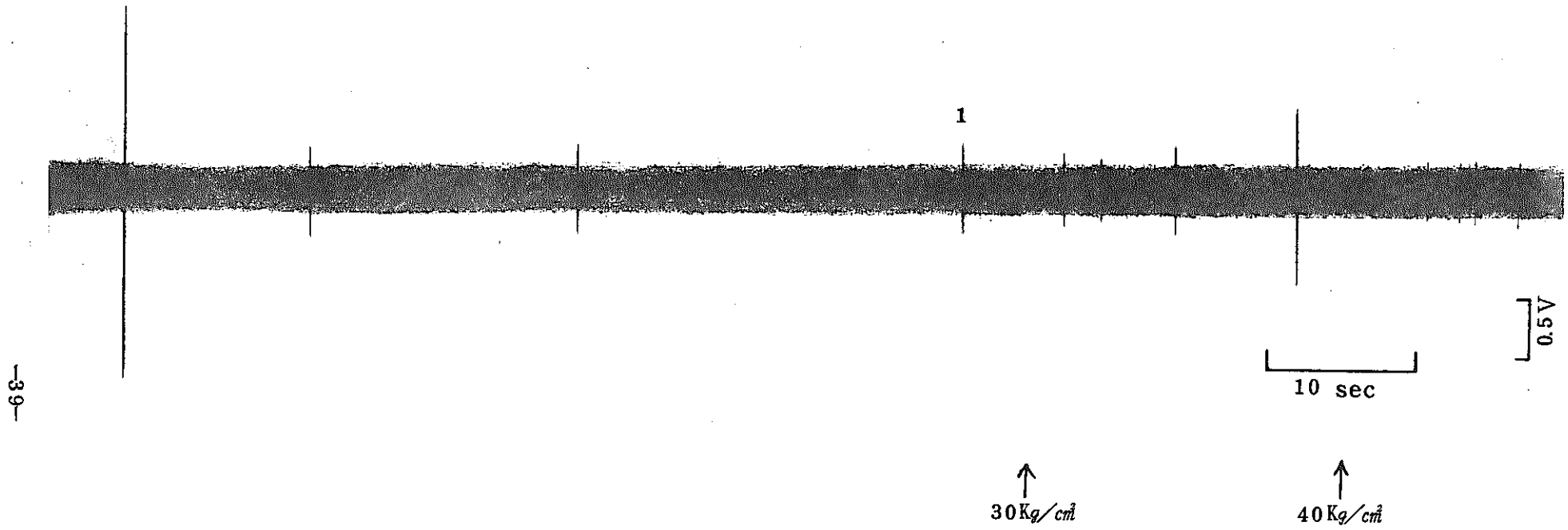
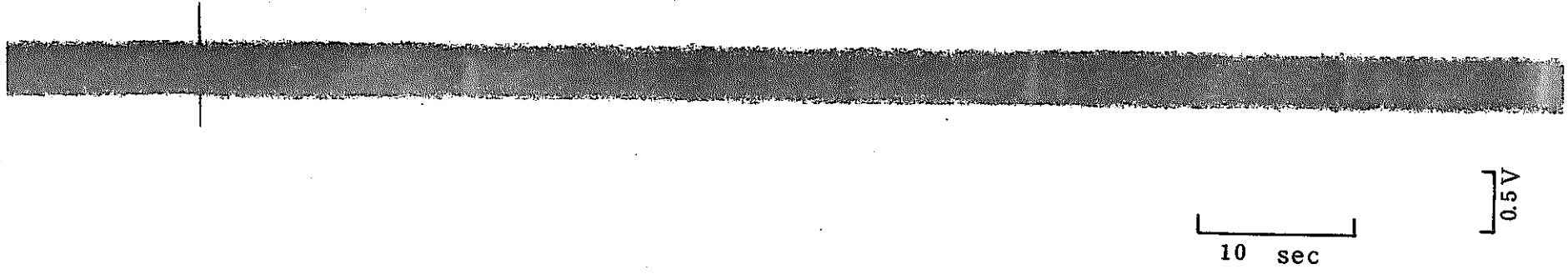


図 19 - 1 第 1 回目加圧中に発生した AE 信号 (下端)
5KHZ ハイパス



↑
50Kg/cm²

図 19 - 2 第 1 回目加圧中に発生した AE 信号 (上端)
5KHZ ハイパス

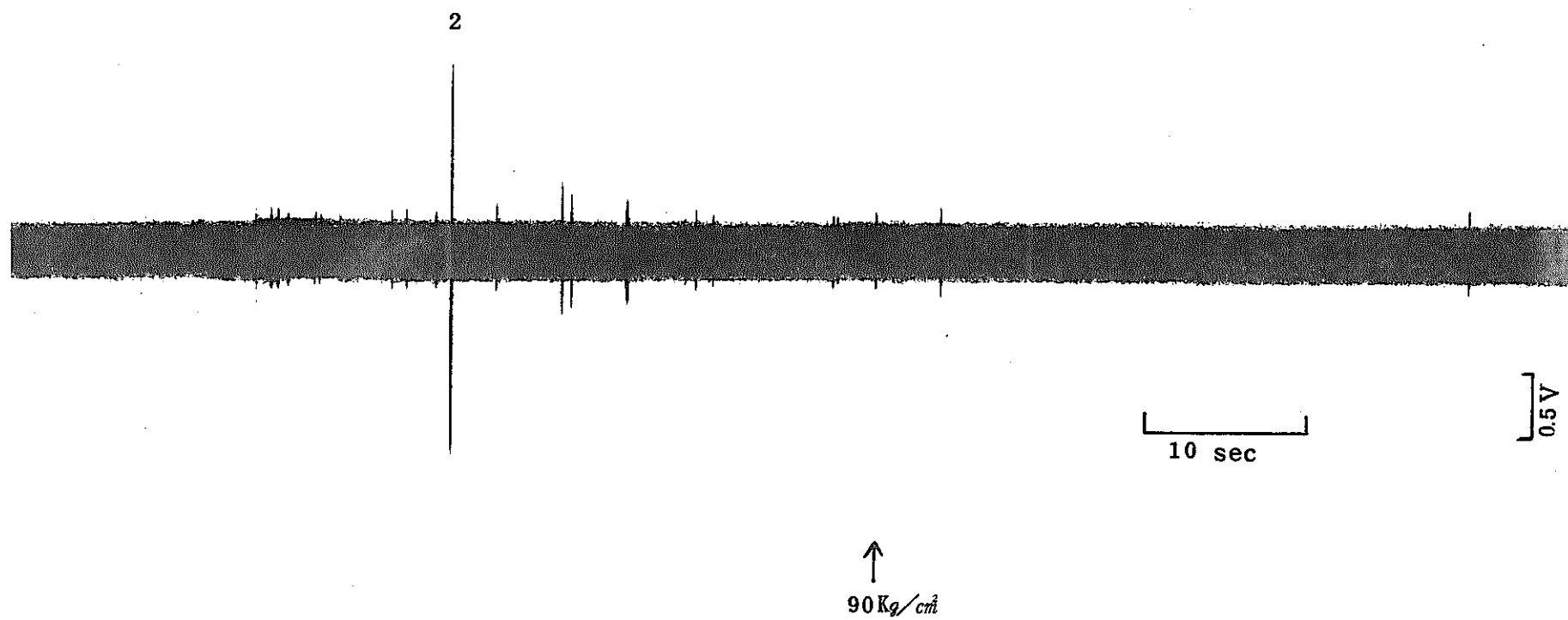


図 19 - 3 第 1 回目加圧中に発生した AE 信号 (上端)
5 KHZ ハイパス

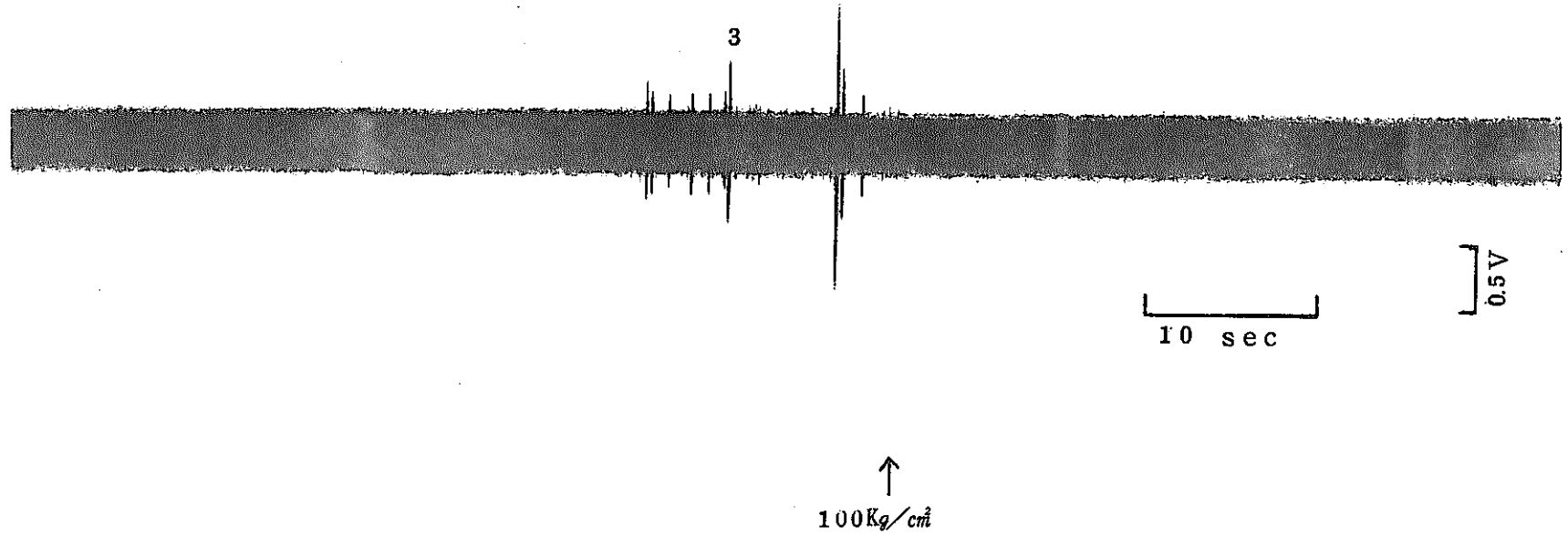


図 19 - 4 第 1 回目加圧中に発生した AE 信号 (上端)
5KHZ ハイパス

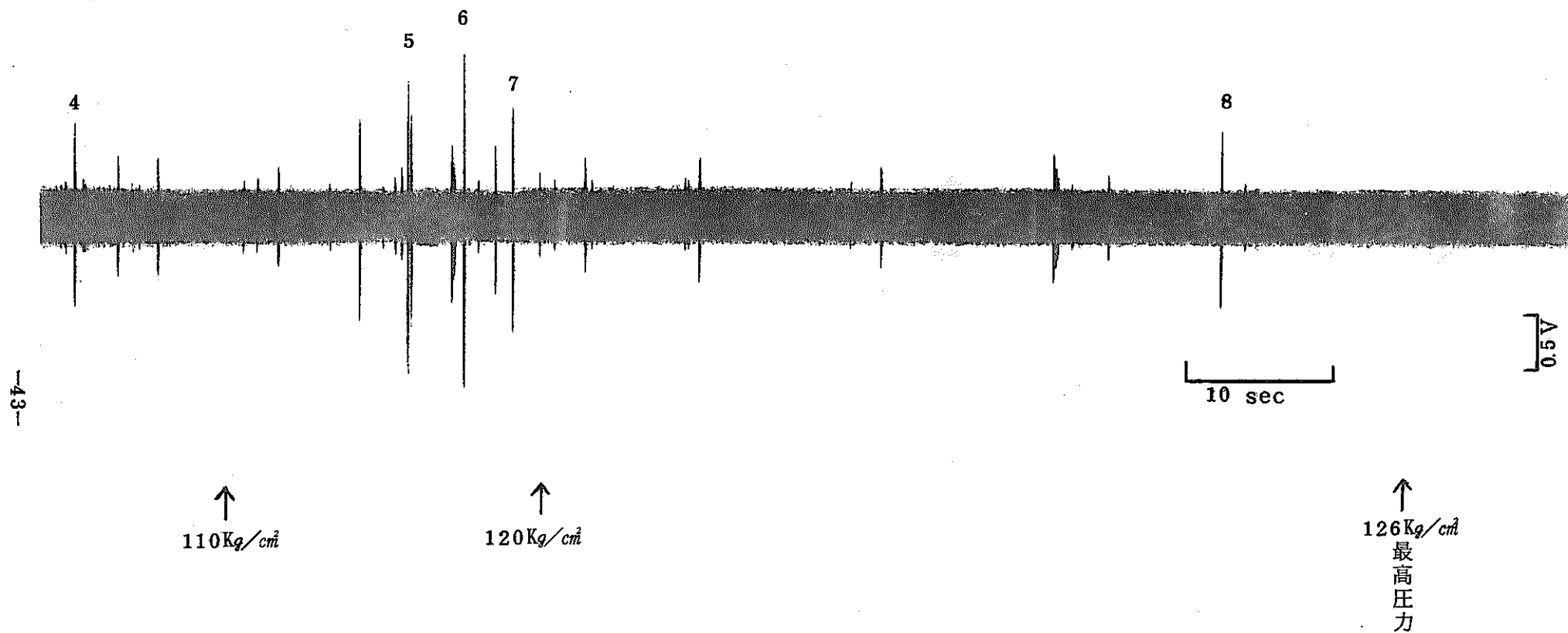
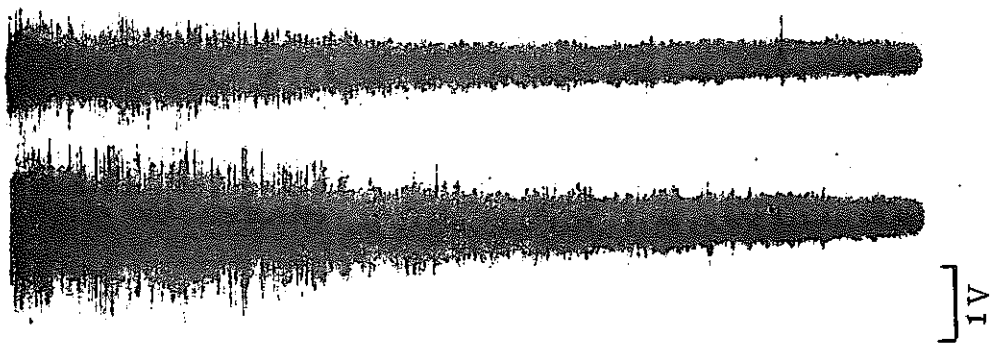
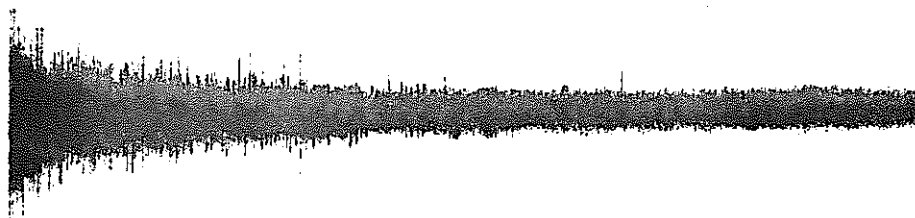
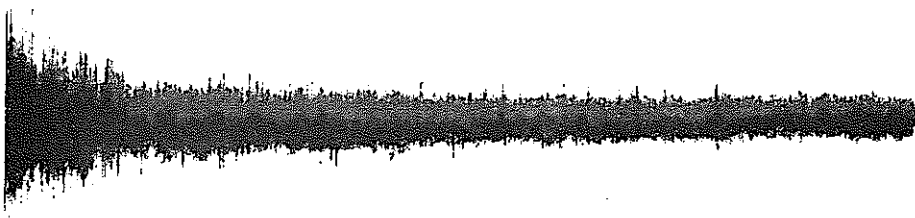
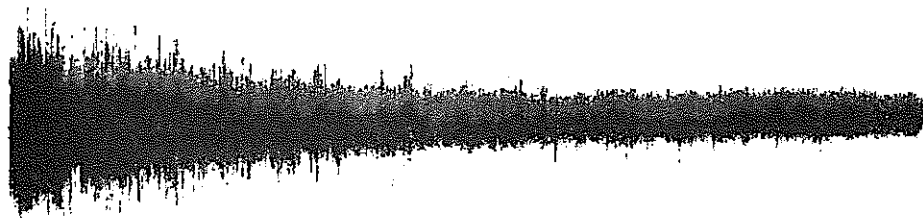


図 19 - 5 第 1 回目加圧中に発生した AE 信号 (上端)
5KHZ ハイパス



上端でのAE信号波形

1msec



下端でのAE信号波形

1msec

図 20 上・下端夫々で発生したAE信号のリングング比較
紙送り 10 cm/sec , 縦 軸 1V/cm
横 軸 1msec/cm , 輝 度 5.0

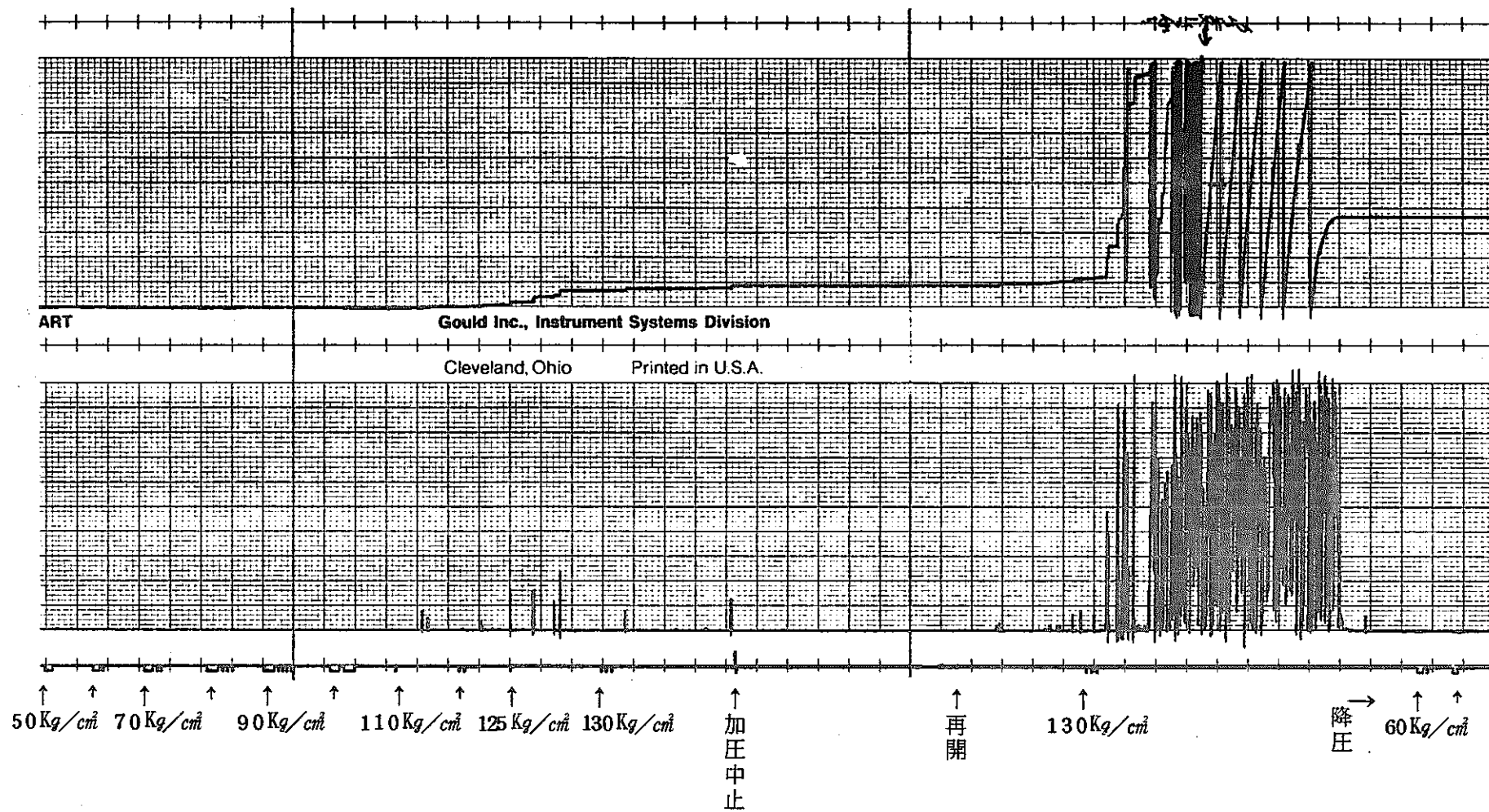
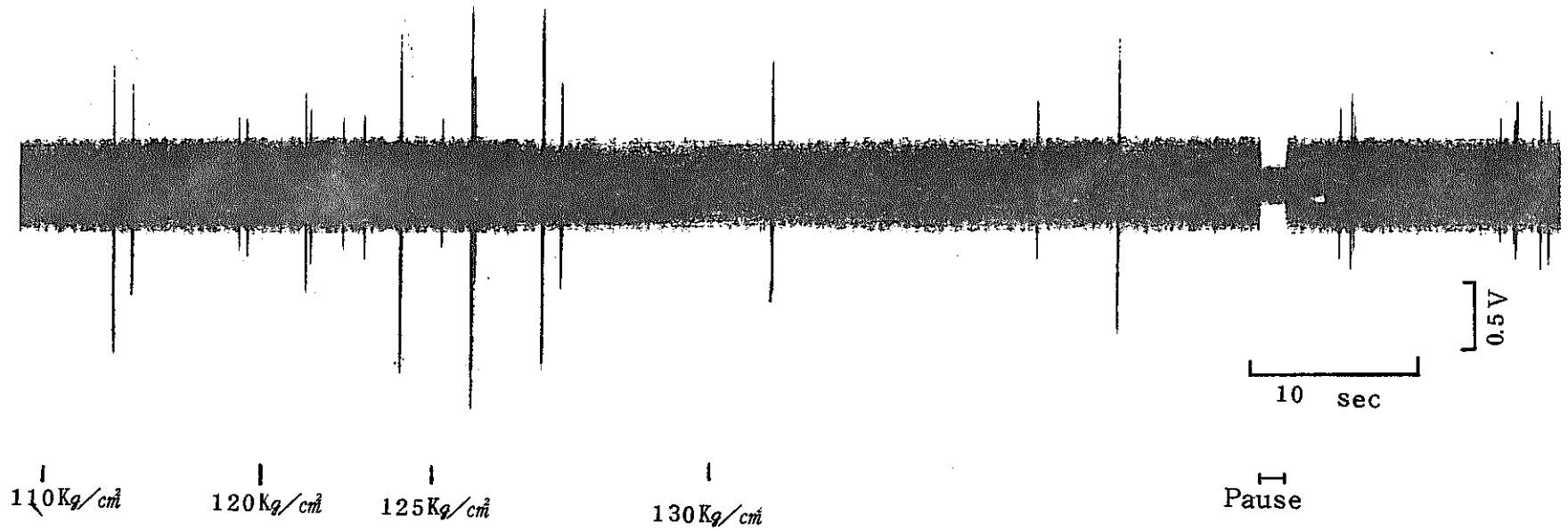


図 21 第 2 回目加圧中 A E 測定結果 (下端)

上段 累積カウント

下段 カウント率 (0.1 sec リセット)



-46-

図 22 - 1 第 2 回目加圧中に発生した AE 信号 (下端)
5KHZ ハイパス

-47-

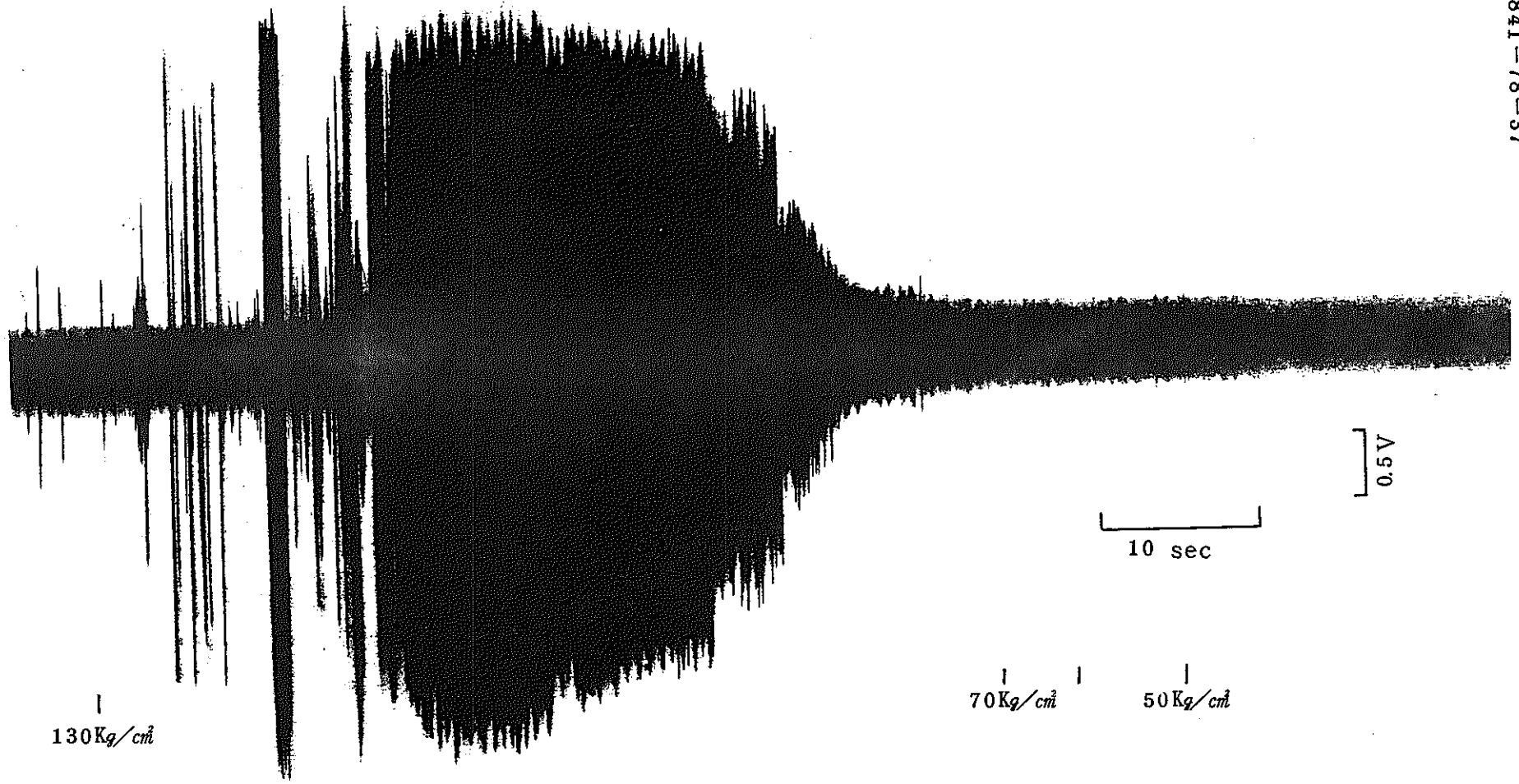


図 22 - 2 第 2 回目加圧中に発生した AE 信号 (下端)
5KHZ ハイパス

また、高速レコーダはオシログラフペーパーを記録用紙としているため比較的低いコントラストしか得られず、印刷に際して不利である。そこで今回は原図を一度電子複写し、トレース及び切り抜きによって、コントラストの良い図面が得られるようにした。

図に、Pouse とあるのは測定の場合で昇圧およびデータレコードを中断したことを示すものである。この中断期間中に漏れなどが原因して、圧力がわずかに低下したため、昇圧が再開されてからもなく、もう一度 130 Kg/cm^2 の表示が表れている。

図より明らかなように、第1回目加圧時の最高圧付近である 125 Kg/cm^2 までは、AEの発生は少なかったがその圧力を越えたあたりから大きな振幅を持ったAEの発生が見られた。この時期のAEは、第1回目加圧時に得られたものとあまり変らないバースト型であった。圧力が 130 Kg/cm^2 に到達してからもなく、大振幅のバースト型AEが発生し、続いて大量のAE発生が起った。このAEは、それまでに発生していたバースト型とは著るしく異なった形態を示しており、図22の検討及び測定時のシンクロスコープ観察から連続型であることが明らかとなった。

実験そのものは、この大発生が見られるとすぐ中断され、ただちに降圧操作に移ったが降圧の初めも、しばらくは連続型AEの発生が続いていた。しかし、何 Kg/cm^2 の圧力まで連続型AEの発生が続いたか確かめることはできなかった。

一般に、このような連続型のAE発生はリーク等に伴って見られるため、どこかでわずかな漏水が起っているのだろうと考え、周囲のバルブの確認、フランジの観察等を行なったが、この段階では明らかにすることはできなかった。この連続型AE発生期間に相当するAEの周波数分析を行なった。

図23にその結果を示す。

上段は、リニアスケールで下段はログスケールで表した結果である。図より明らかなように最大ピーク周波数は、 276 KHz であり第1回目加圧時に得られた信号と比較すると、最大ピークが高い周波数側に寄っている傾向を示した。しかし、このような特徴がリーク特有のものかどうかは周波数分析の結果だけでは判定することはできなかった。⁽³⁾しかし、後述されるように再現加圧におけるリーク音のスペクトルは、ほぼ同一の周波数にピークを持つという特徴を示していた。

3.2.2 Dチャンネル上端での測定結果

3.2.2.1 カウント解析

図24に第2回加圧中に得られたAEのカウント解析結果を示す。

3.1.2.1で述べたと同様に上段が比較を容易にするため併記した下端から得られたAEのカウント率で、下段が上端から得られたAEのカウント率である。

図より明らかなように上端において、AEはほとんどキャッチできず、わずかに数パ

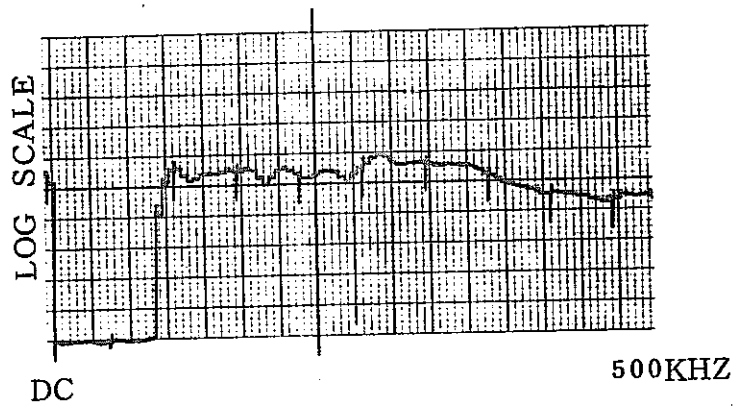
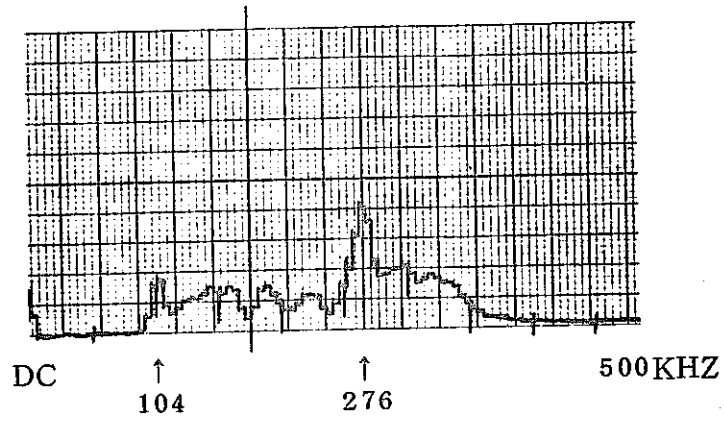


図 23 第 2 回目加圧中に下端で得られた
連続型 AE 信号の パワースペクトル
データレコーダから直接解析した。

(C-120 Av 8192, S.P 1 μ sec
Range 1V, MLT X 1
F-120 MLT X 16
BRUSH 20 mv/div, 1 mm/sec)

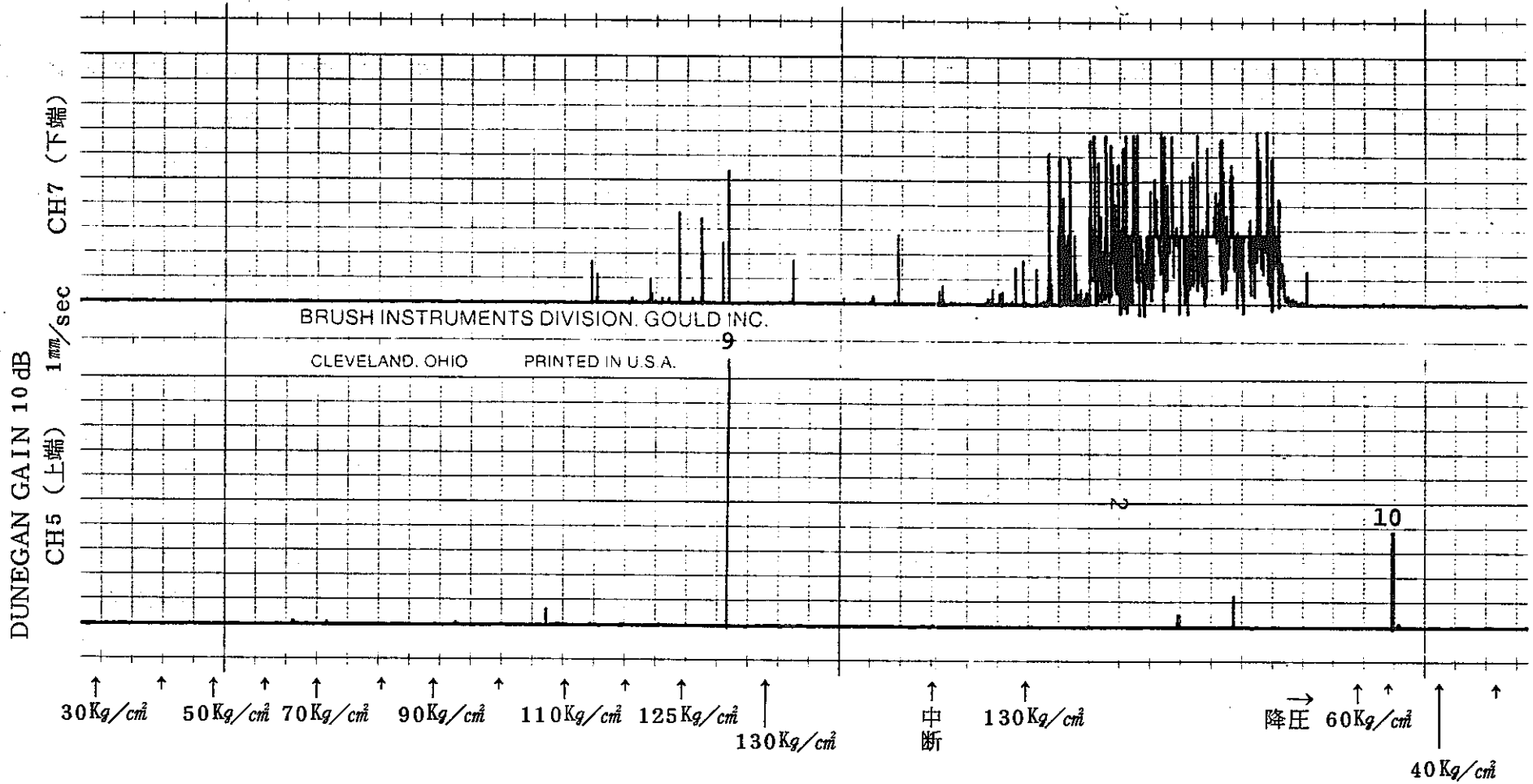


図 24 第 2 回加圧中 AE 測定結果 (上端)

上段 比較のため再生した下端で測定された
AE カウント率 (0.1 sec リセット)

下段 上端で測定された AE カウント率 (0.1 sec リセット)

ルスを数えるのみであった。しかも前に説明したリークによると考えられる極めて大振幅の連続型AEが下端のセンサでキャッチされているにもかかわらず上端ではカウントされていない。このことから、今回の再生での測定装置ゲインの問題もからんでいるが9.5 mの内部に水を張ったATR圧力管等の模擬構造は、その全長にわたって振幅レベルの小さなAEを伝播させることはほとんど出来ないのではないかと考えられる。

しかし、どれほどの長さまで伝播可能かという問題については、適当な模擬音源を用いて伝播距離をパラメータとした実験を行わねば解決しないことであり、保温材に囲まれたDチャンネルでは明らかにすることができなかった。

3.2.2.2 原波形の全体再生

図25にDチャンネル上端で採取されたAE信号の原波形を高速レコーダにより再生した結果を示す。図より明らかなように、第2回目加圧の最高圧力までバースト型AEの発生であった。しかし、かなり小さなレベルの信号を含めて考えても、その発生数は非常に少なかった。これは、下端におかれたAEセンサが燃料集合体から3 m以上も離れているにもかかわらず、多くのAEを測定したということから、これらAEの原因がなんであれ、下端のAEのほとんどは集合体とは直接関係ないことを示している。

また、上端でのAE信号には連続型らしきものが見られず、リークは起っていないと考えられる。しかし、下端において連続型AEの発生している時期に対応したところで、わずかではあるがバックノイズのレベルが増加しており、これが下端から伝播して来た連続型AEによるものであると考えられた。高速度レコーダ再生の結果は、このように大きなAE信号は充分約9.5 mのDチャンネルを伝播可能であることを示したが、この信号をAE測定装置に入れてカウント解析するには、あまりにもS/N比が小さすぎるということがわかった。

3.2.2.3 波形及び周波数分析

データレコーダより再生した信号をデジタルメモリに書き込みその波形再生及び周波数分析した結果例を図26に示す。対象とした信号は図24において、9と番号付けされたものである。図17との比較より明らかなように、第1回目加圧時に得られた信号と同じ傾向を示す長いリングングと最大ピーク周波数を持ち、大きな相異は見られなかった。

3.3 第3回目加圧試験結果

3.3.1 Dチャンネル下端での測定結果

3.3.1.1 カウント解析

図27に第3回目加圧中に得られたAEのカウント解析結果を示す。

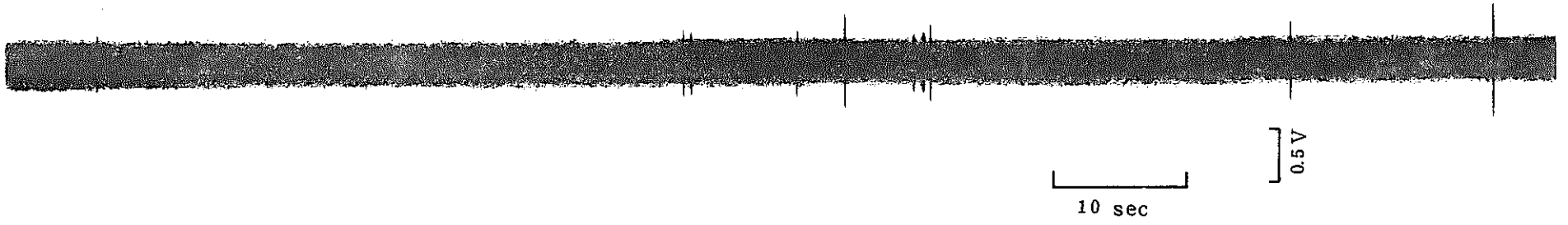


図 25 - 1 第 2 回目加圧中に発生した AE 信号 (上端)
5KHZ ハイパス

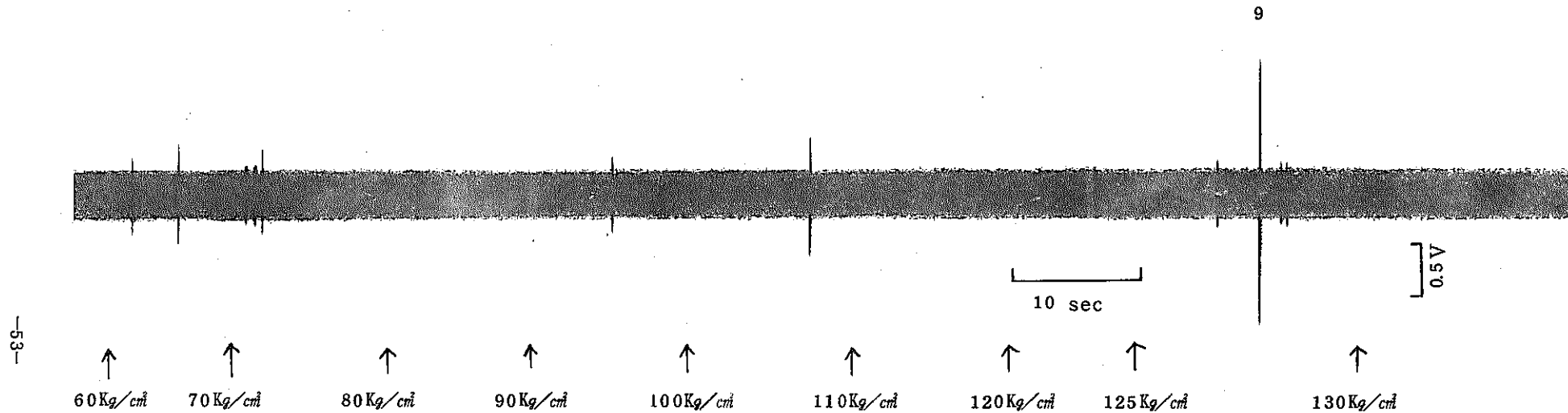


図 25 - 2 第 2 回目加圧中に発生した AE 信号 (上端)
5KHZ ハイパス

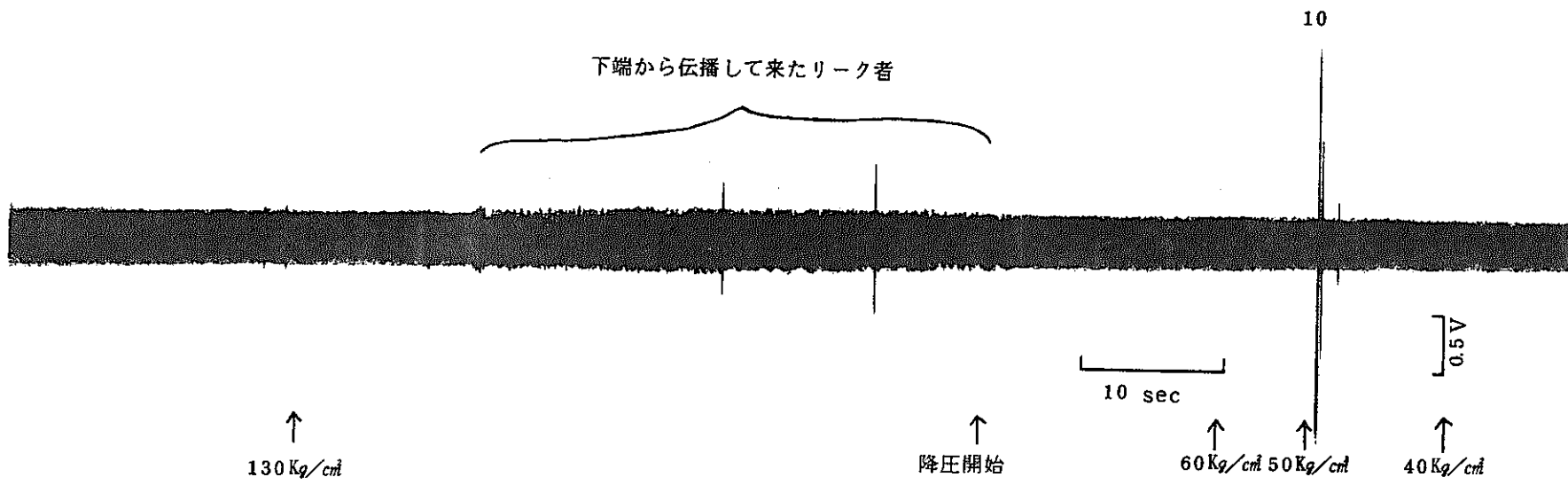


図 25 - 3 第 2 回目加圧中に発生した AE 信号 (上端)
5 KHZ ハイパス

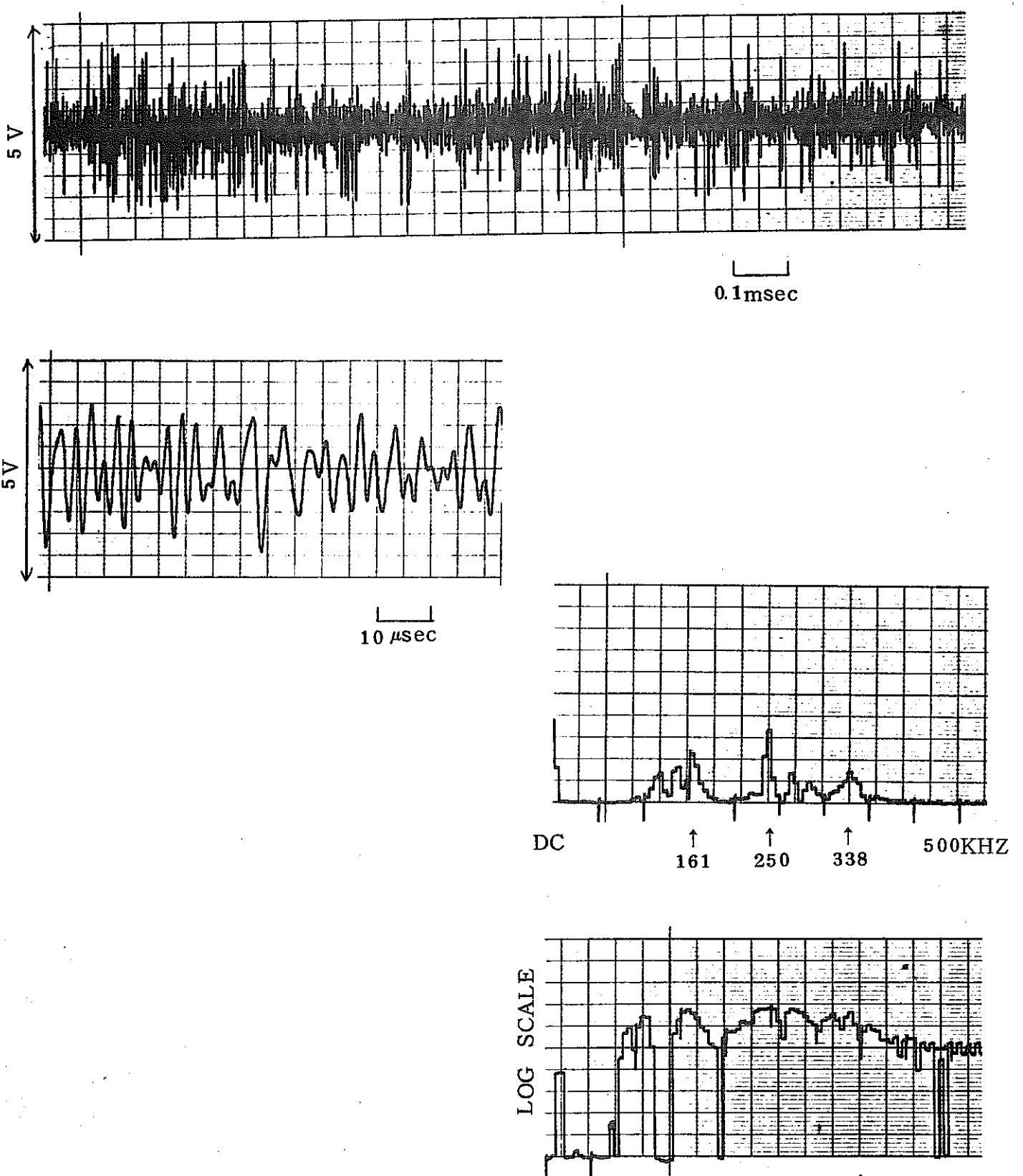
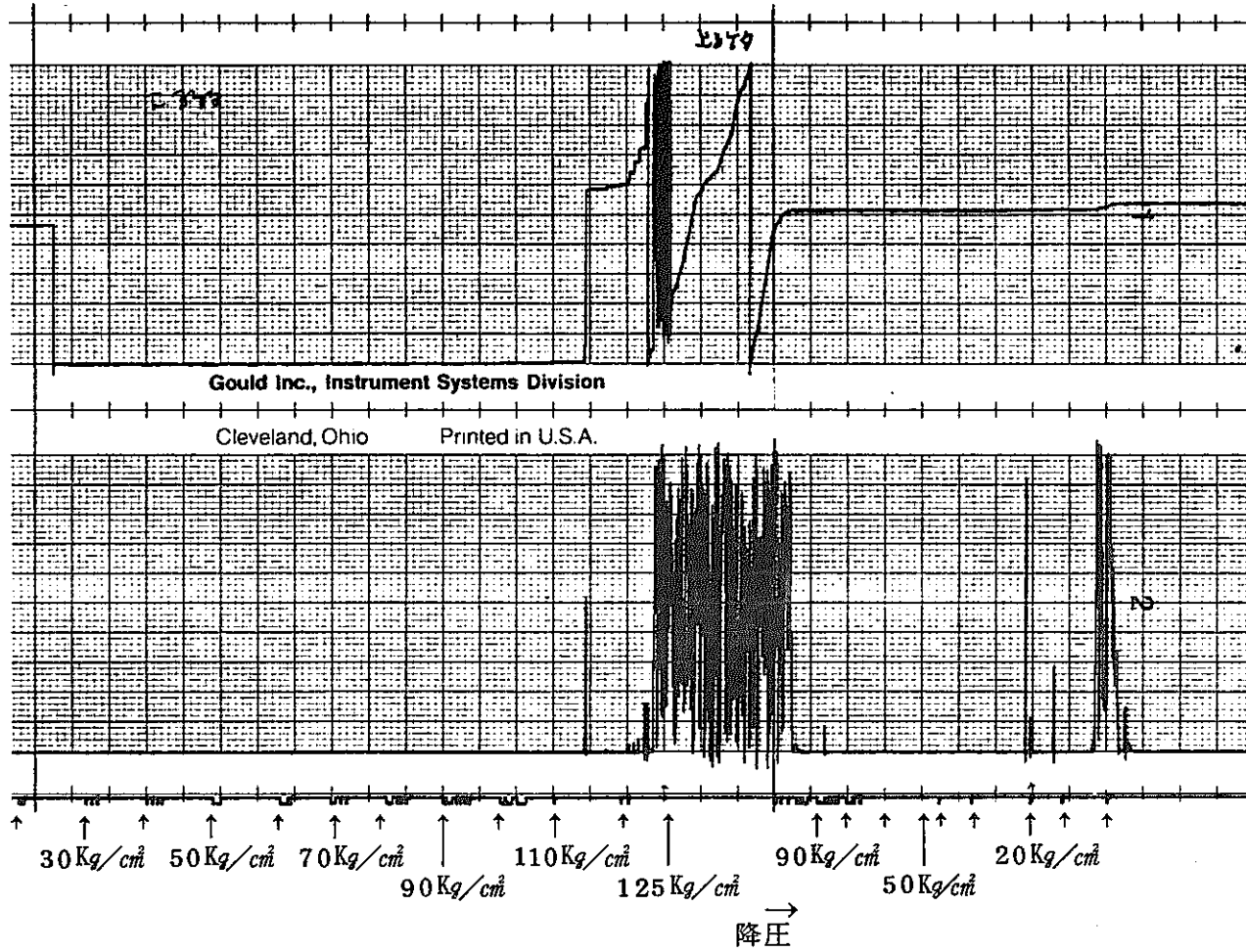


図 26 上端で測定されたAE信号波形と⑨
その周波数分布



Gould Inc., Instrument Systems Division

Cleveland, Ohio Printed in U.S.A.

図 27 第 3 回加圧中 AE 測定結果 (下端)

上段 累積カウント数

下段 カウント率 (0.1 sec リセット)

今までと同様上段が累積カウント、下段がカウント率である。図より明らかなようにA Eの急激な増加は圧力が 125 Kg/cm^2 の時に始まっており、これは第2回目加圧時よりやや低い圧力であった。

このように繰り返し加圧によってA E発生の時期が、低圧力側に移ってくることはこれらA Eの原因がどこかの割れに起因するものと仮定すると、このような現象はその割れが加圧により成長していることを示している。そのため第3回目の加圧はA E発生が低圧力側に移ったことを確認した後、ただちに中止し、すみやかに降圧に移った。

3.3.1.2 原波形の再生及び周波数分析

図28に第3回目加圧中に得られたA Eの原波形再生結果を示す。図より明らかなように、第2回加圧時のA Eと同じような連続型の信号であった。

したがって、これもリークによるものであると考えられた。しかし連続発生中のA E信号振幅は、第2回加圧時のそれと比べ比較的小さく、しかもその振幅変動が大きかった。このような平均振幅レベルの減少は、加圧の回を追うごとに著しくなる傾向を示し、繰り返しにより、A Eの発生原因が影響をうけることを示していた。

第3回目加圧中に連続発生したA E信号の周波数分析結果を図29に示す。

図より明らかなように主なピーク周波数は、低い周波数側から 104 KHZ 、 146 KHZ 、 276 KHZ で前回の分析結果と一致しており、A Eの原因としては全く同一のものであると考えられた。第3回目加圧中に得られた波形の一部を拡大して連続型A Eの細部を図30、31に示す。しかし、20倍もの拡大によっても要素に分解されなかった。

3.3.2 Dチャンネル上端での測定結果

3.3.2.1 カウント解析

図32に上端についてのA Eカウント解析結果を示す。

上段は比較のため再生した下端でのA Eカウント率であり、下段はここで述べるところの上端におけるA Eカウント率であるが、図より明らかなようにほとんどA Eの発生はなかった。

3.3.2.2 原波形の再生

高速レコーダにより再生した第3回加圧中の上端におけるA E信号を図33に示す。

図より明らかなように、バースト型のA Eは、ほとんどがなかったが下端において連続型A Eの発生している時期に対応してわずかな信号レベル増加がみられ、これは下端から伝播して来た連続型A Eによるものと考えられた。

3.4 増締め後の測定

試験はこの後、加圧、降圧を2回繰り返し、そのつどA E測定が行われたが、採取された

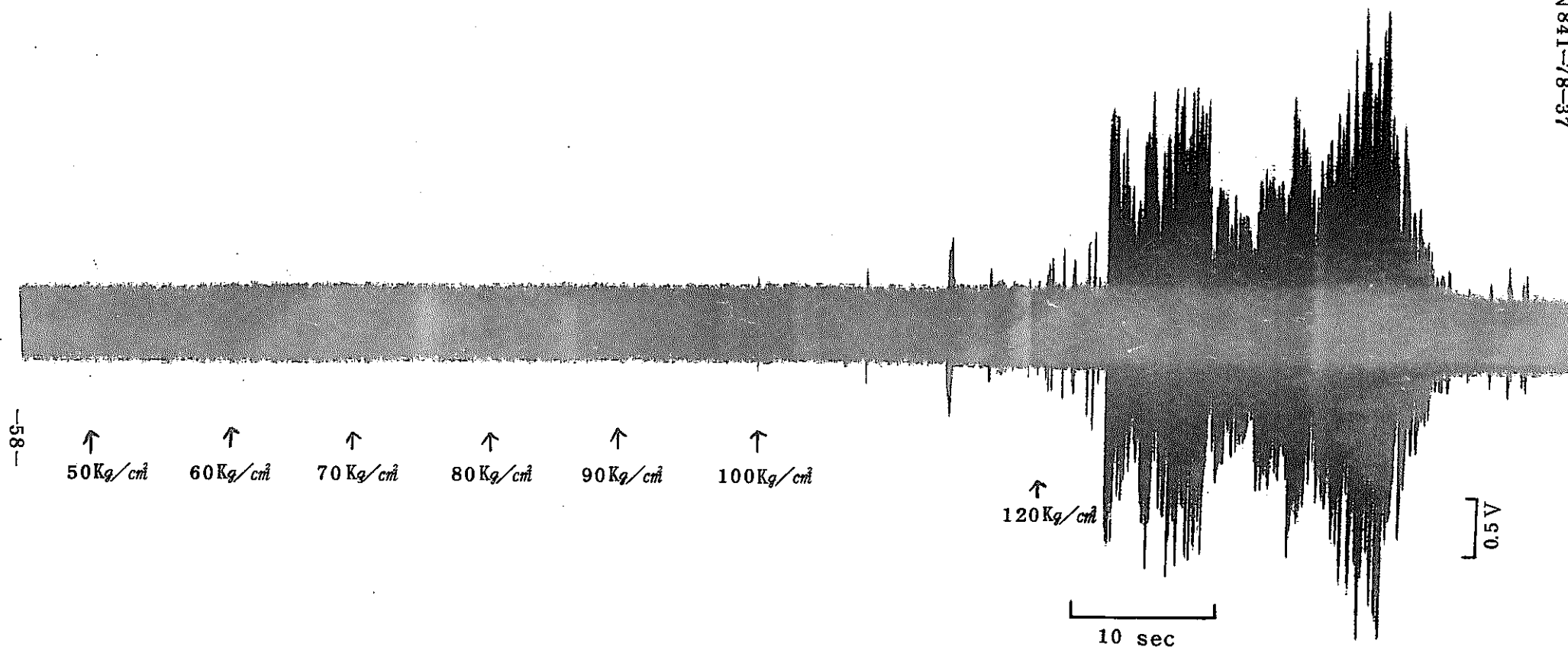


図 28 第 3 回目加圧中 AE 信号 (下端)
5 KHZ ハイパス

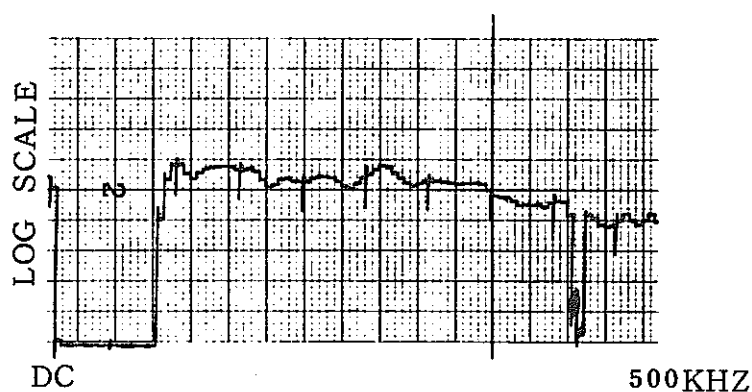
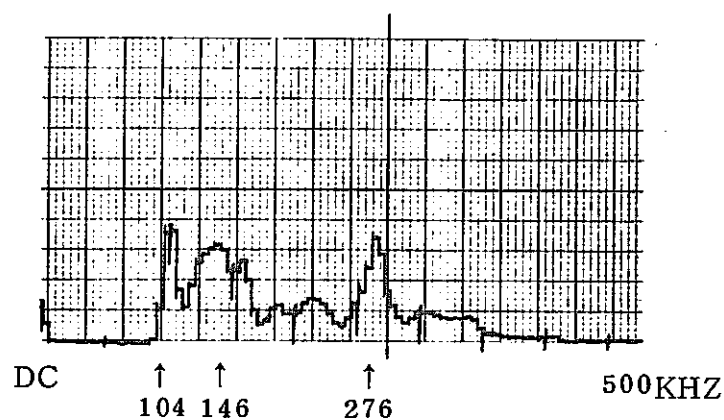


図 29 第 3 回目加圧中に下端で得られた
連続型 AE のパワースペクトル
データレコーダから直接解析した。

(C - 120 Av 8192, S.P 1 μ sec
Range 1V, MLT X 4
F - 120 MLT X 16
BRUSH 20mv/diw, 1 mm/sec)

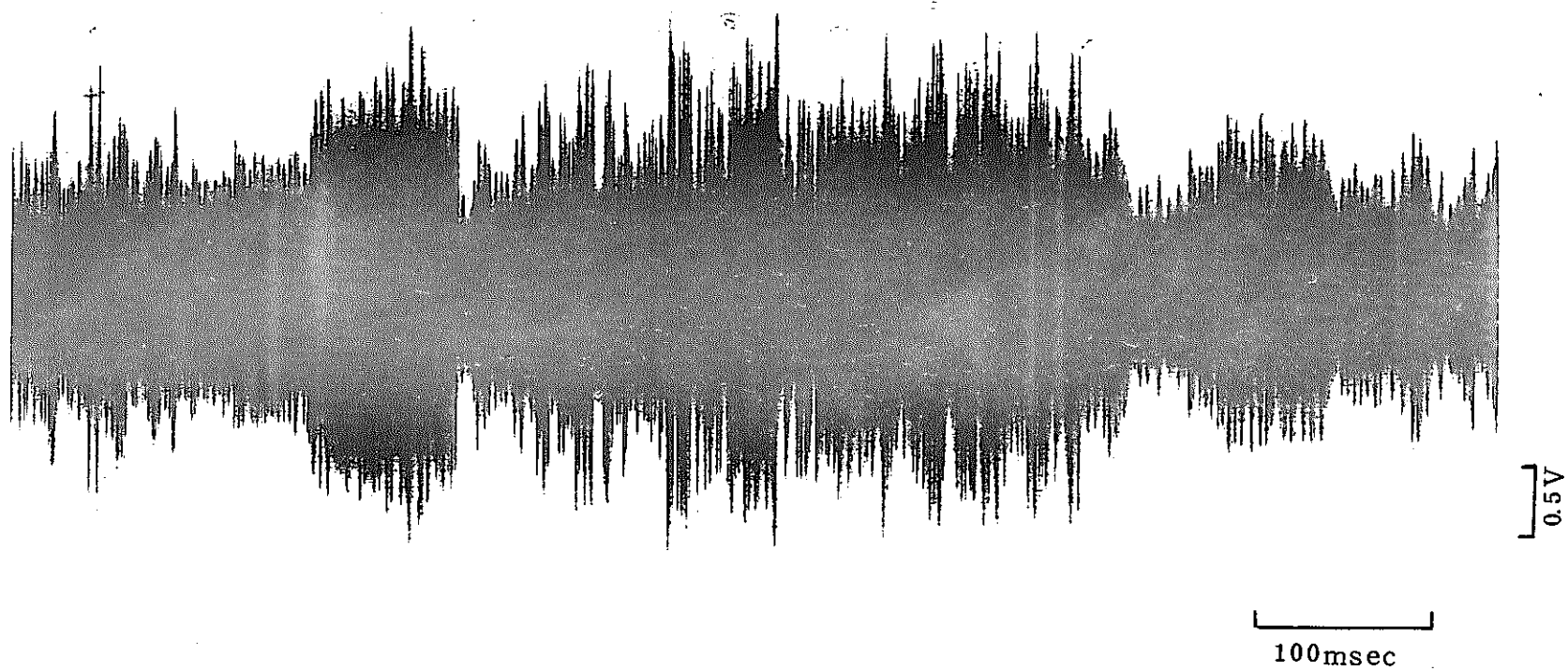


図 30 第 3 回目加圧時に発生した連続形 AE 信号波形の
高速度レコーダによる拡大記録 (1)
5 KHZ ハイパス

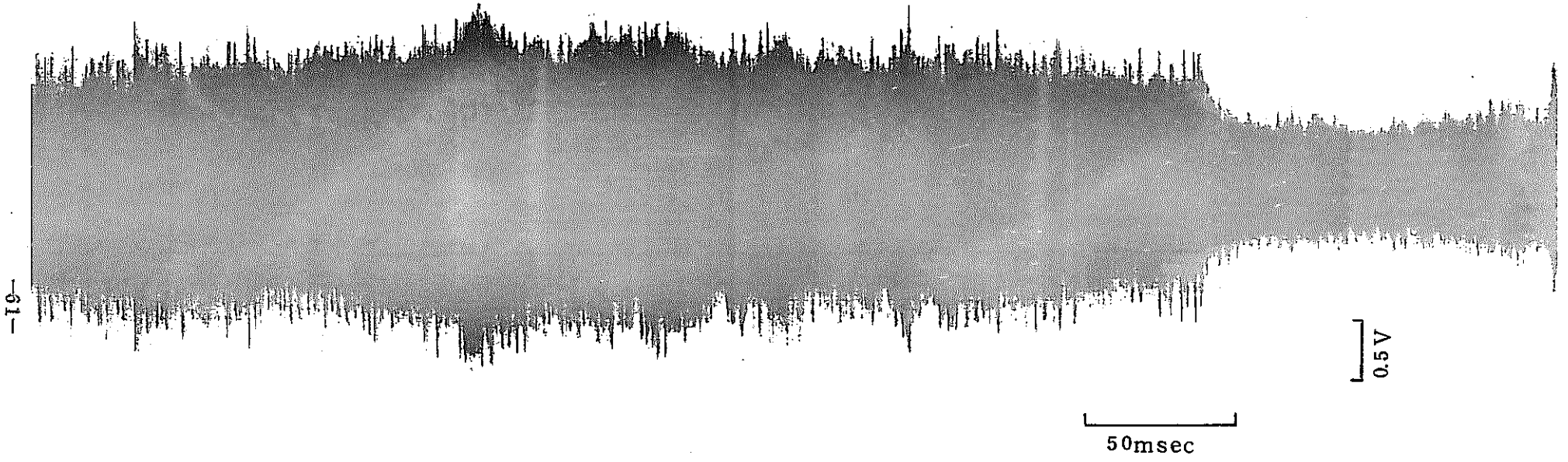


図 31 第 3 回目加圧時に発生した連続形 AE 信号波形の
高速度レコーダによる拡大記録 (2)
5KHZ ハイパス

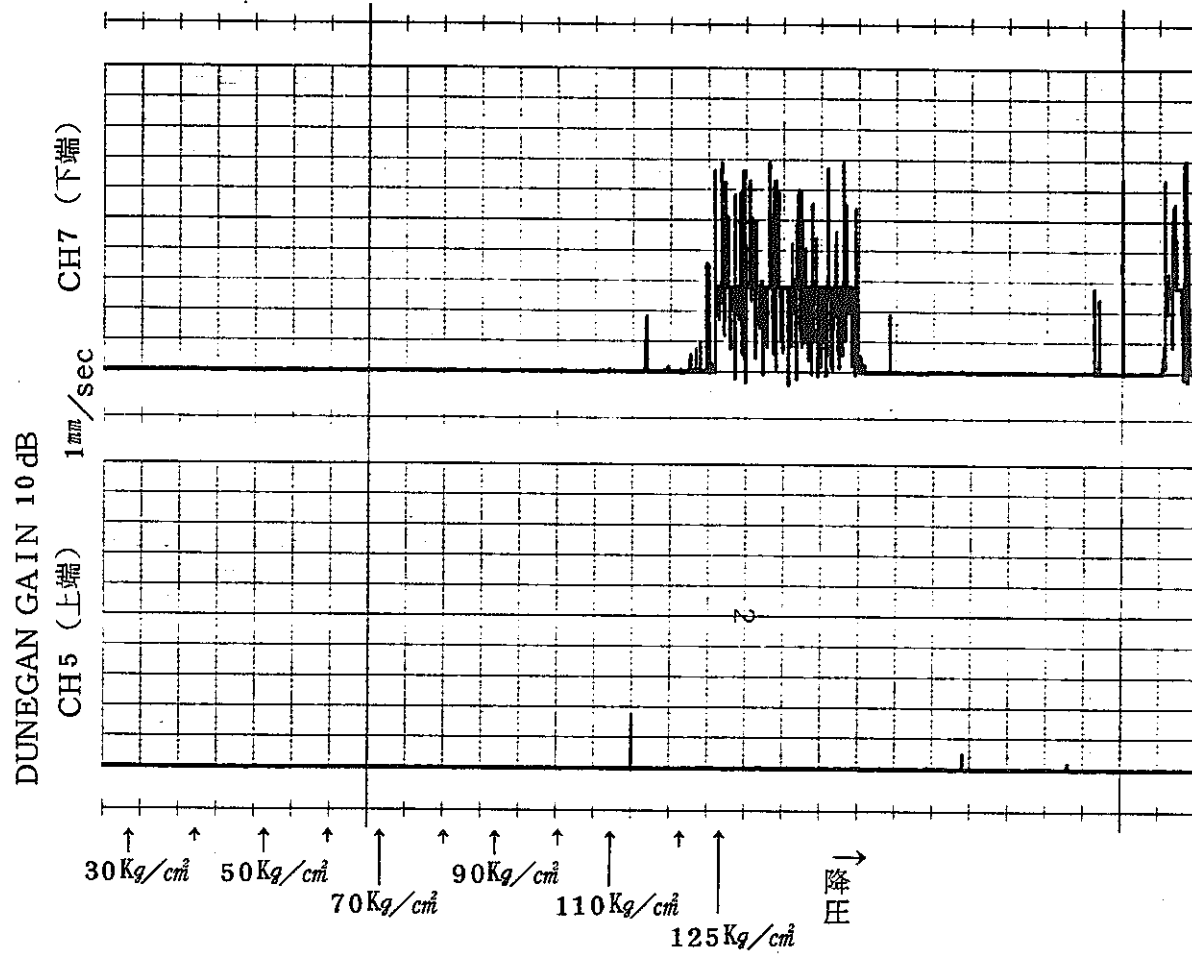


図 32 第 3 回加圧時 AE 測定結果 (上端)

上段 比較のため再生した下端で測定された
AE カウント率 (0.1 sec リセット)

下段 上端で測定された AE カウント率 (0.1 sec リセット)

-63-

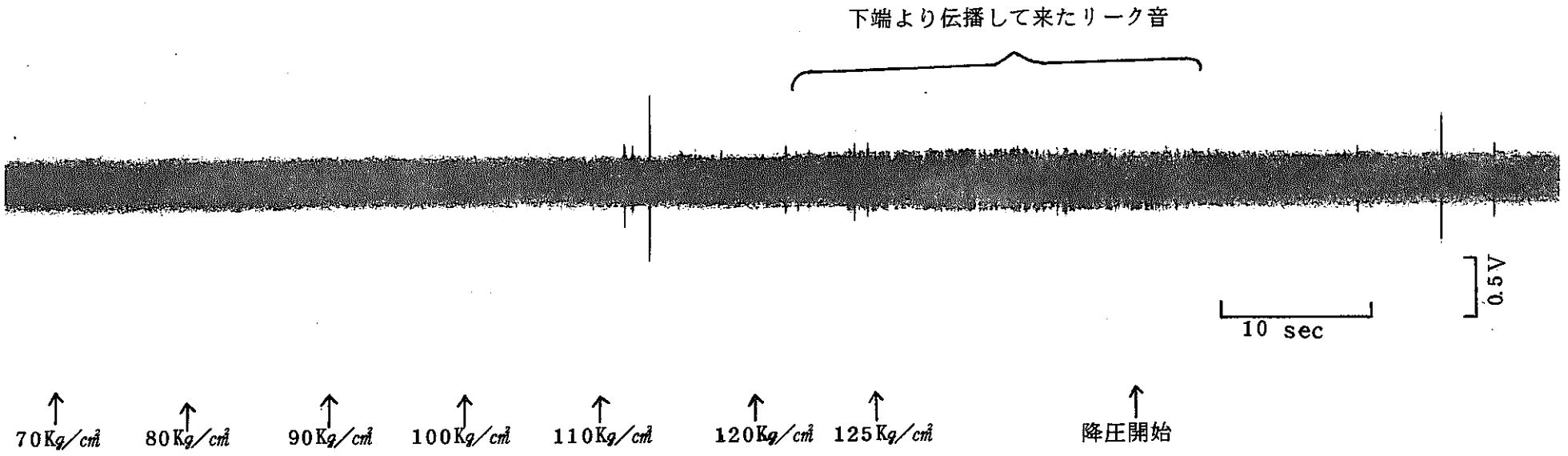


図 33 第 3 回加圧中 AE 信号 (上端)
5 KHZ ハイパス

AEの特性等は、それまでの結果と大差なかったためここでは割愛する。

五回目の加圧試験中にフランジから極めて微量の漏水が発見された。

そのリーク率は、測定されていないが数滴/分程度のものであった。このため下端めくらフランジの増締めを行なったがゆるみは少なくほとんど締め込みはできない程であった。

増締め後に行った $130\text{Kg}/\text{cm}^2$ までの加圧中AE測定結果を図34に示す。図より明らかなように、AEの発生は見られなくなり、今まで測定されていた連続型AEが前述のリークによるものであることが確認された。なお、図において圧力 $0\text{Kg}/\text{cm}^2$ 直前で発生しているAEは急激な降圧操作が原因するポンプからのノイズである。

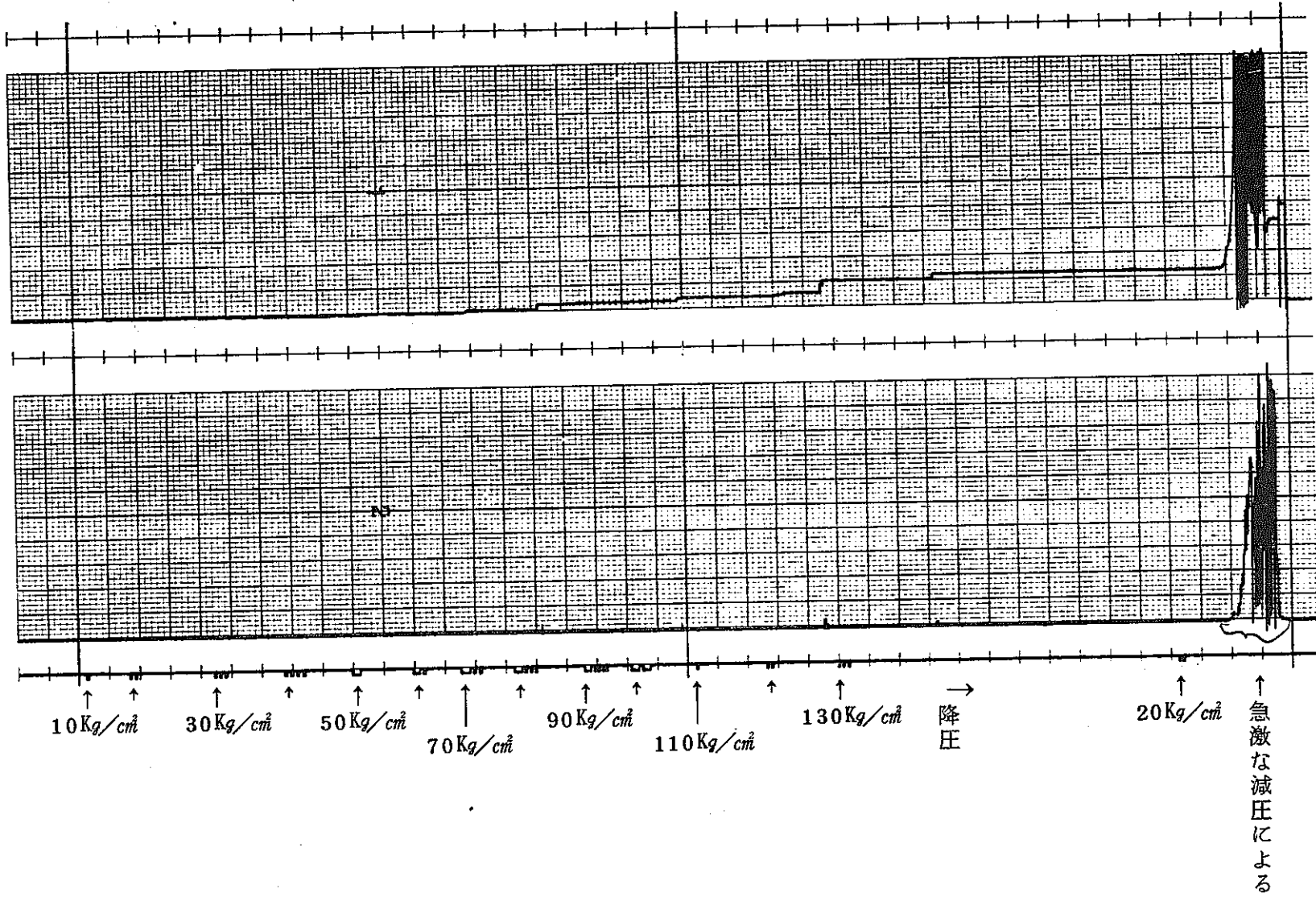


図 34 フランジ増締め後加圧中のAE測定結果

上段 累積カウント

下段 カウント率 (0.1 secリセット)

4. ま と め

AE法によるATR圧力管定期検査法開発のための基礎データ収集を目的として大洗工学センターのCTL-Dチャンネル加圧試験時AE測定を行なった。

加圧は数回にわたって繰り返され、加圧過程のAE測定が行なわれた。

第1回目加圧中に下端で測定されたAEは、すべてバースト型であり、その最大ピーク周波数はおよそ110KHZであることがわかった。また、Dチャンネル上・下端それぞれで採取されたAE信号は、下端のものと比べてリングング長さに差が見られ上端でのAE信号のほうが長いリングング時間を示していた。

第2回目加圧では前回の最大圧力付近まではほとんどAEの発生は見られなかったが、130Kg/cm²の圧力において非常にレベルの高い連続型AEの発生があった。

この後も行われた再加圧の時も連続型AEが発生しており、それは下端めくらフランジにおける極くわずかな漏水によるものであることが確認された。

また、このリークによる連続型AEのピーク周波数は276KHZで各再現試験の結果も同じであった。これらの結果よりATR圧力管の定期検査において水圧加圧を行いリークの有無を見るためには、AE法が非常に高感度で適用可能であることがわかった。

しかし、リークによるAEが下部・上部延長管を含めた長さ9.5mを伝播すると非常に減衰してしまうため、ロールジョイント部のリークテストのためには、上部・下部夫々にAEセンサをつける必要のあることがわかった。

5. 謝 辞

今回の試験を実施するにあたり、機会を提供され、また御援助下されたHTL小堀哲雄氏、CTL小鷹幸三氏、成尾一輝氏、鴨志田洋氏、そして敦賀、太田猛男氏に深く感謝いたします。

6. 参 考 文 献

- (1) マルエージ鋼のAcoustic Emission 特性の測定 (I)
ESN 828-76-05 五十嵐・近藤・他
- (2) ATR用圧力管材料のAcoustic Emission (II)
原子力学会昭和52年 の分科会 五十嵐・近藤・他
- (3) 原子炉冷却機漏洩検出法の開発
PNC SN 941-77-183 清野・渡辺・他

7. Appendix I

第1回加圧中に下端で採取されたAE信号の
波形とパワースペクトル

ここで示したデータは、データレコーダから再生したAE信号を一旦デジタルメモリに取り込み、その後、波形再生、周波数解析を行なったものである。

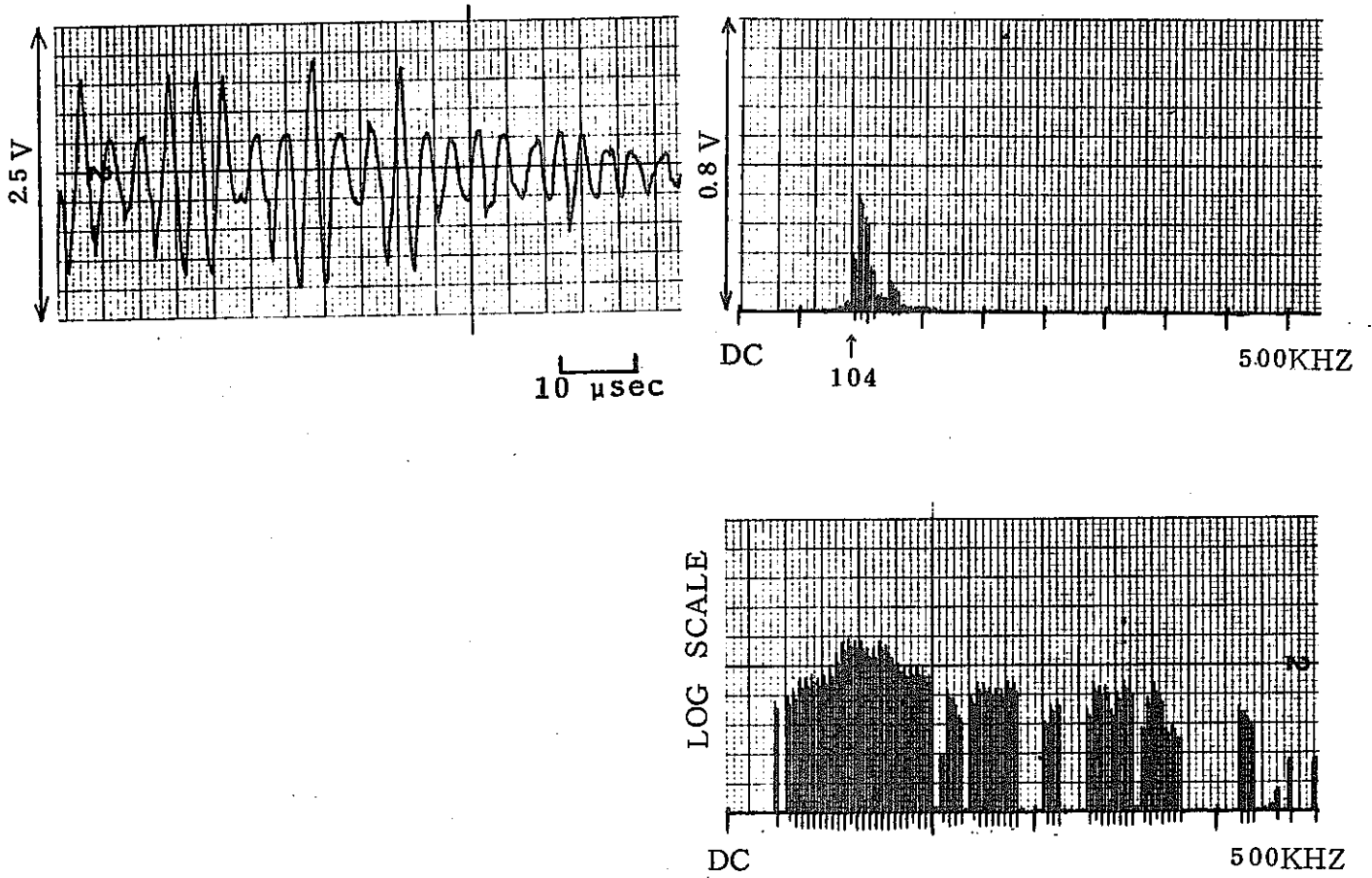
データは全部で36あるが、このうちのいくつかは本文中で使用しているため、番号は必ずしも連続していない。

尚、波形再生及び周波数解析時には、信号の振幅にしたがって、レコーダおよび測定装置のレンジを変更した。

これら解析のための信号採取は、オンラインで得られたカウント率のチャートをガイドにして、発生状況に変動がみられた個所から行なった。どの信号を採取したかは、カウント率のチャート中に示した番号で明らかにしてある。

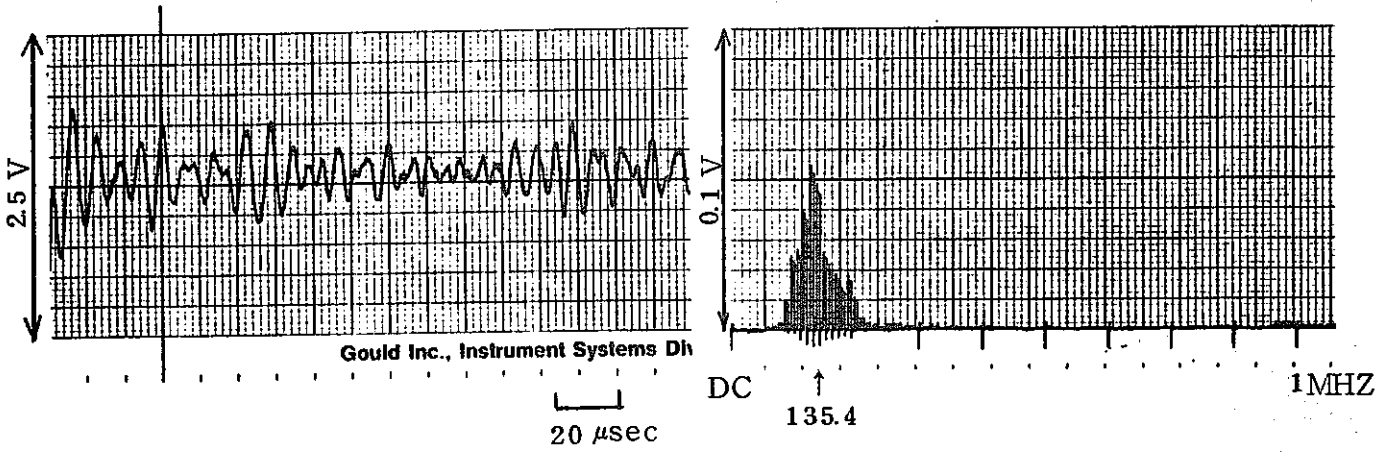
下端についてのこのような解析は第1回目の加圧中に得られた信号についてのみ行なっている。これは、第2回目の加圧以降では、下端ではリークだけが起っていたため、リーク音の解析を主としたからである。

下端 №1

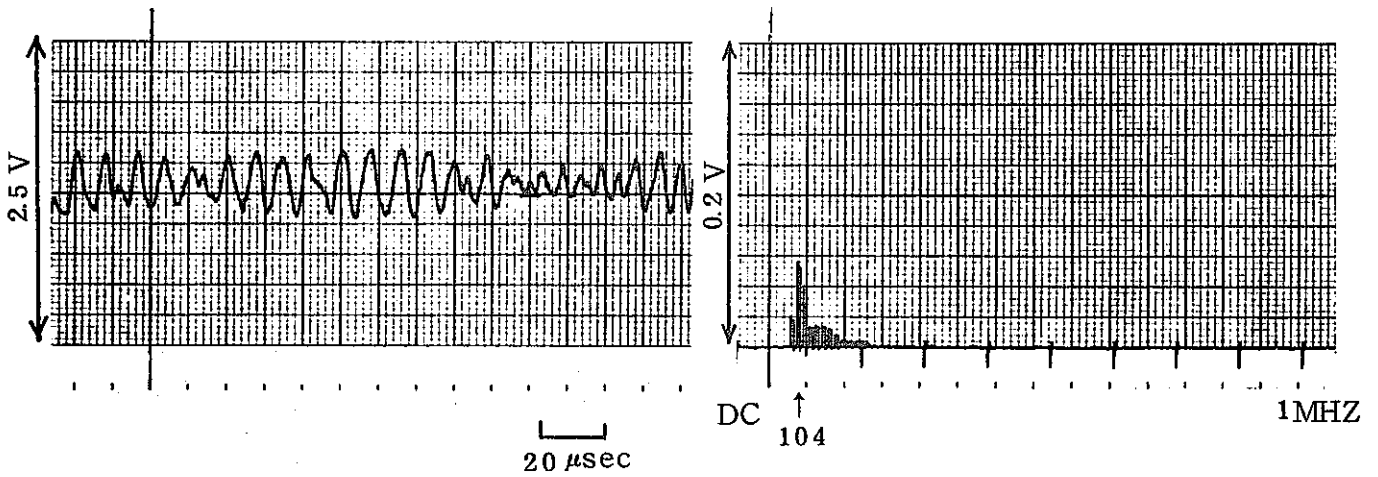


第1回加圧中に下端で採取された
AE信号の波形とそのパワースペクトル ①

下端 № 2



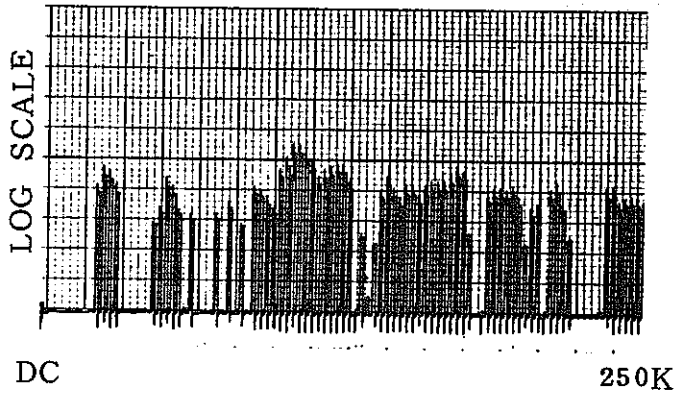
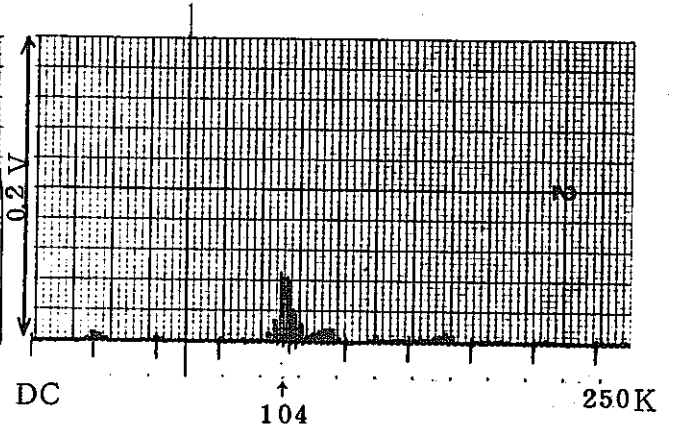
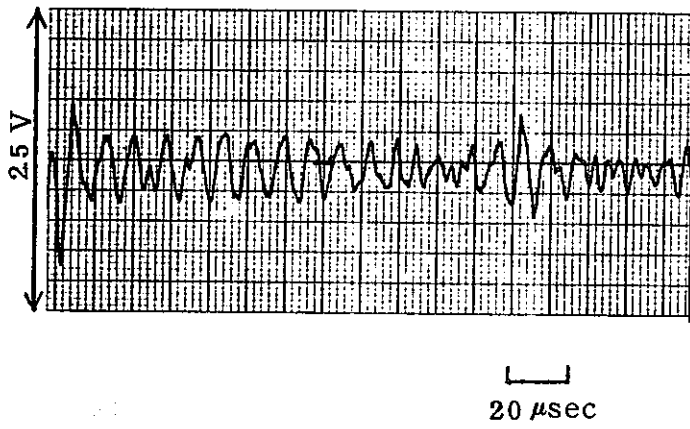
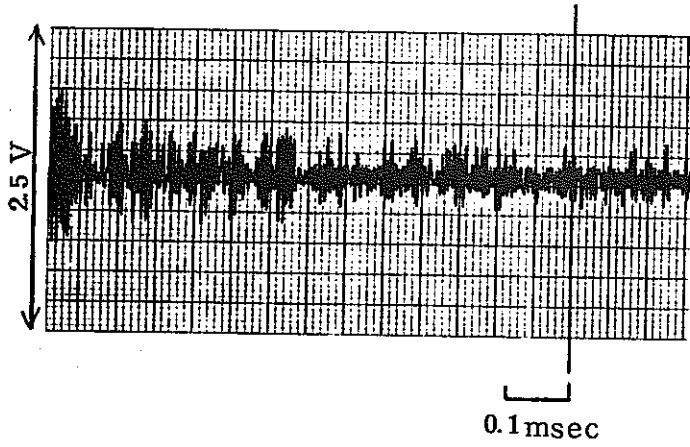
下端 № 4



第 1 回加圧中に下端で採取された
AE 信号の波形とそのパワースペクトル ②, ④

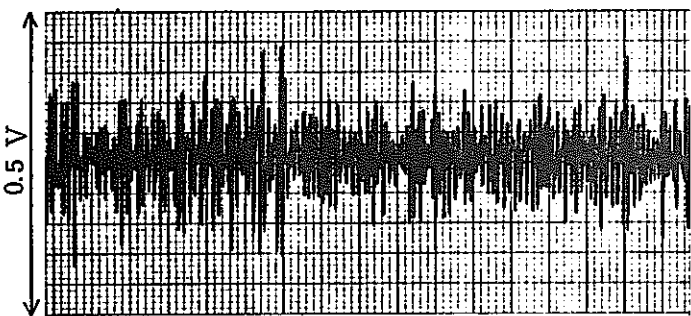
N841-78-37

下端 No. 7

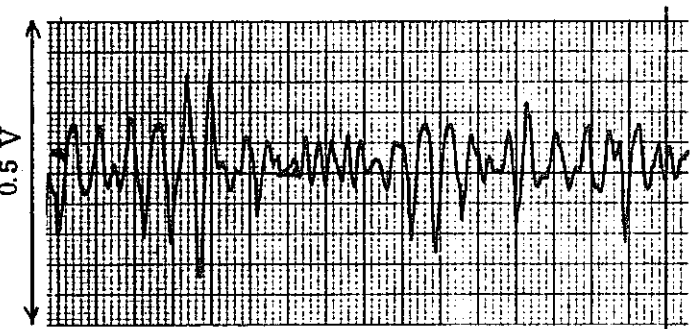


第1回加圧中に下端で採取された
AE信号の波形とそのパワースペクトル ⑦

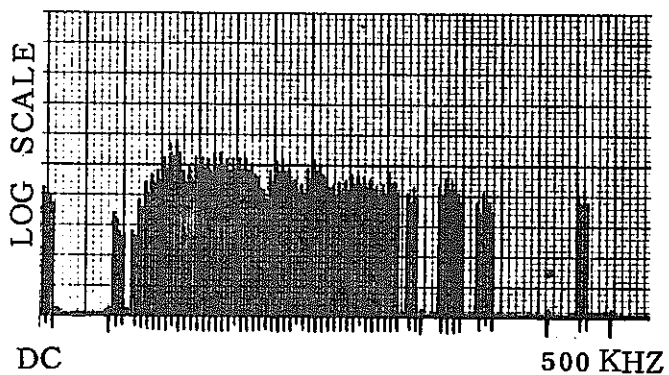
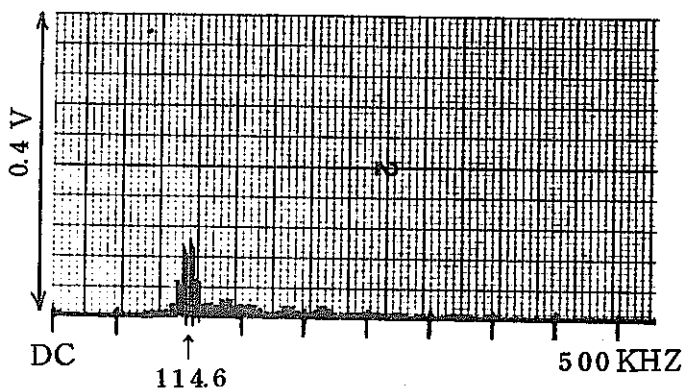
下端 No.8



0.1 msec

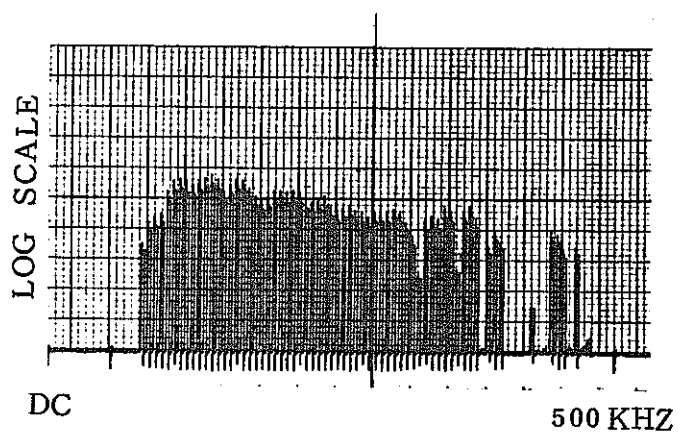
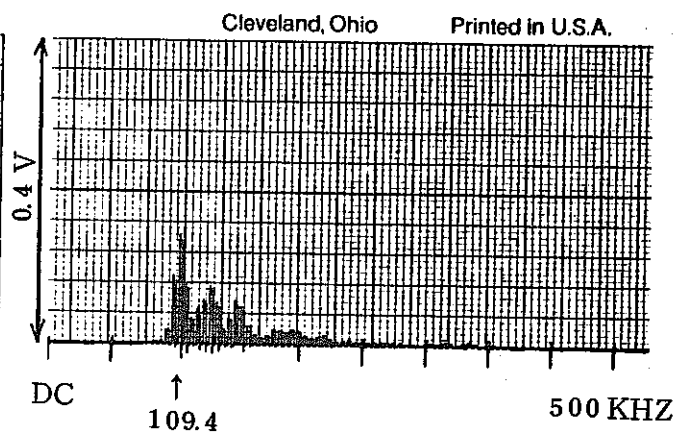
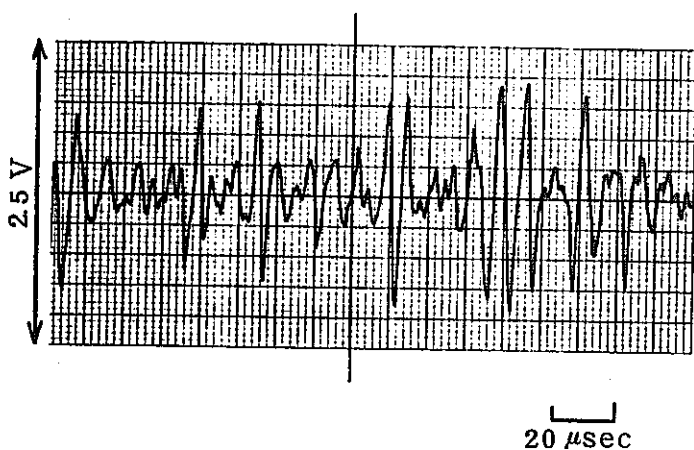
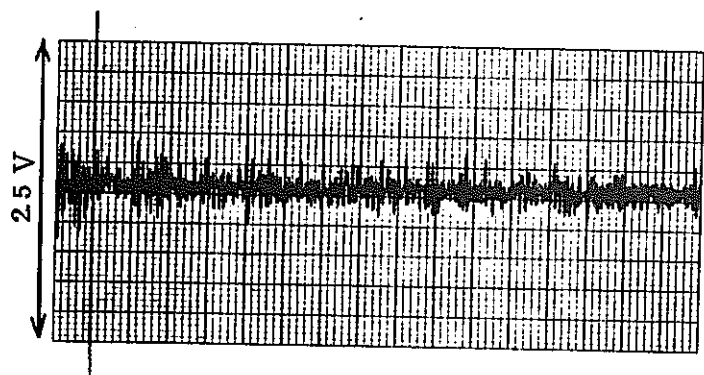


10 μsec



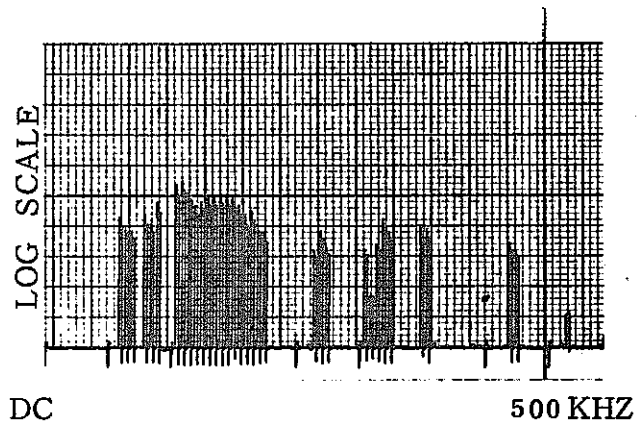
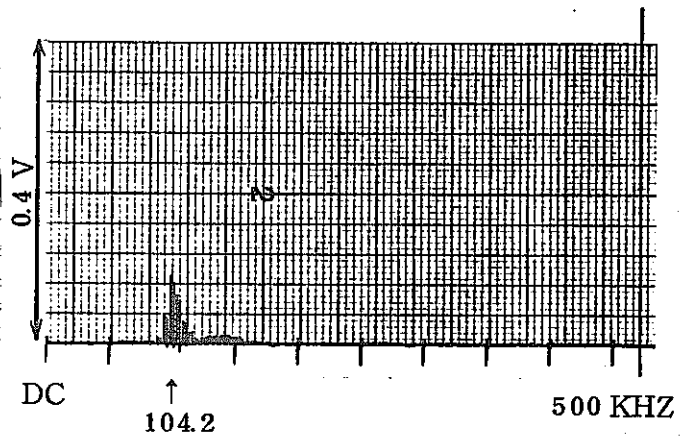
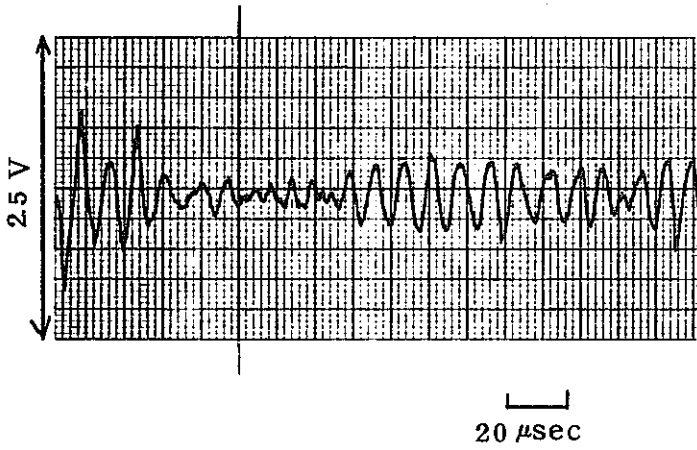
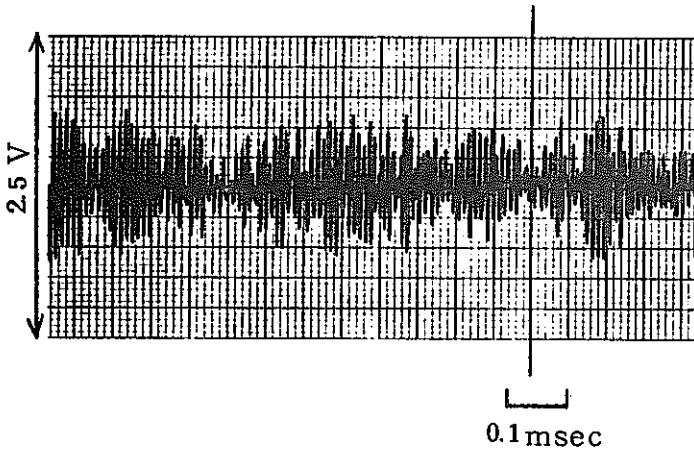
第1回加圧中に下端で採取された
AE信号の波形とそのパワースペクトル ⑧

下端 №9



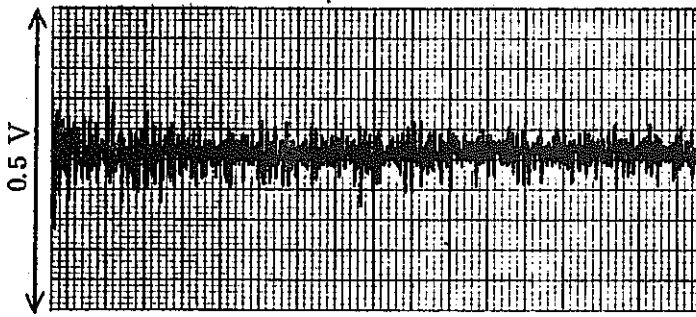
第1回加圧中に下端で採取された
AE信号の波形とそのパワースペクトル ⑨

下端 No 10

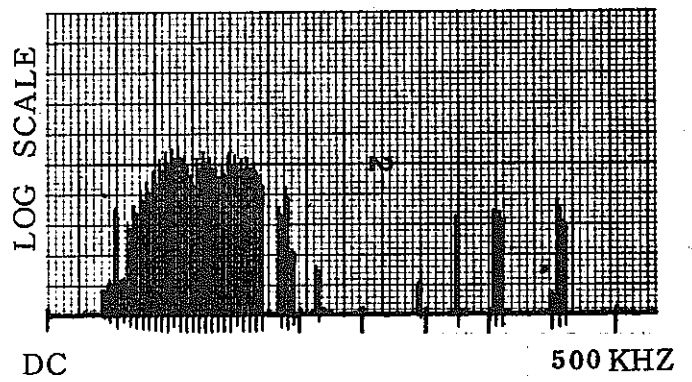
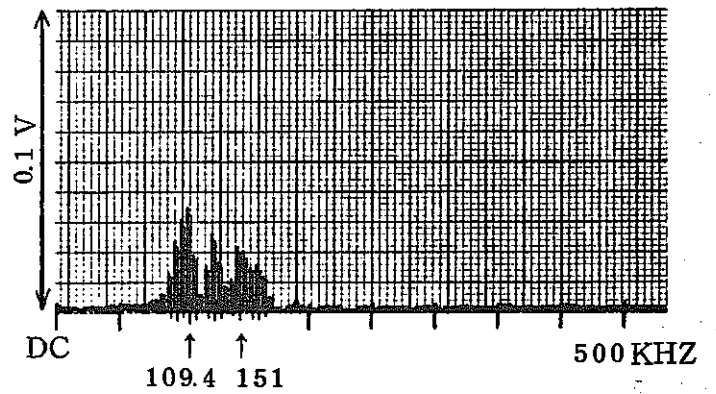


第1回加圧中に下端で採取された
AE信号の波形とそのパワースペクトル ⑩

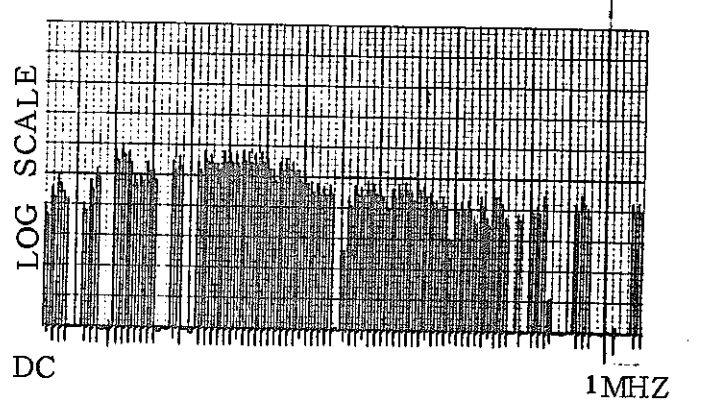
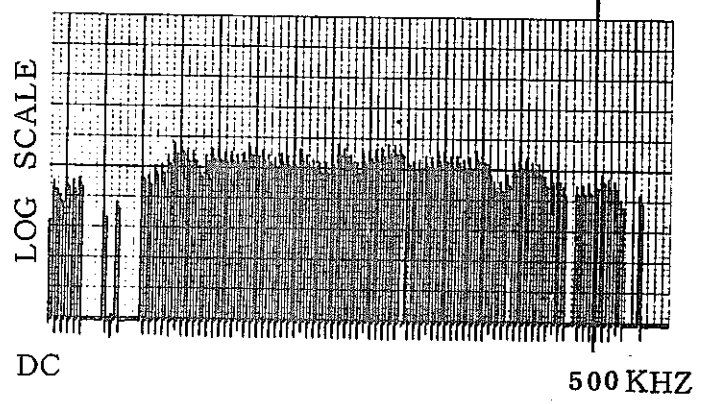
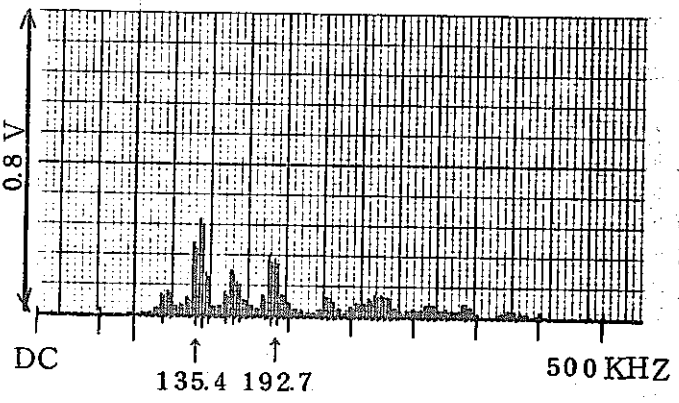
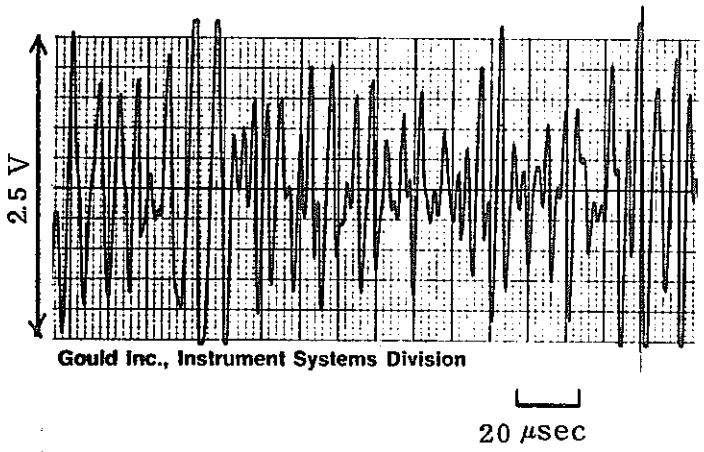
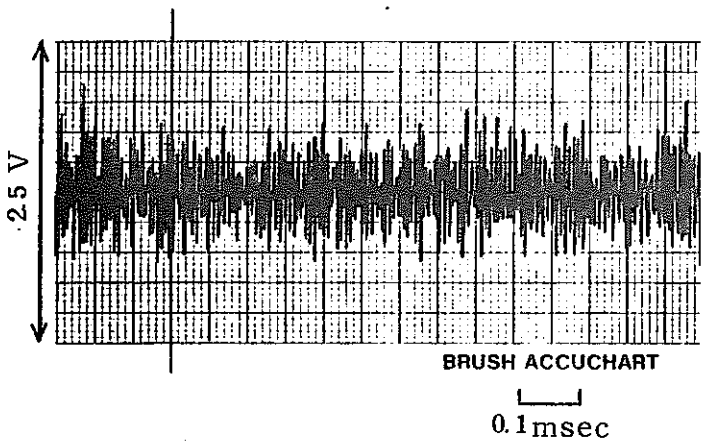
下端 №11



0.1 msec

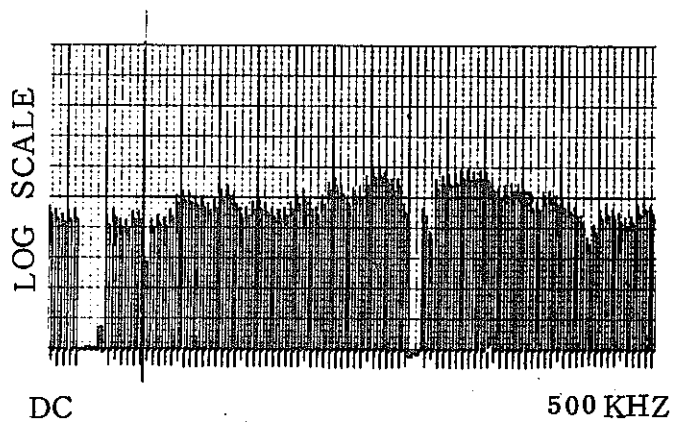
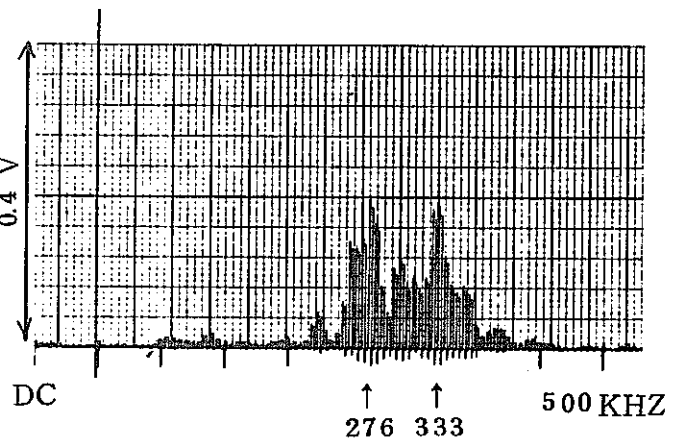
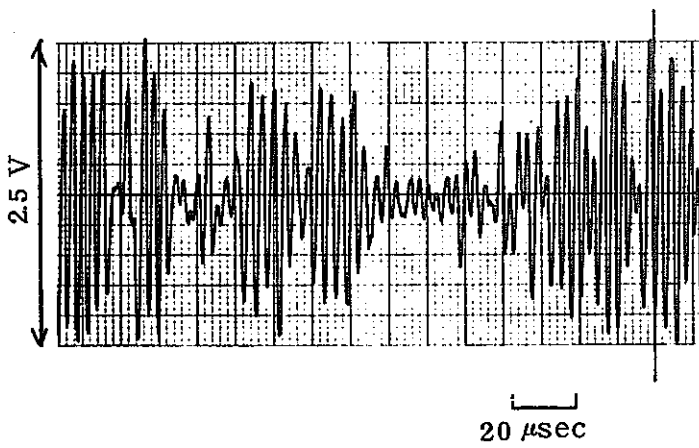
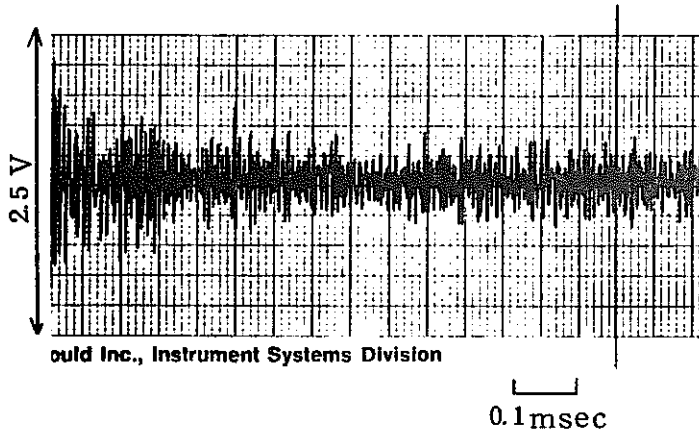


第1回加圧中に下端で採取された
AE信号の波形とそのパワースペクトル ⑪



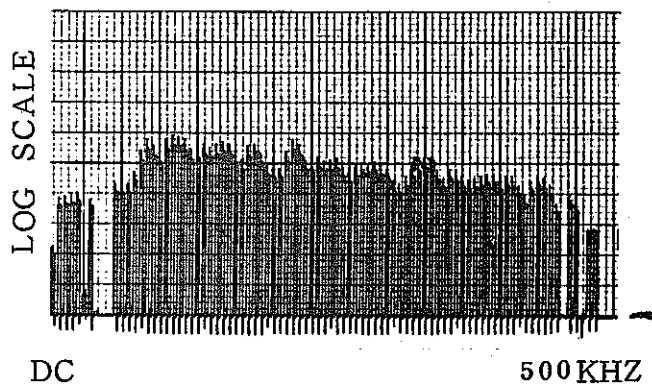
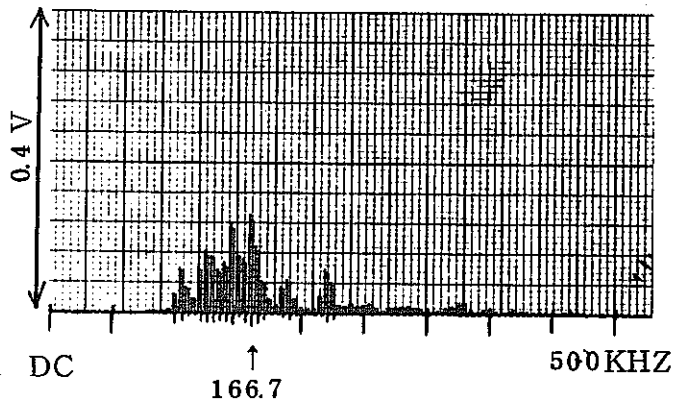
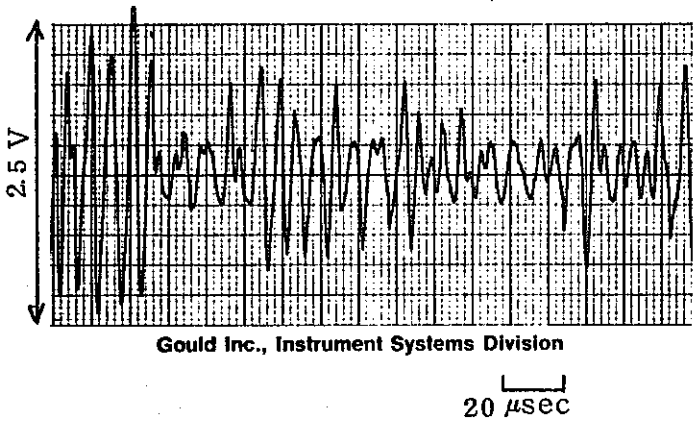
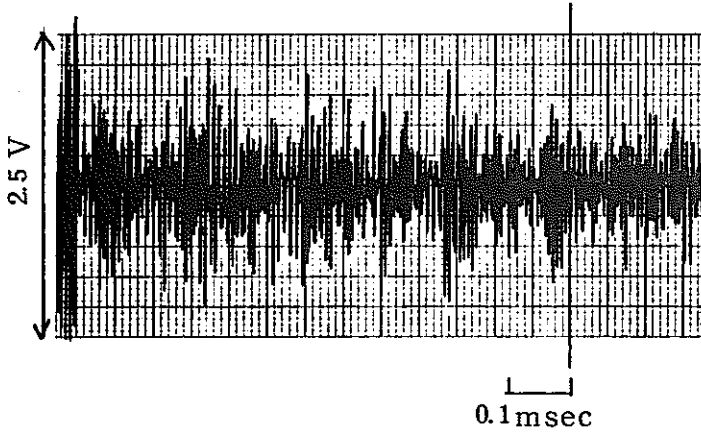
第1回加圧中に下端で採取された
AE信号の波形とそのパワースペクトル ⑬

下端 №13

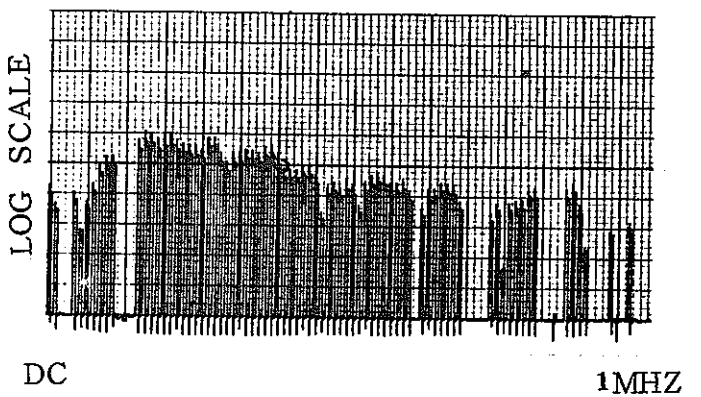
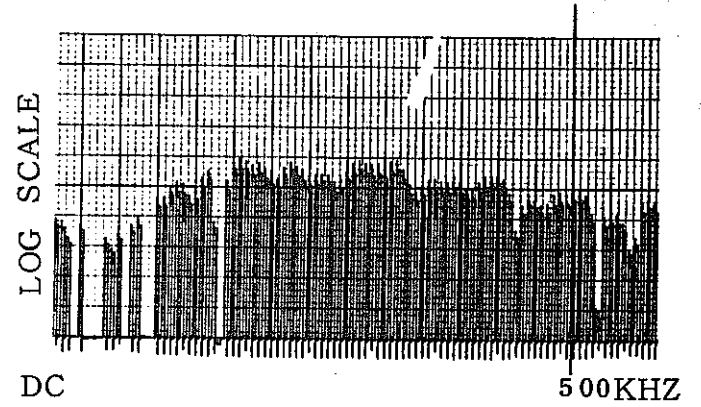
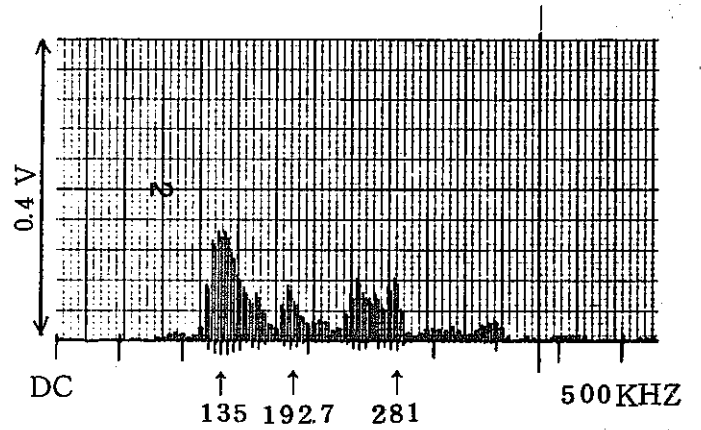
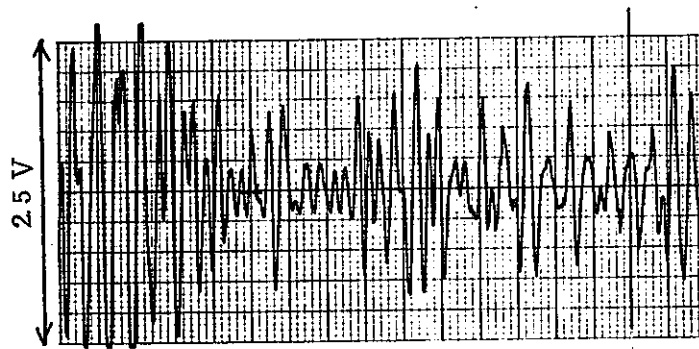
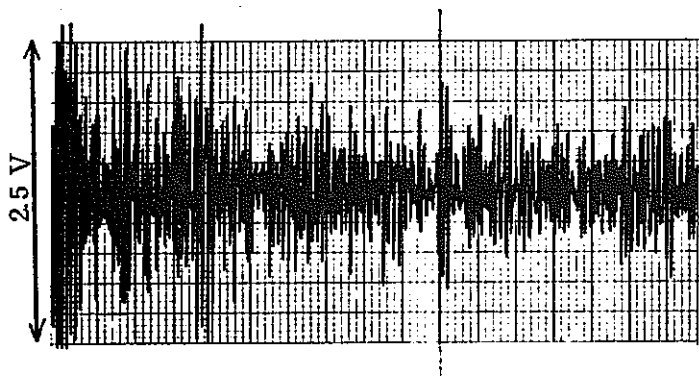


第1回加圧中に下端で採取された
AE信号の波形とそのパワースペクトル (13)

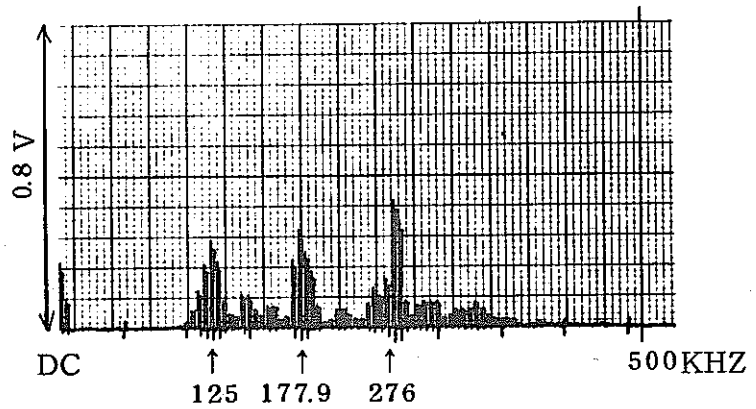
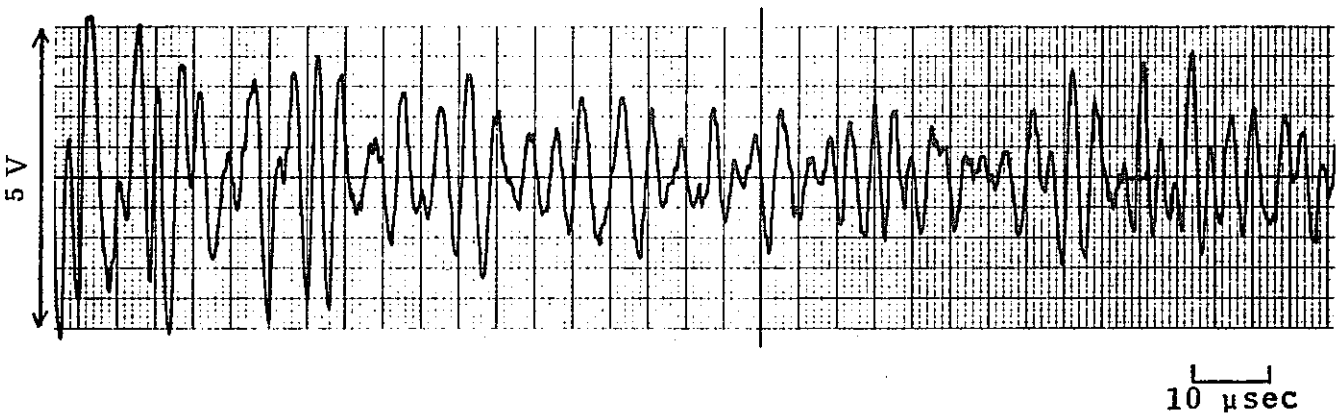
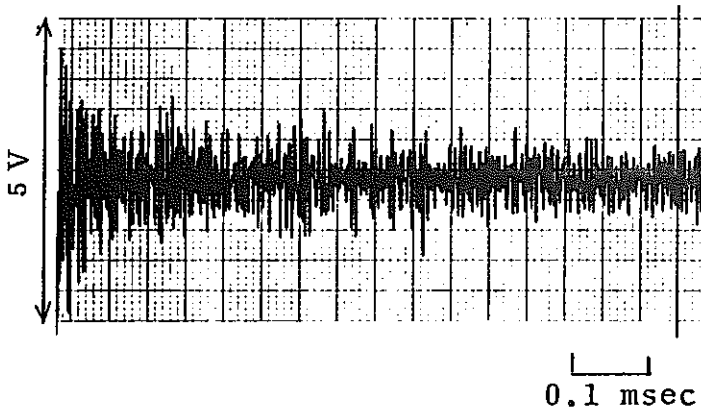
下端 No. 14



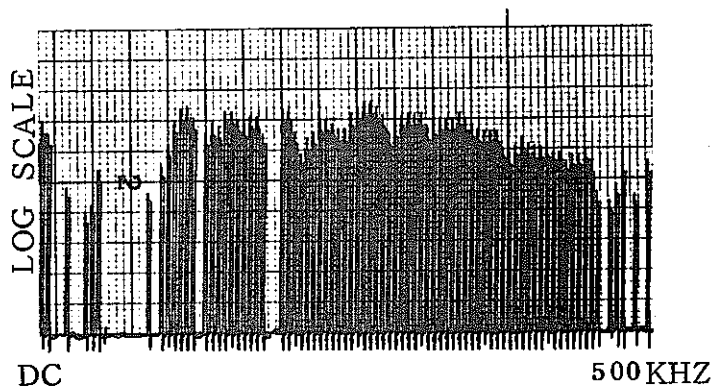
第 1 回加圧中に下端で採取された
AE 信号の波形とそのパワースペクトル ⑭



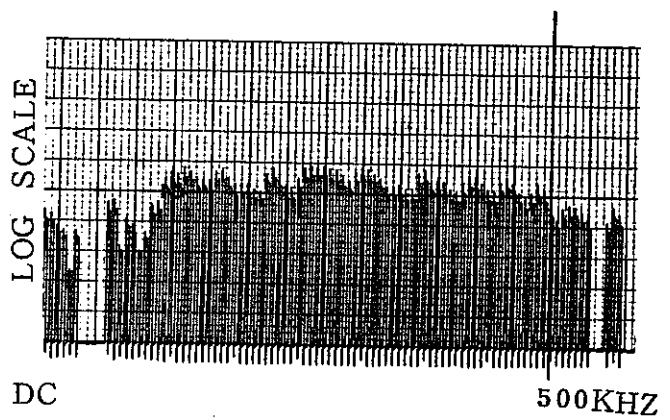
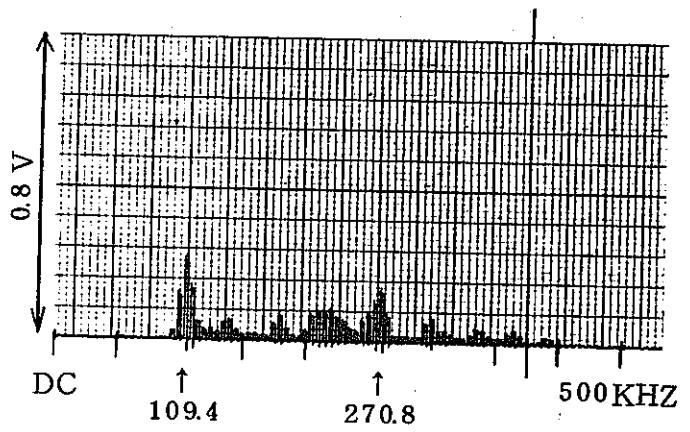
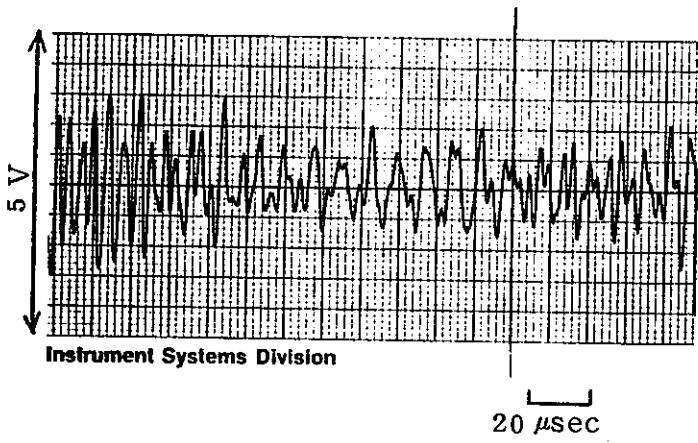
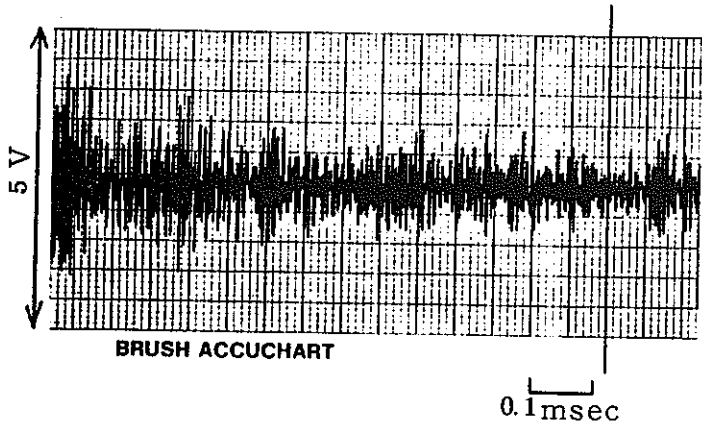
第1回加圧中に下端で採取された
AE信号の波形とそのパワースペクトル ⑰



第1回加圧中に下端で採取された
AE信号の波形とそのパワースペクトル ⑬

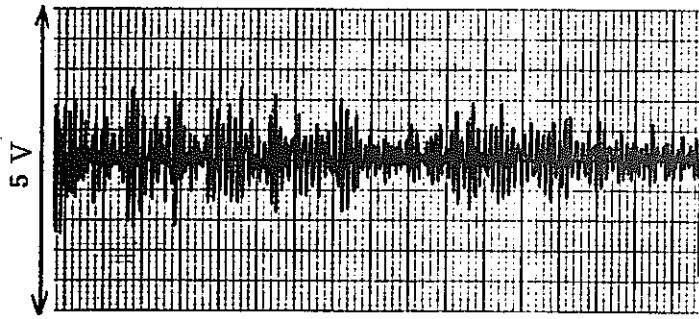


下端 № 19

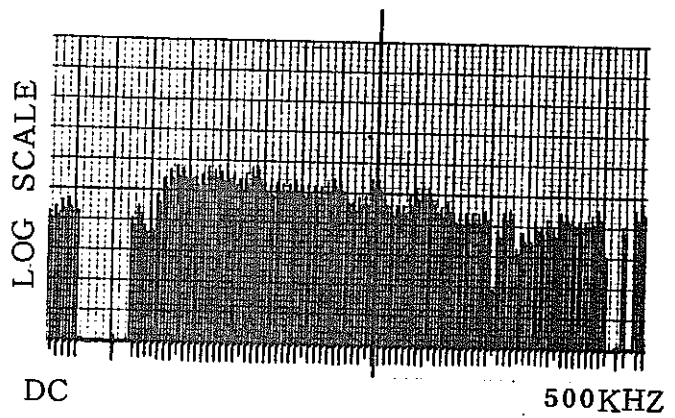
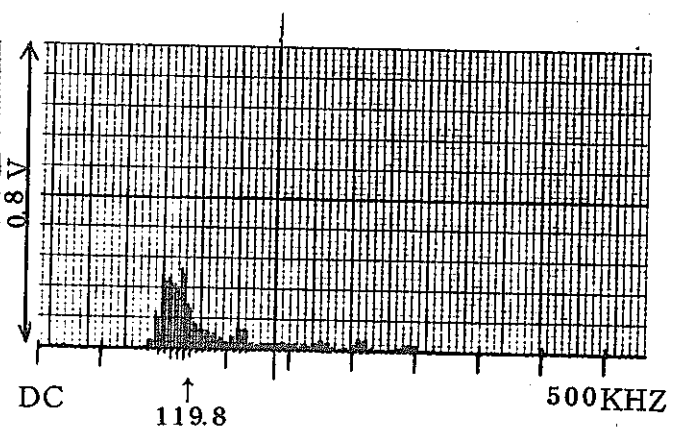
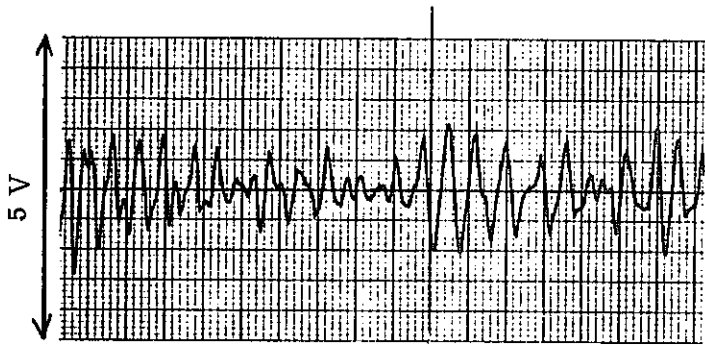


第 1 回加圧中に下端で採取された
AE 信号の波形とそのパワースペクトル ⑱

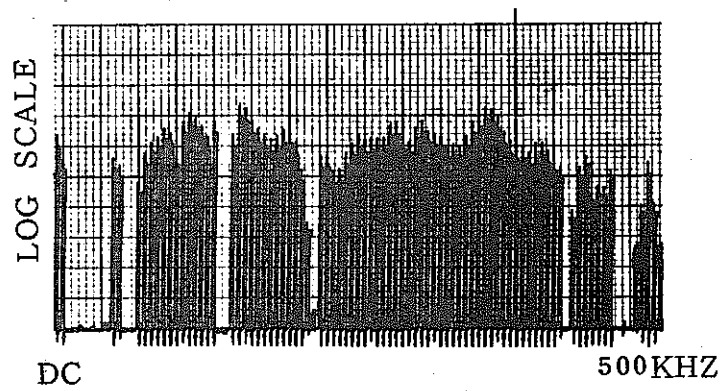
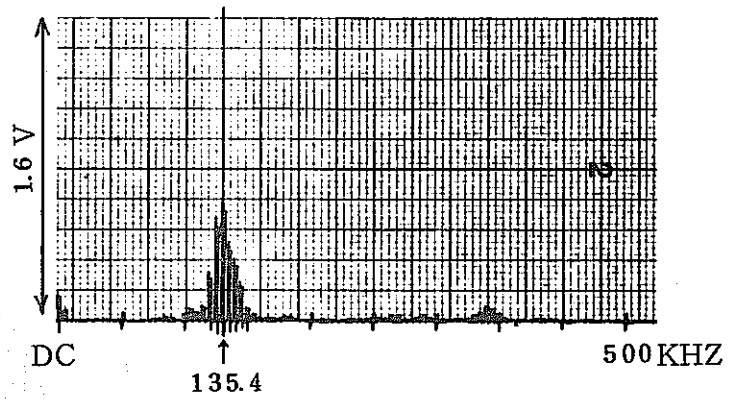
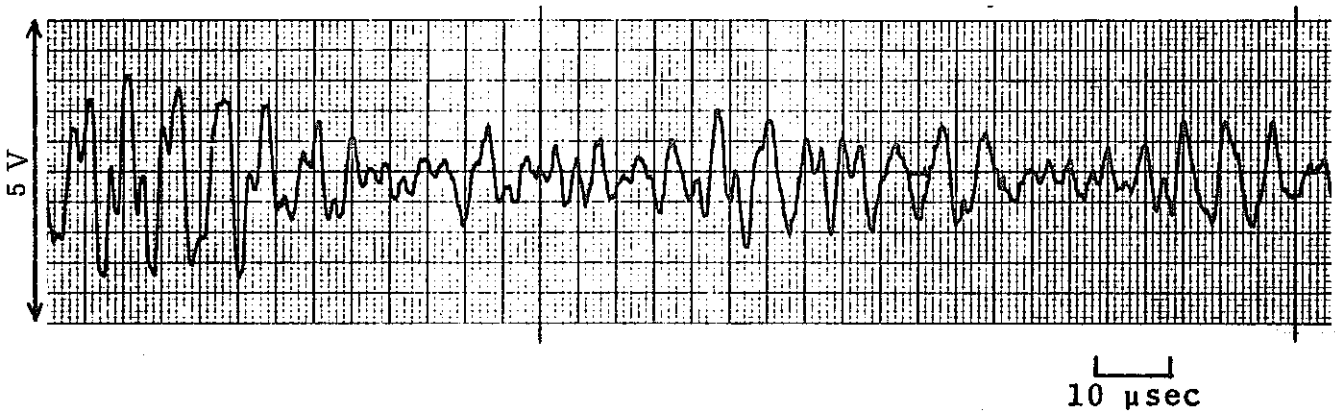
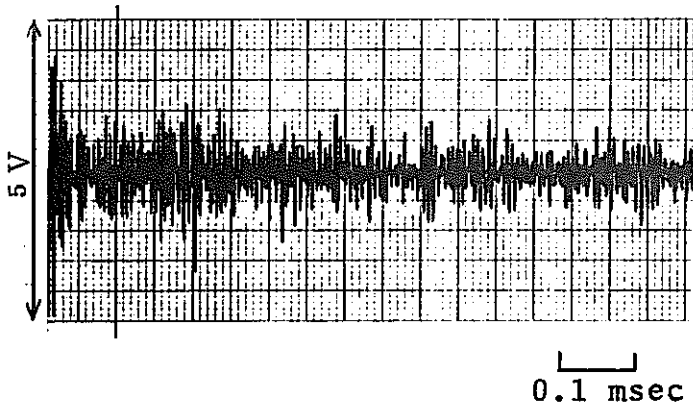
下端 No. 20



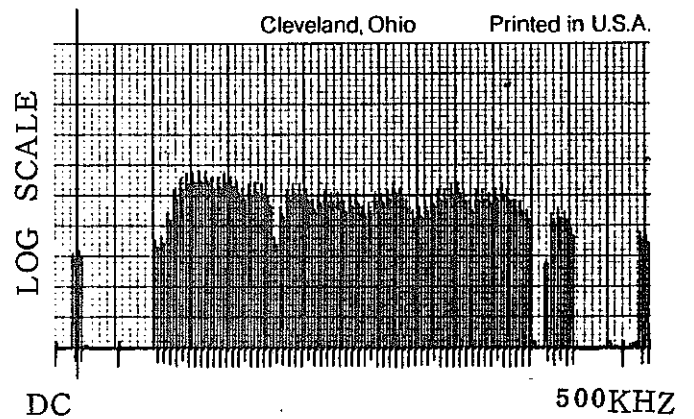
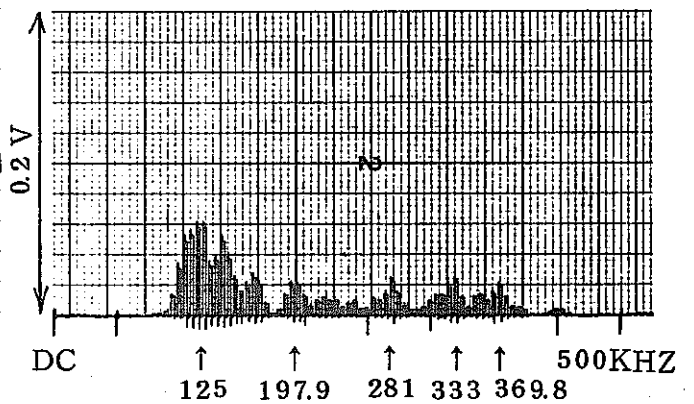
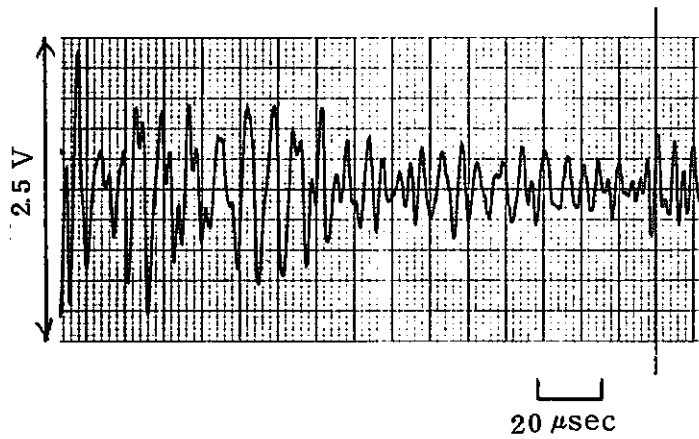
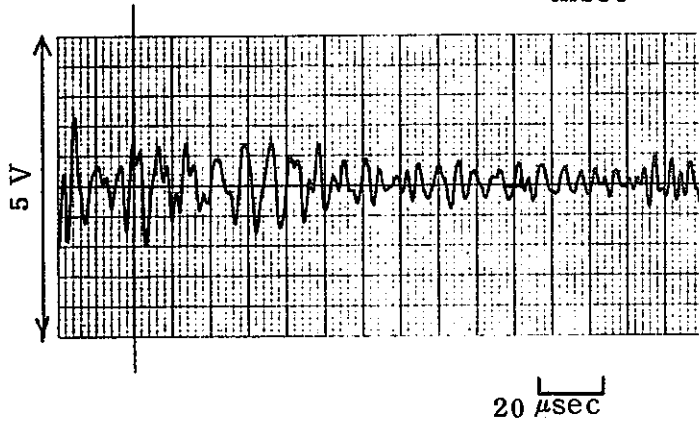
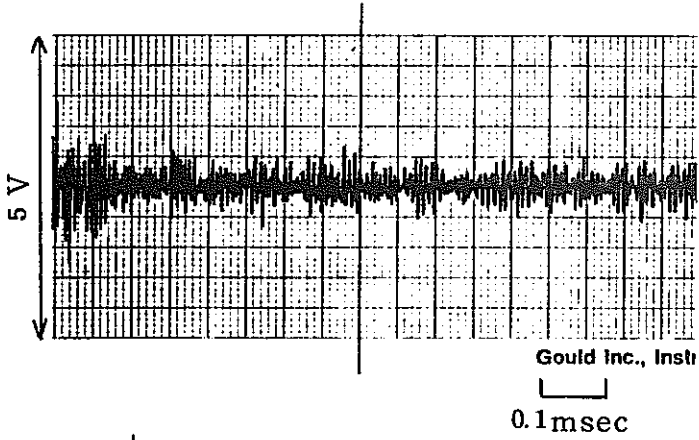
0.1msec



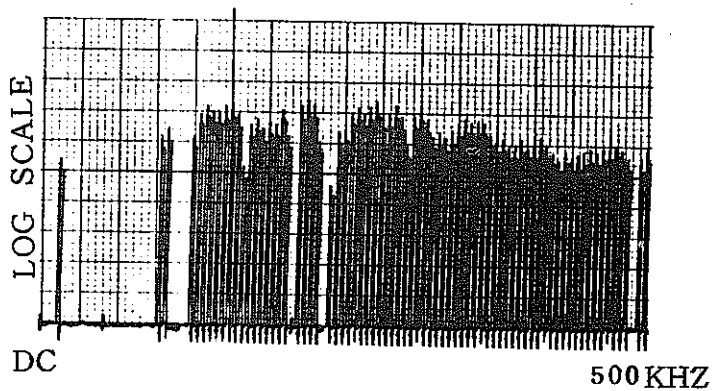
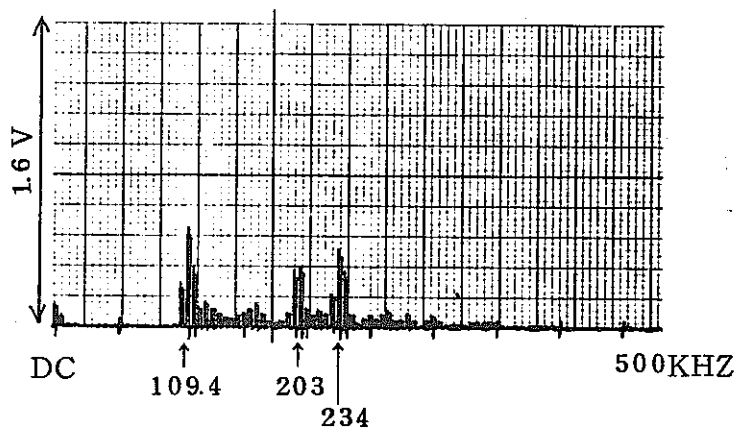
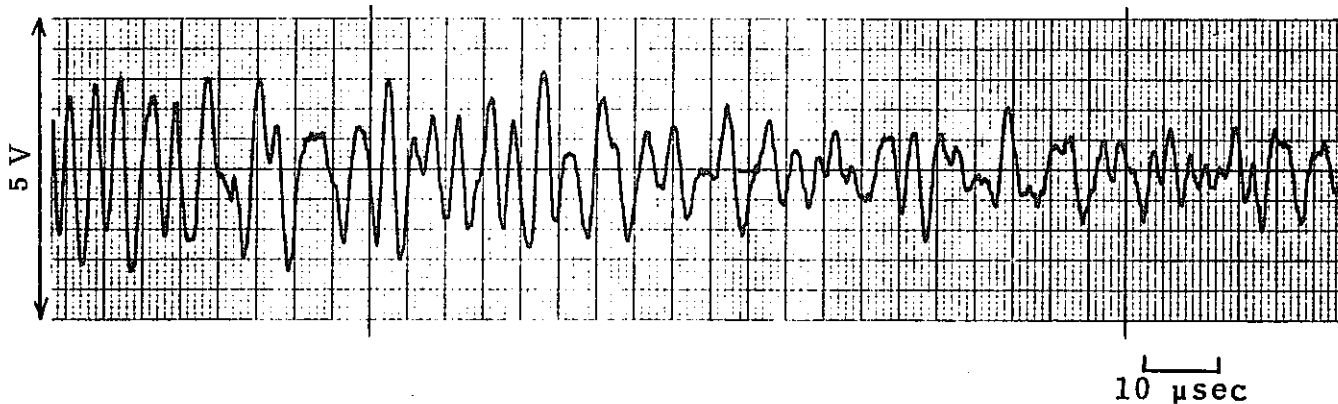
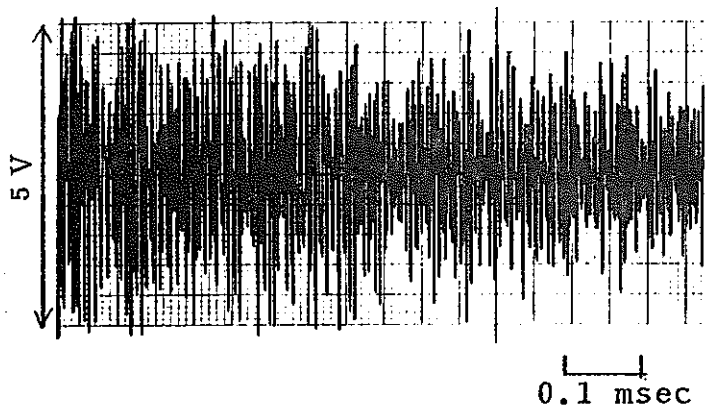
第1回加圧中に下端で採取された
AE信号の波形とそのパワースペクトル ⑳



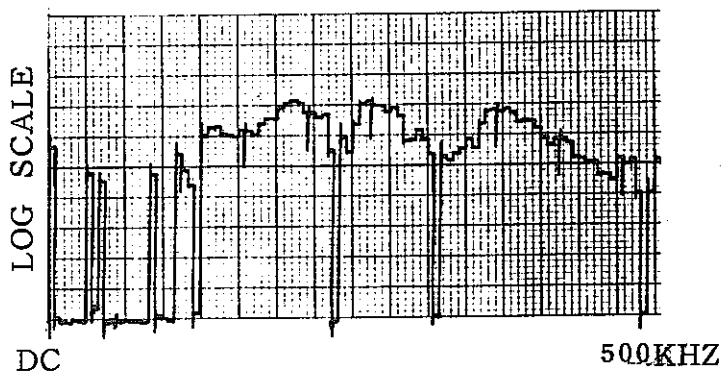
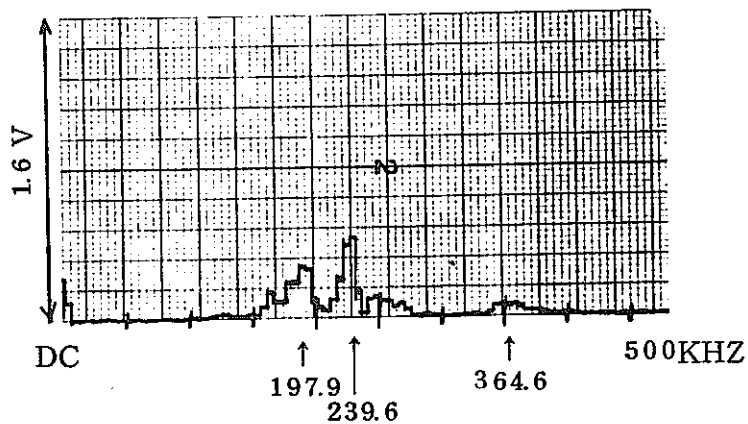
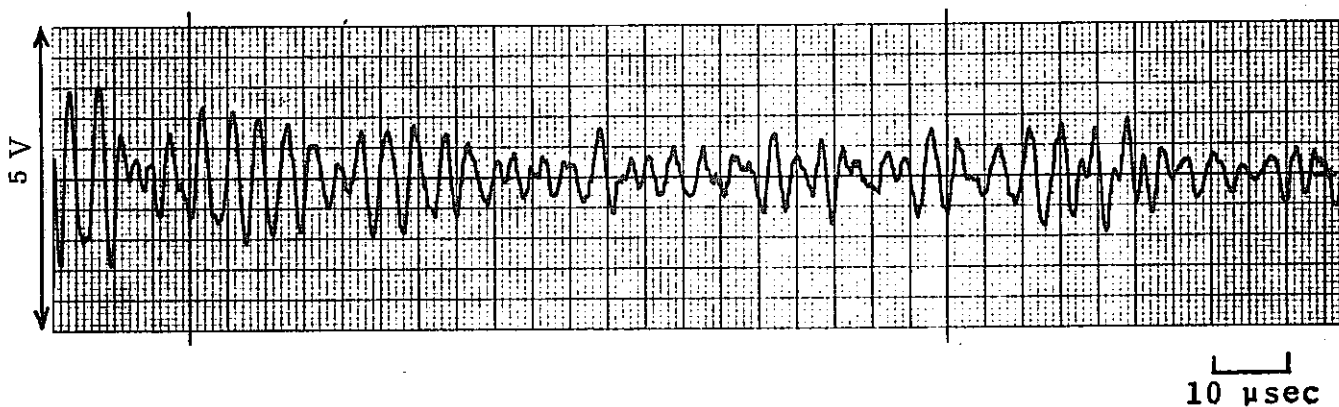
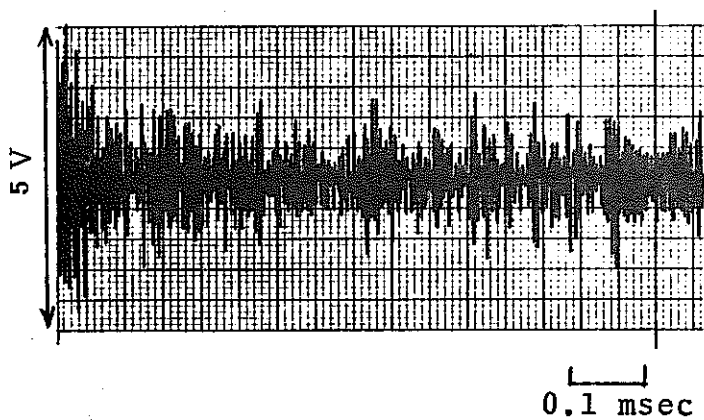
第1回加圧中に下端で採取された
AE信号の波形とそのパワースペクトル ⑳



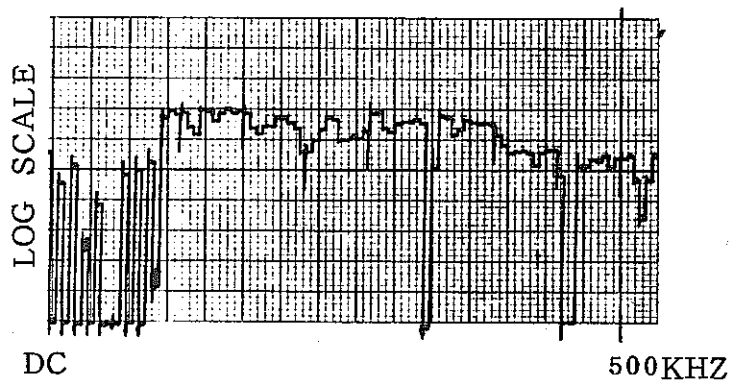
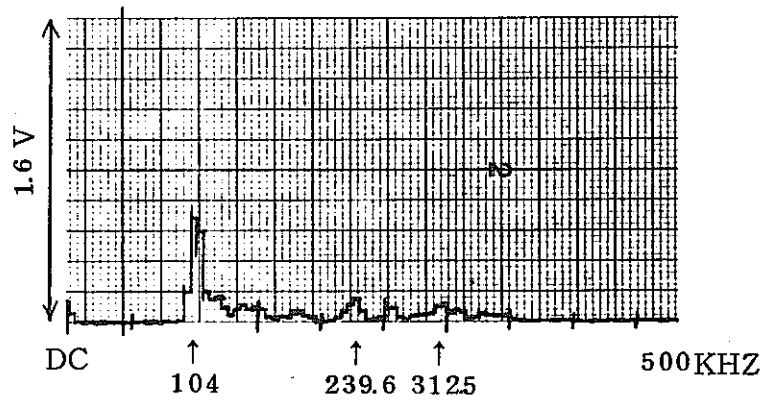
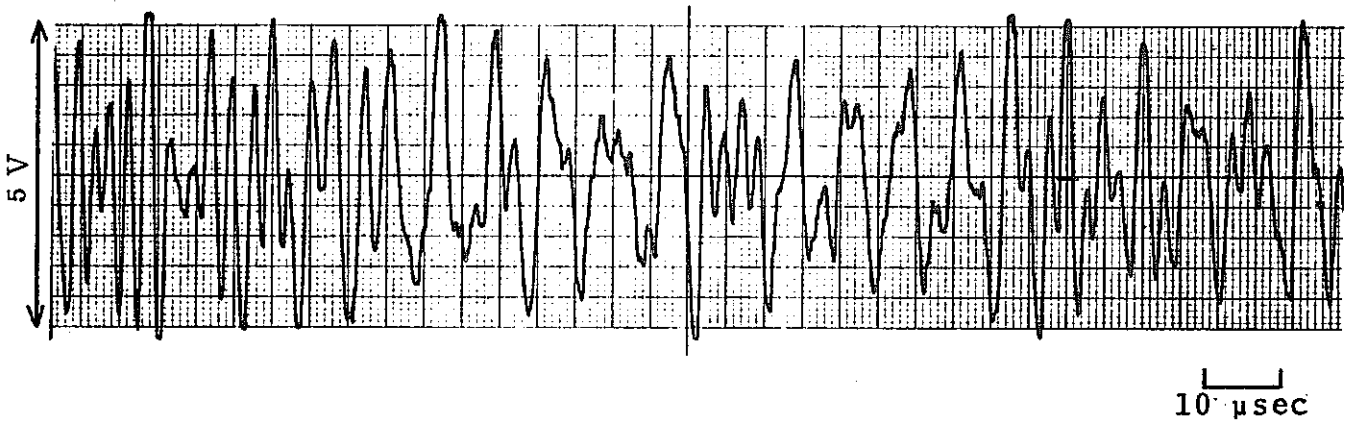
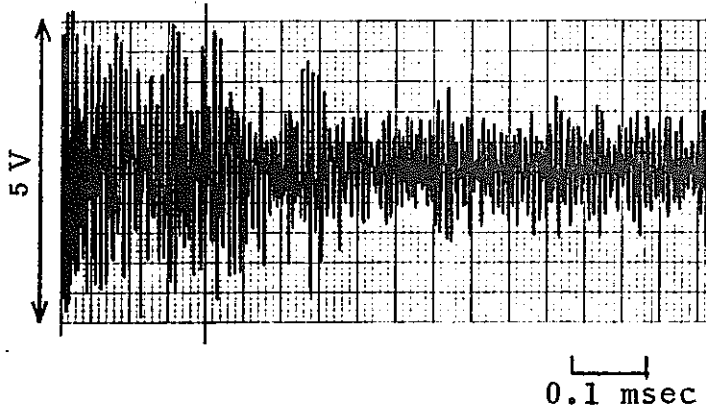
第1回加圧中に下端で採取された
AE信号の波形とそのパワースペクトル ㊸



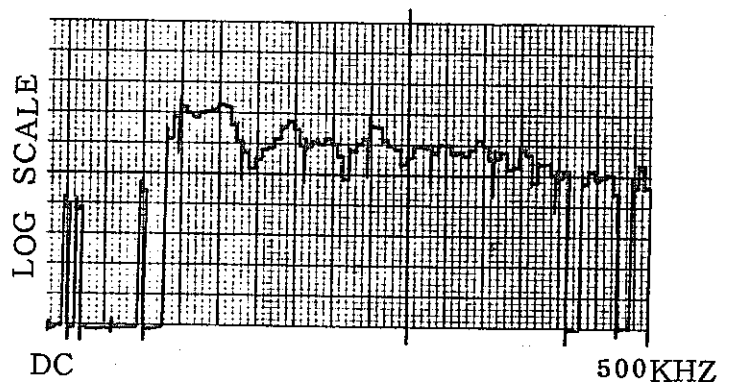
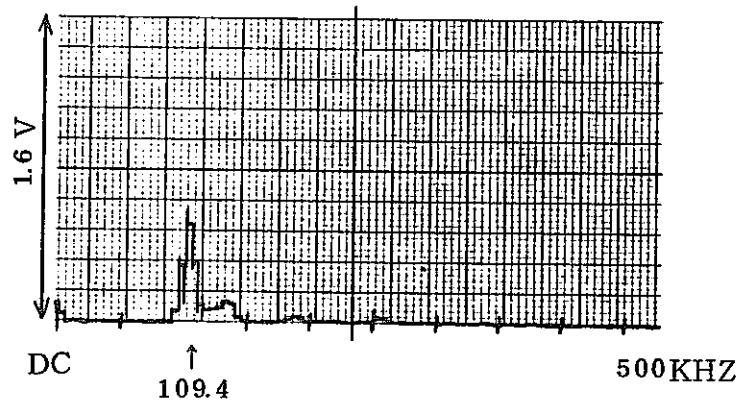
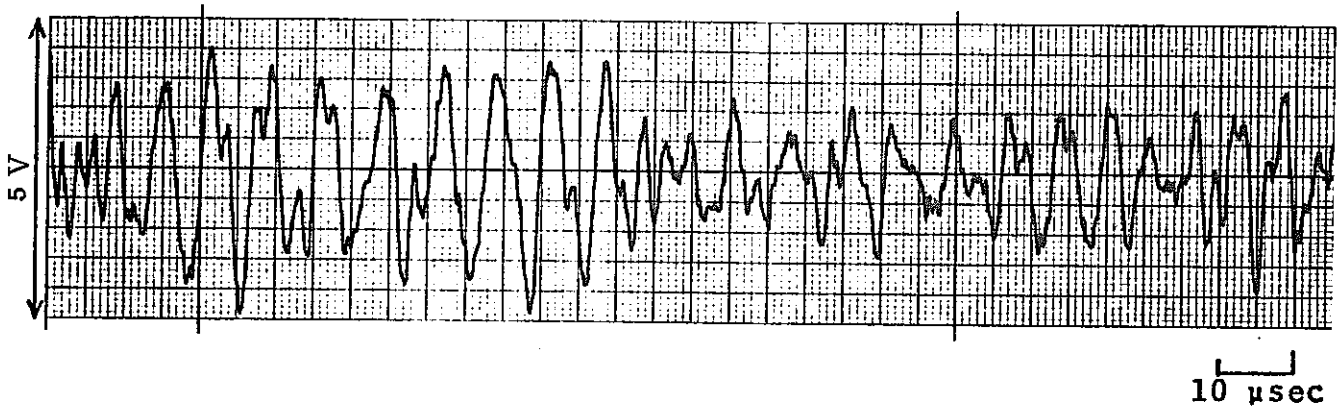
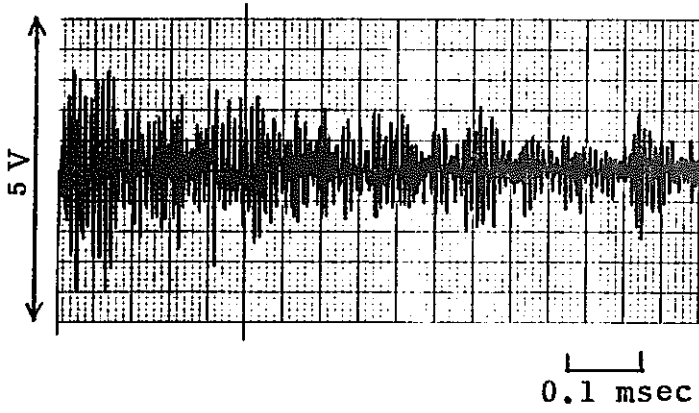
第1回加圧中に下端で採取された
AE信号の波形とそのパワースペクトル ㊦



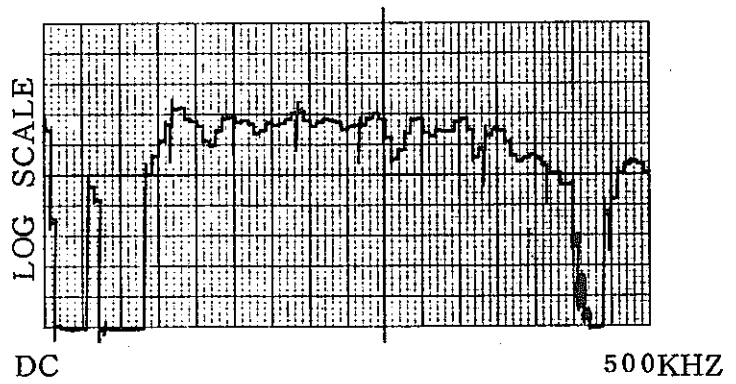
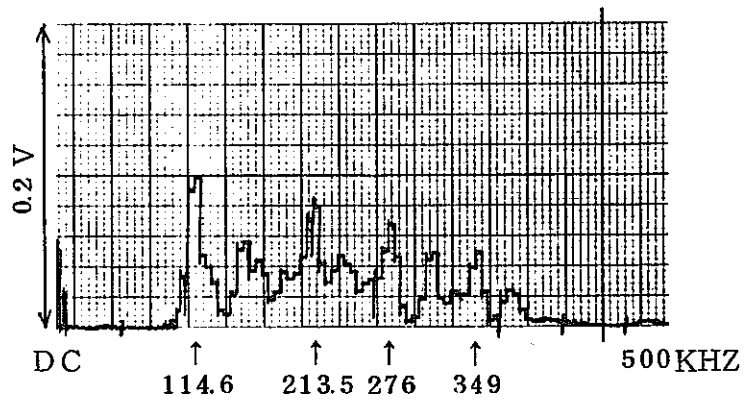
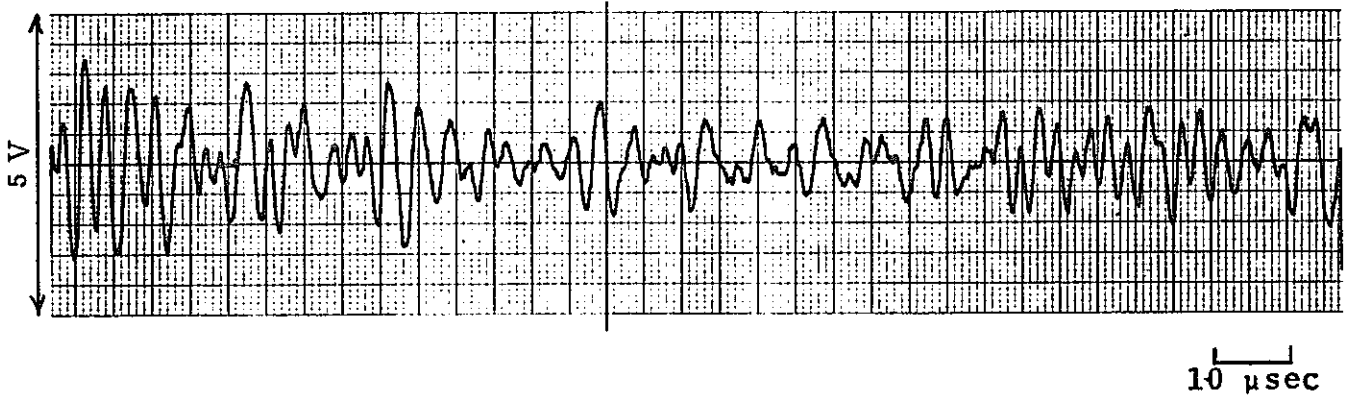
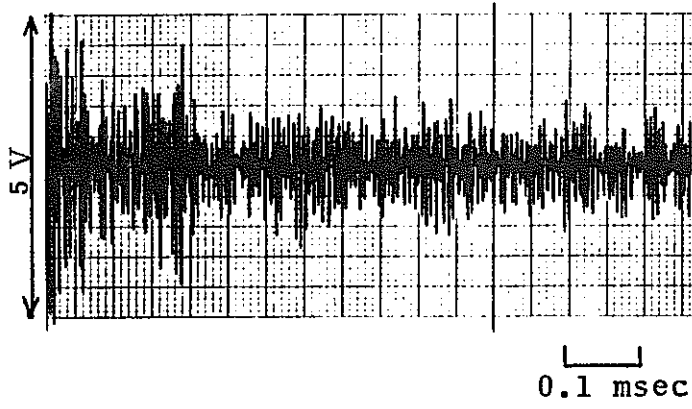
第1回加圧中に下端で採取された
AE信号の波形とそのパワースペクトル ㊸



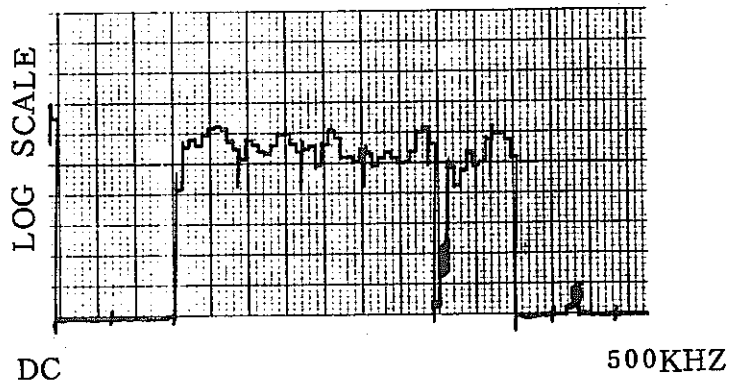
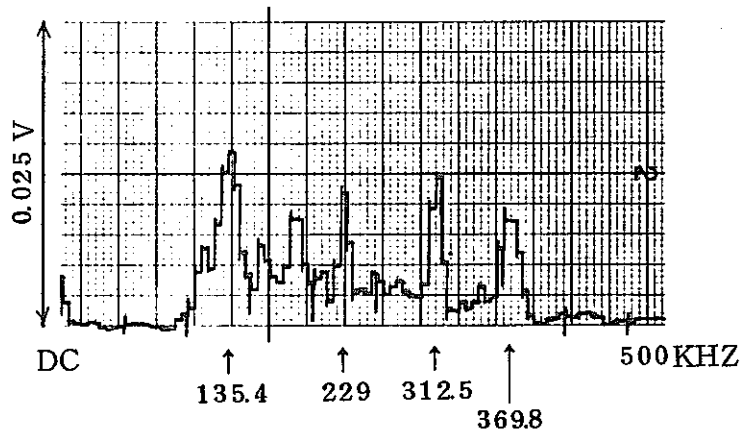
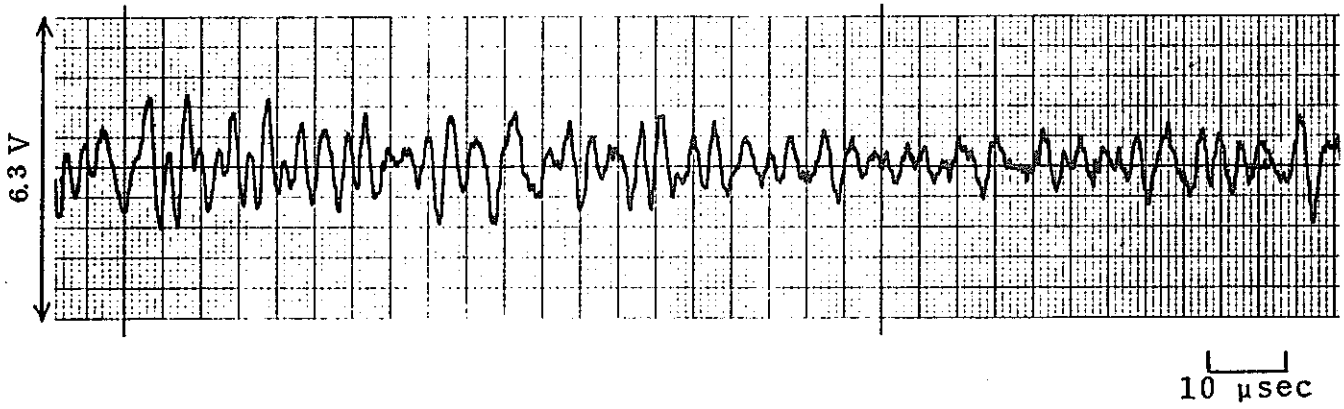
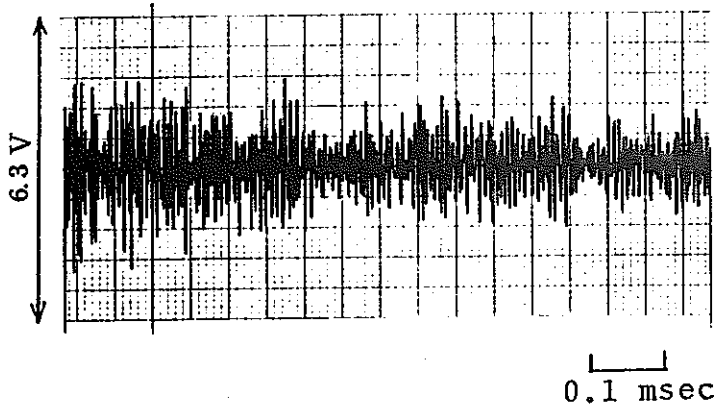
第1回加圧中に下端で採取された
AE信号の波形とそのパワースペクトル ⑳



第1回加圧中に下端で採取された
AE信号の波形とそのパワースペクトル ⑳



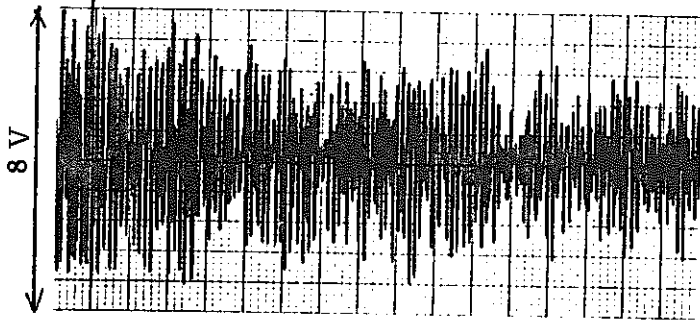
第1回加圧中に下端で採取された
AE信号の波形とそのパワースペクトル ⑩



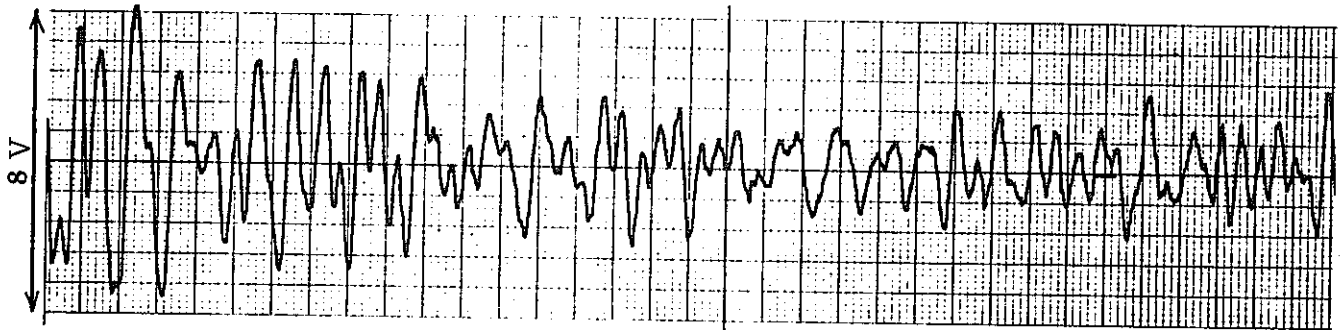
第1回加圧中に下端で採取された
AE信号の波形とそのパワースペクトル ㊶

N841-78-37

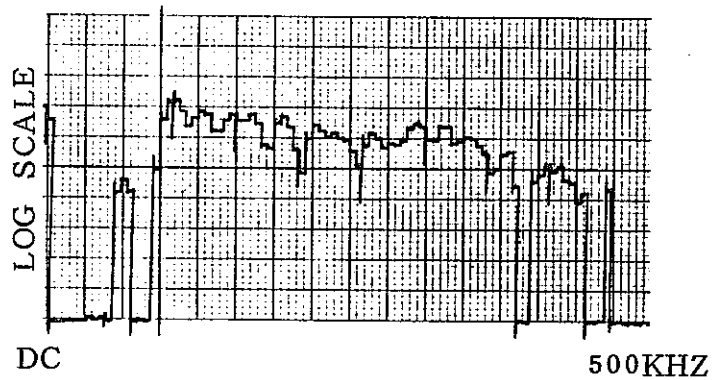
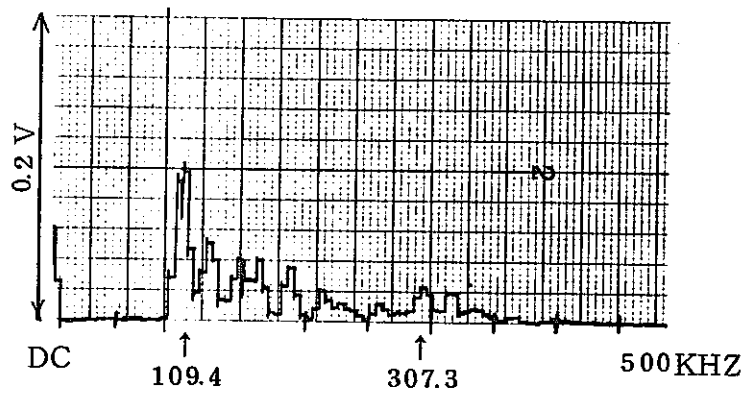
下端 № 32



0.1 msec

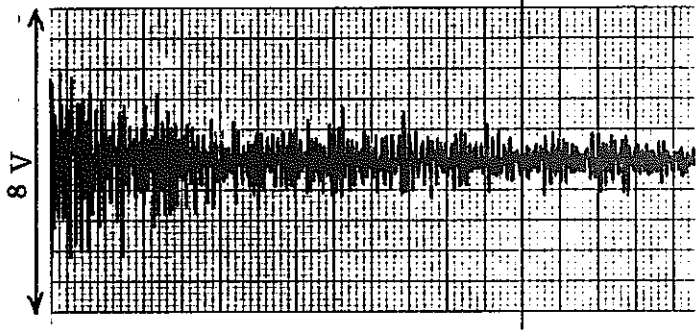


10 μ sec

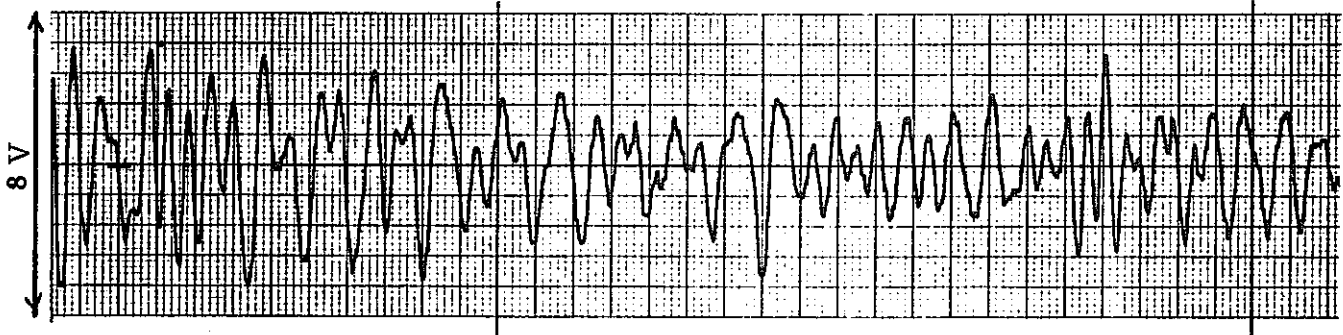


第1回加圧中に下端で採取された

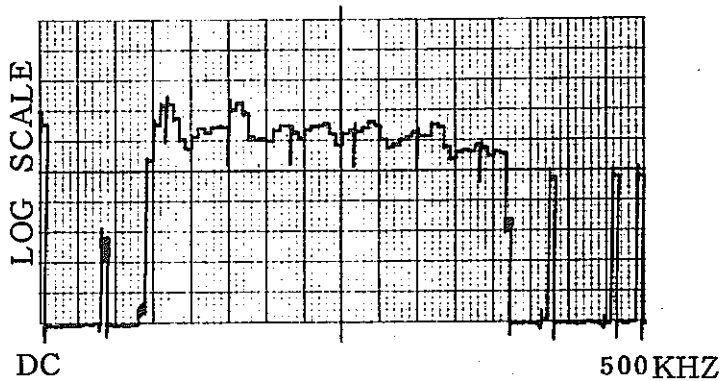
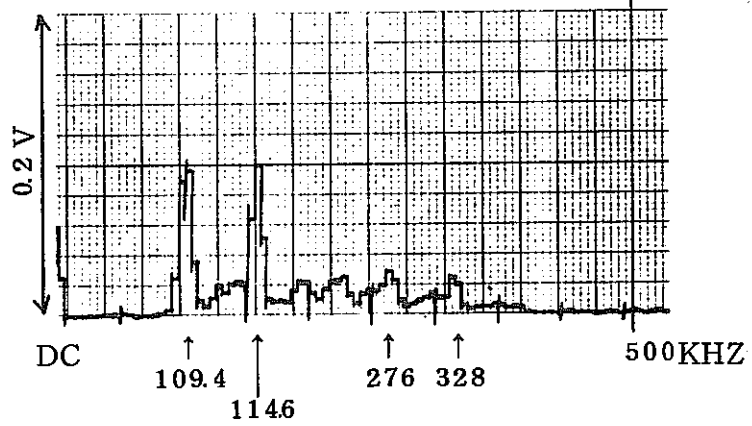
AE信号の波形とそのパワースペクトル ⑧



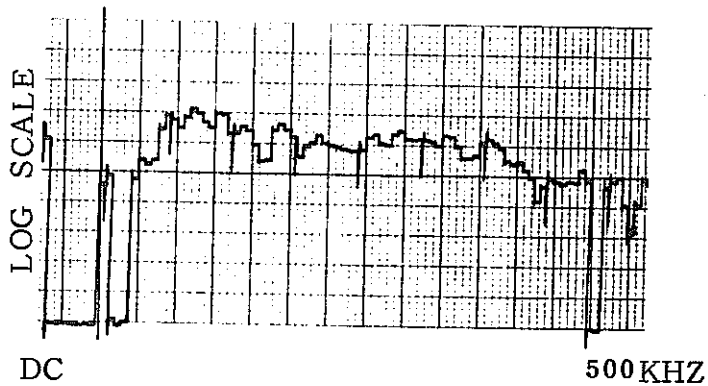
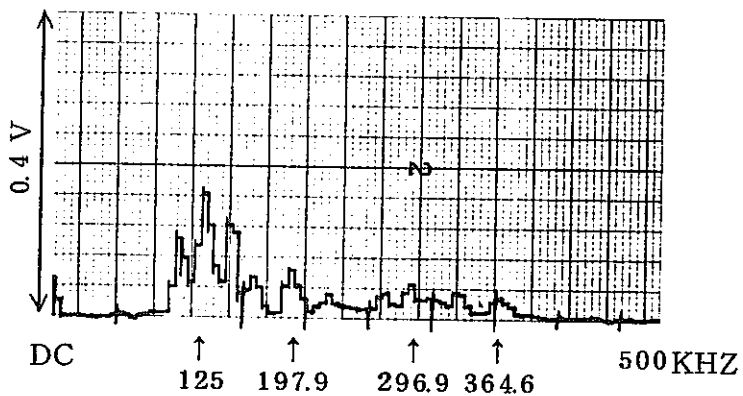
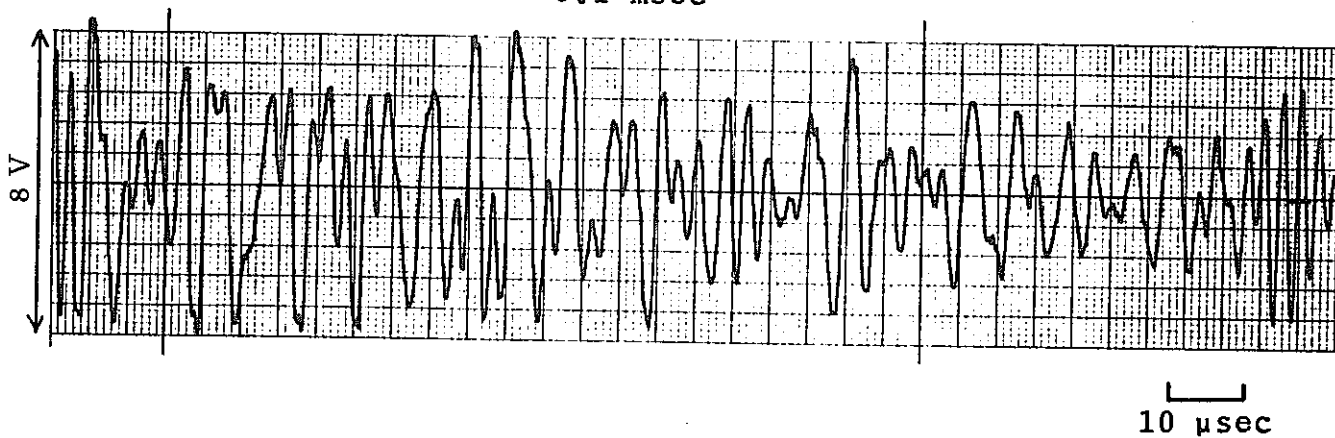
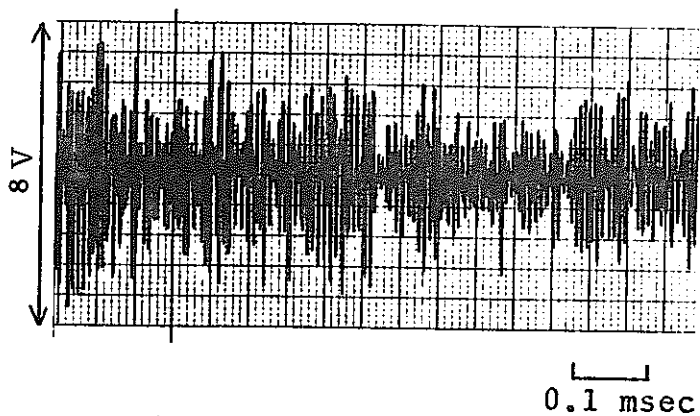
0.1 msec



10 μsec



第1回加圧中に下端で採取された
AE信号の波形とそのパワースペクトル ②

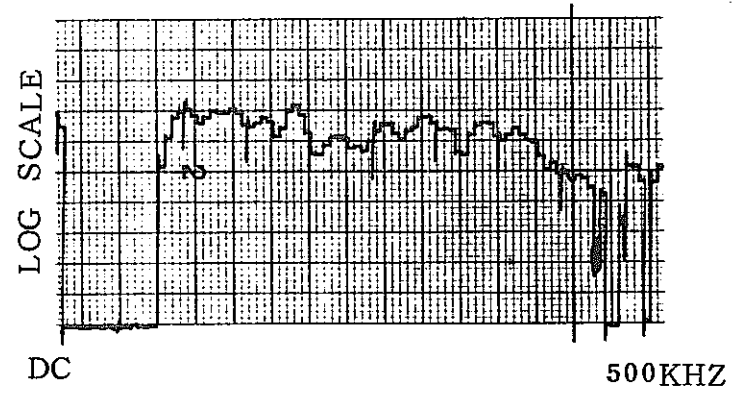
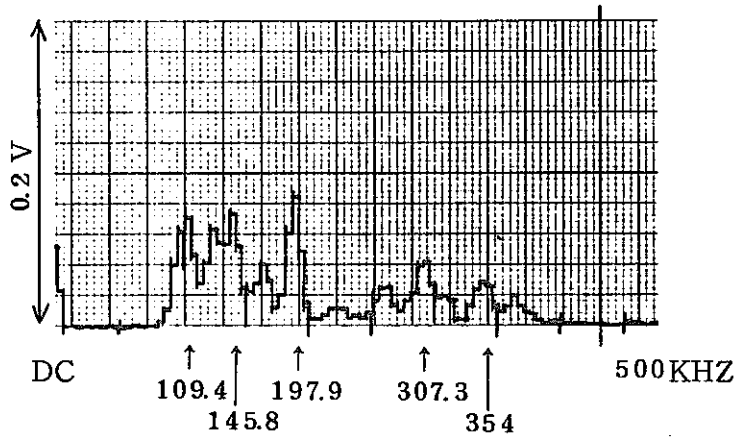
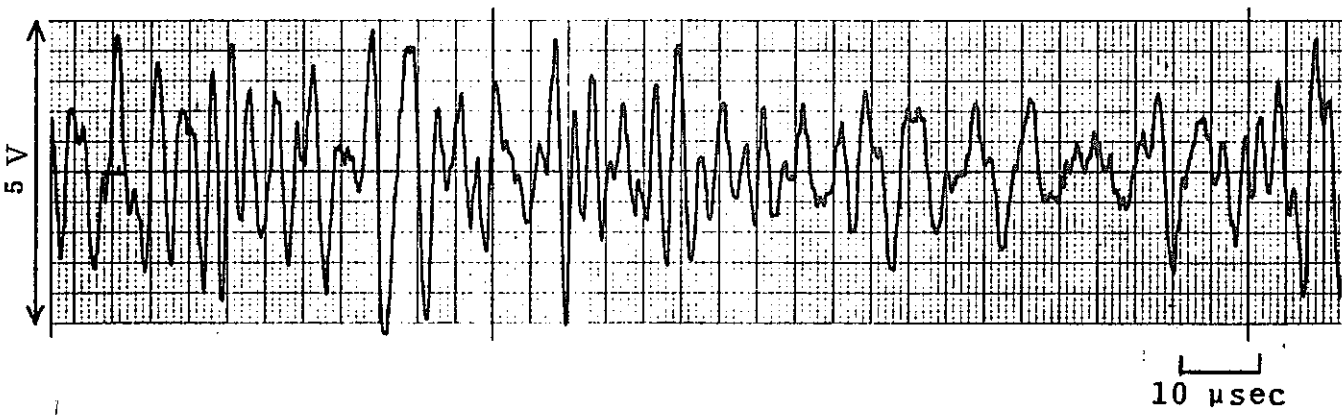
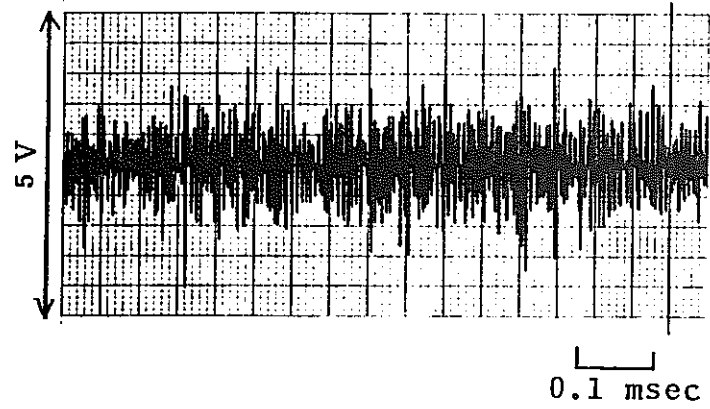


第1回加圧中に下端で採取された
AE信号の波形とそのパワースペクトル ③⑤

第1, 2回加圧中に上端で採取されたA E信号の
波形とパワースペクトル

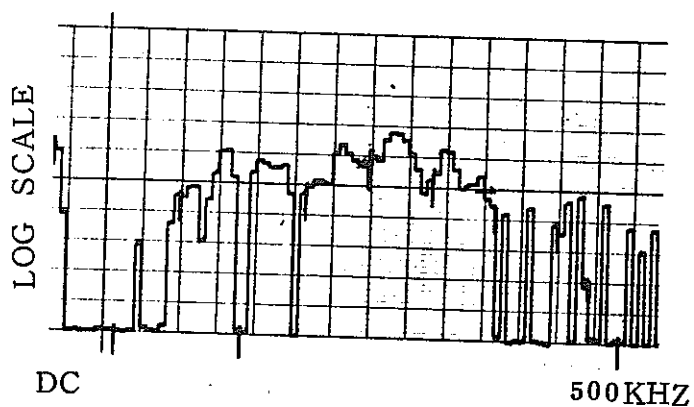
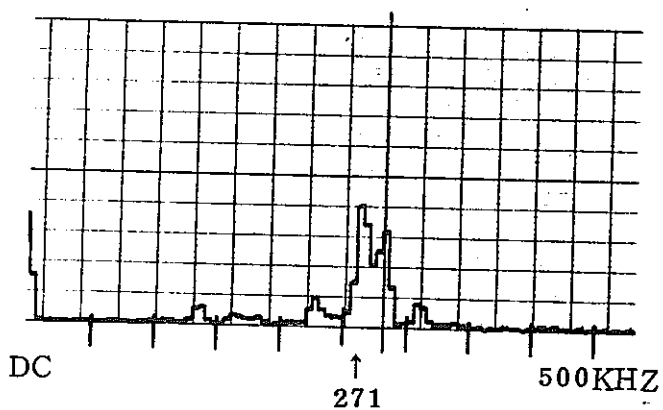
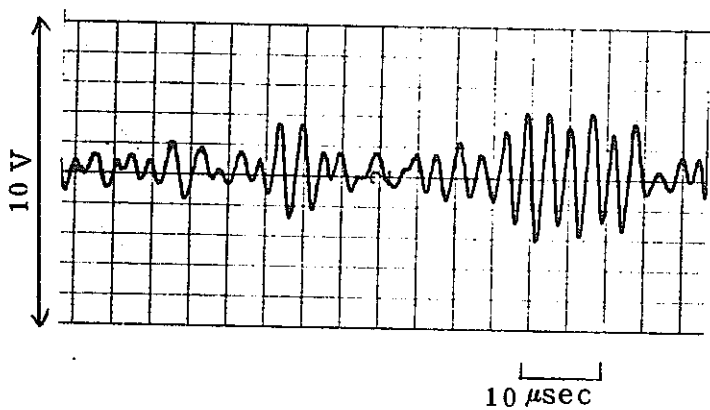
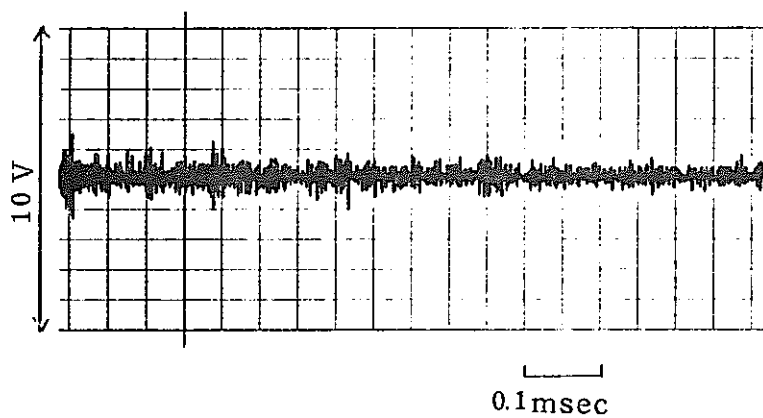
N841-78-37

下端 № 36

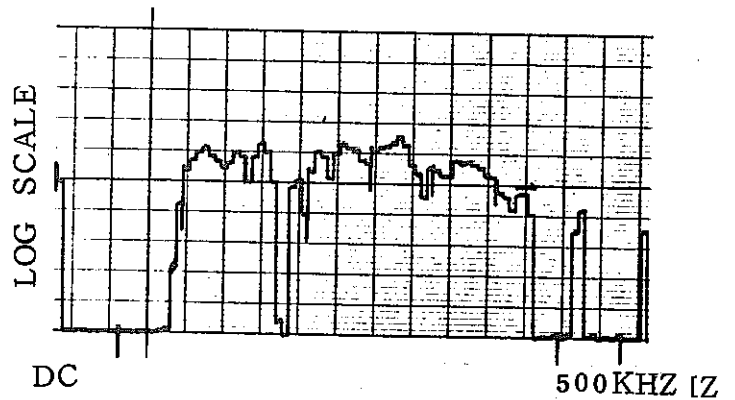
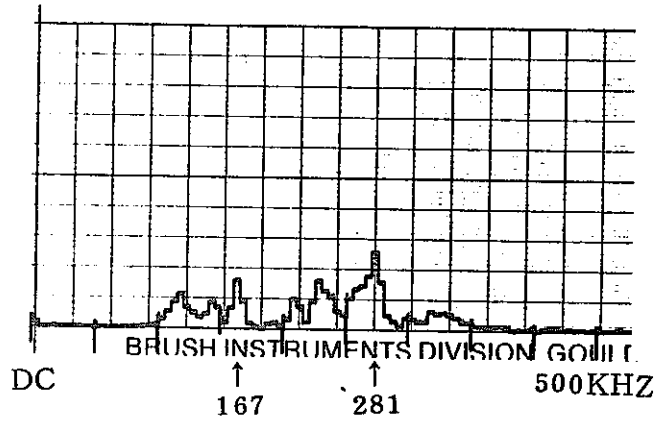
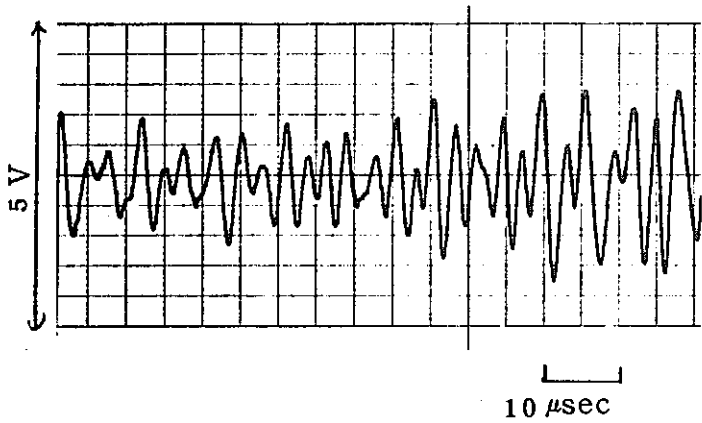
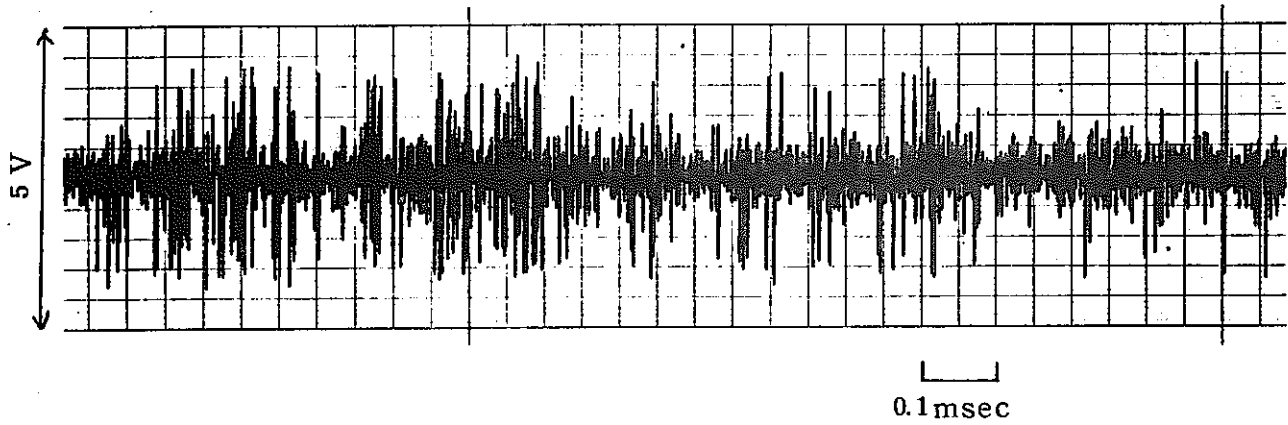


第1回加圧中に下端で採取された
AE信号の波形とそのパワースペクトル ⑧

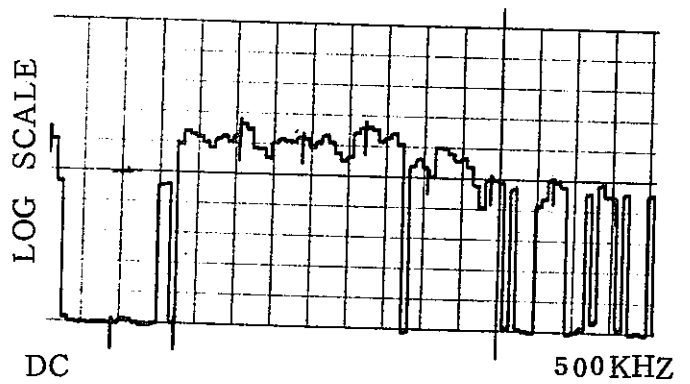
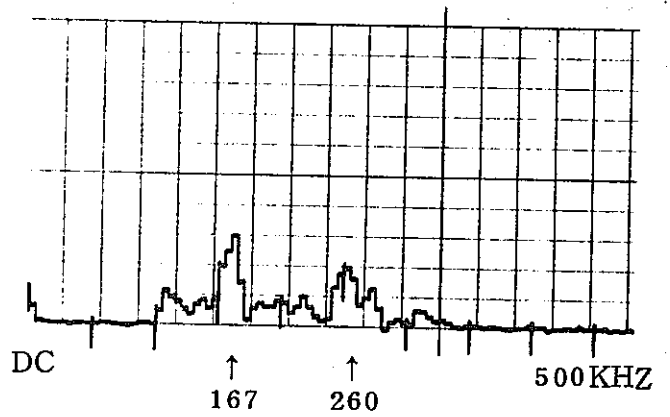
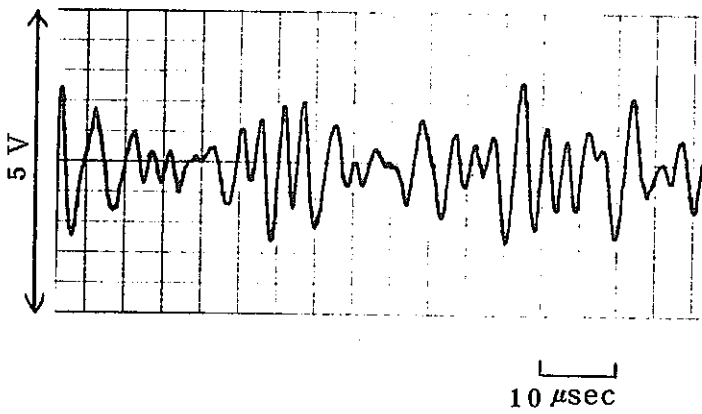
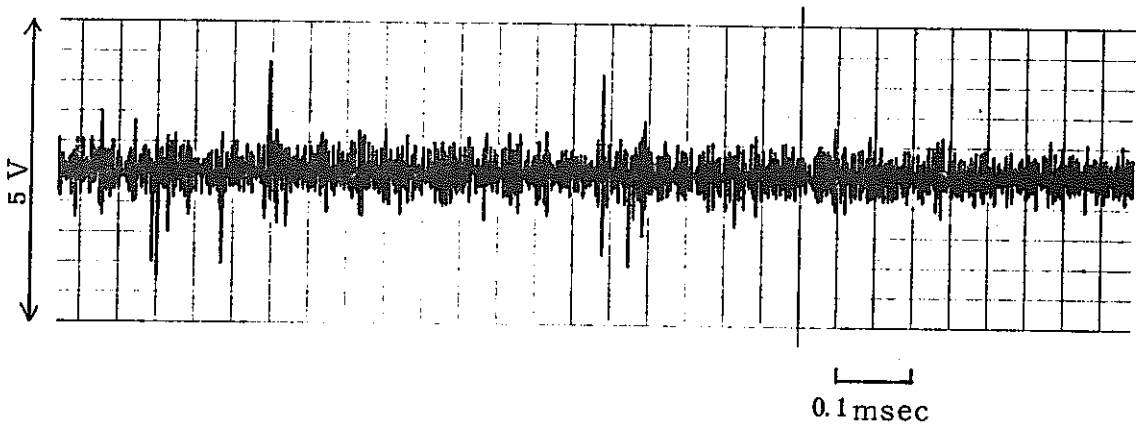
上端 No.1



第1回加圧中上端で採取された
AE信号の波形とそのパワースペクトル ①

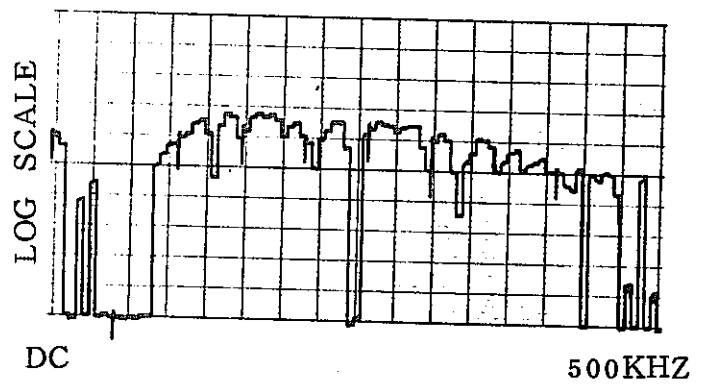
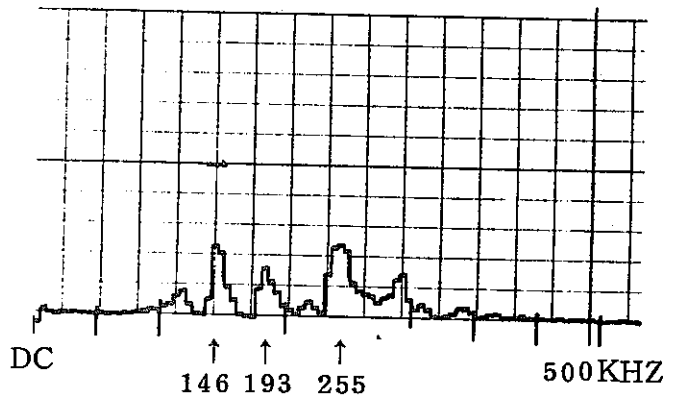
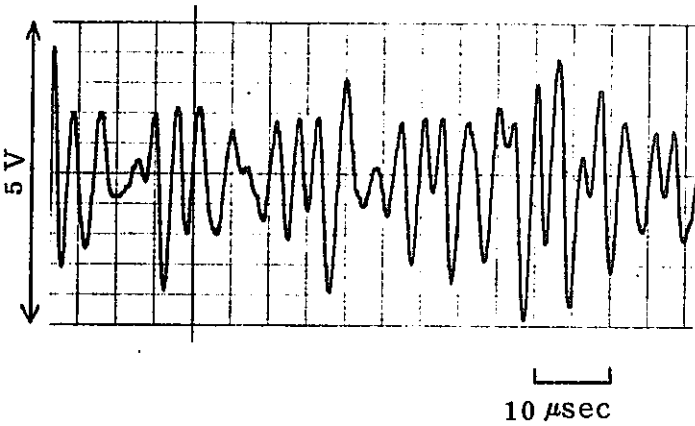
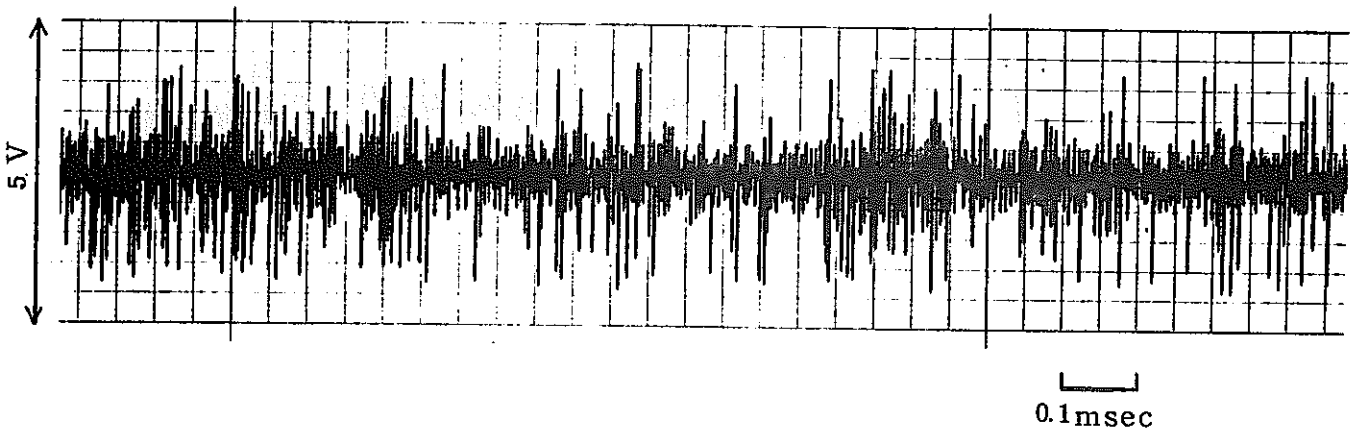


第1回加圧中上端で採取された
AE信号の波形とそのパワースペクトル②



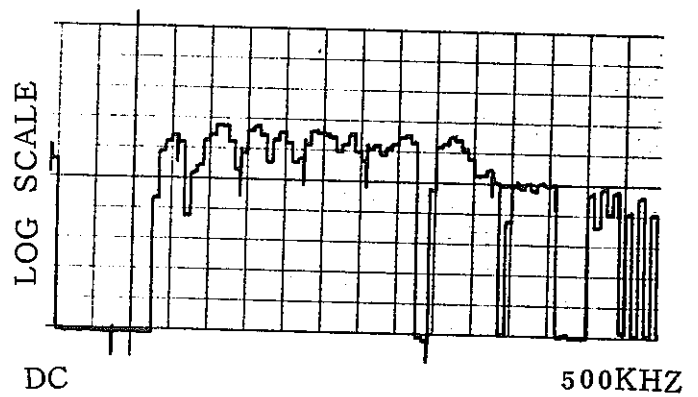
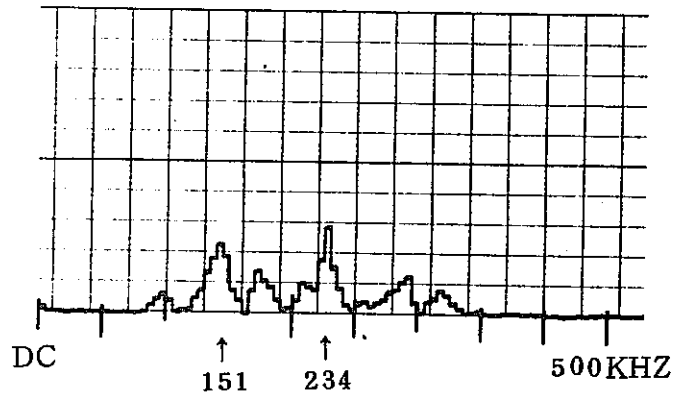
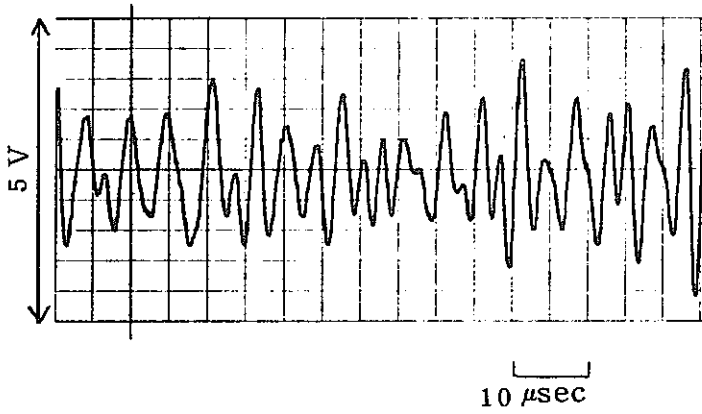
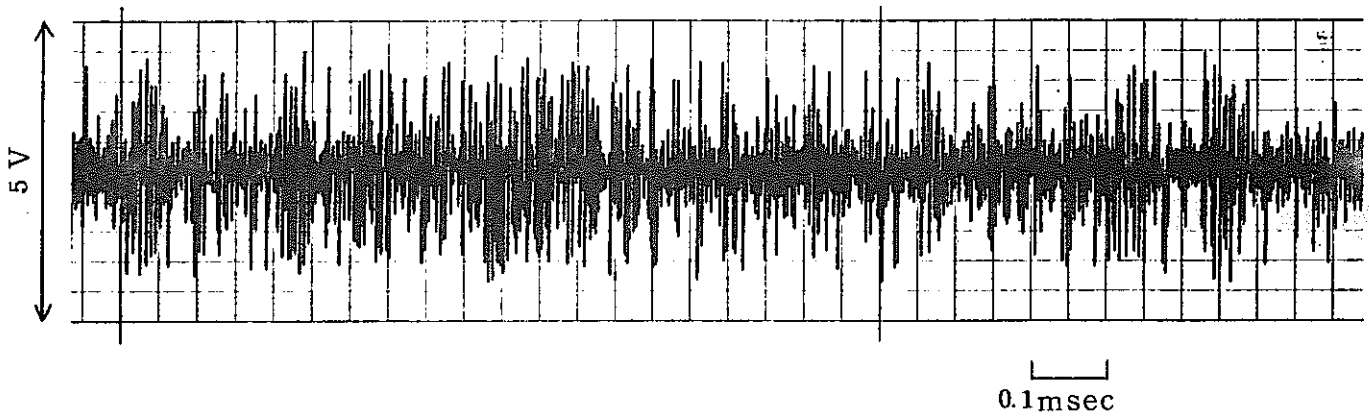
第1回加圧中上端で採取された
AE信号の波形とそのパワースペクトル ④

上端 №5

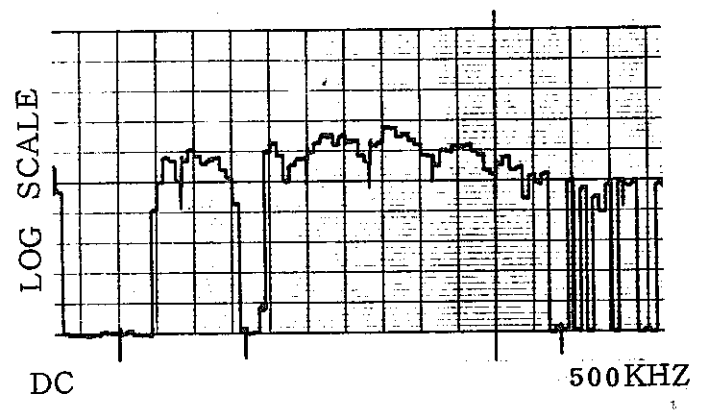
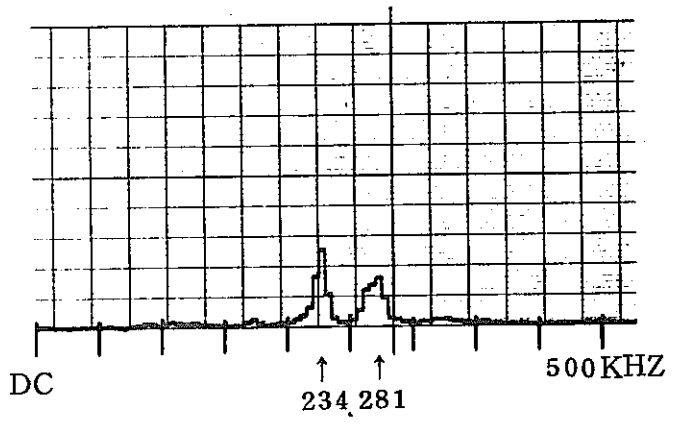
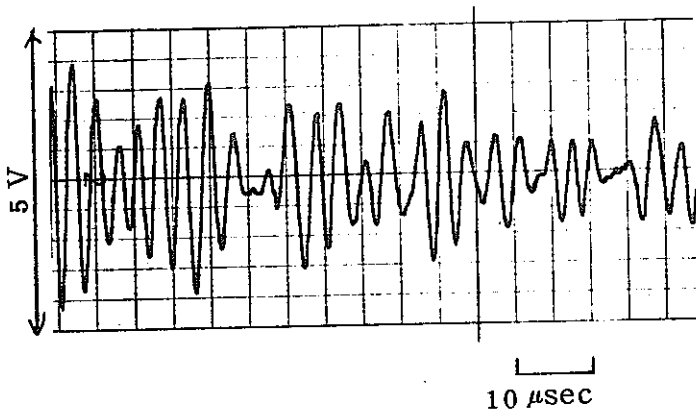
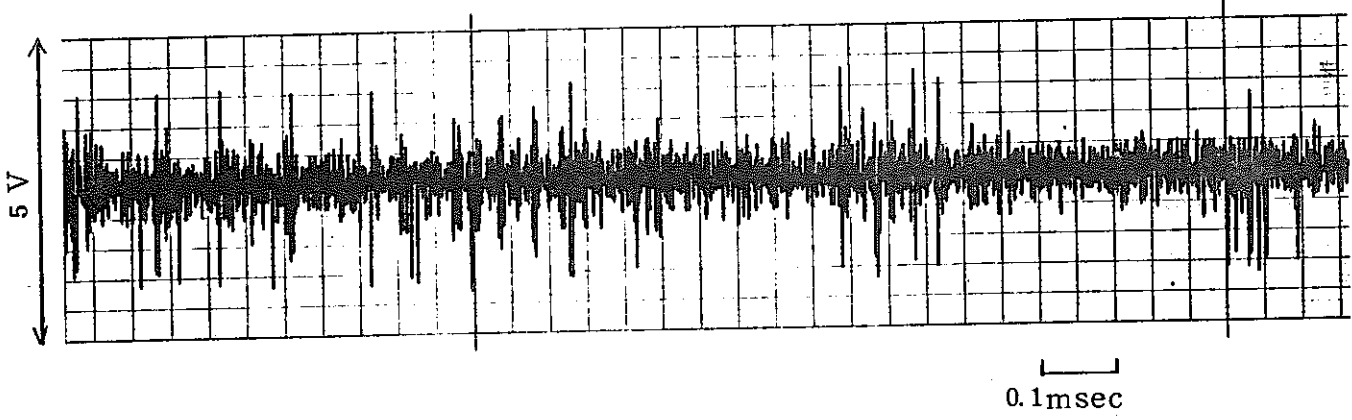


第1回加圧中に上端で採取された
AE信号の波形とそのパワースペクトル ⑤

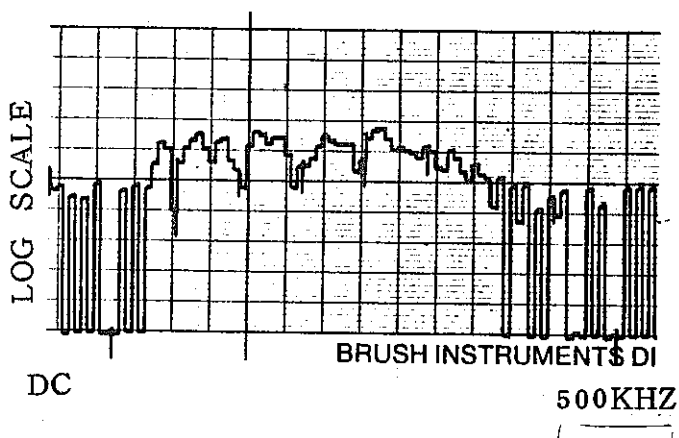
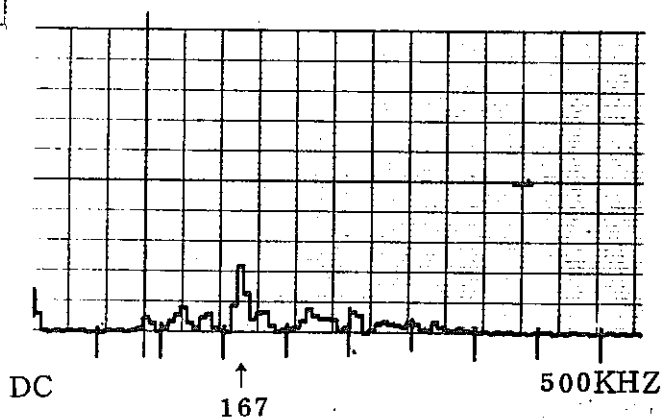
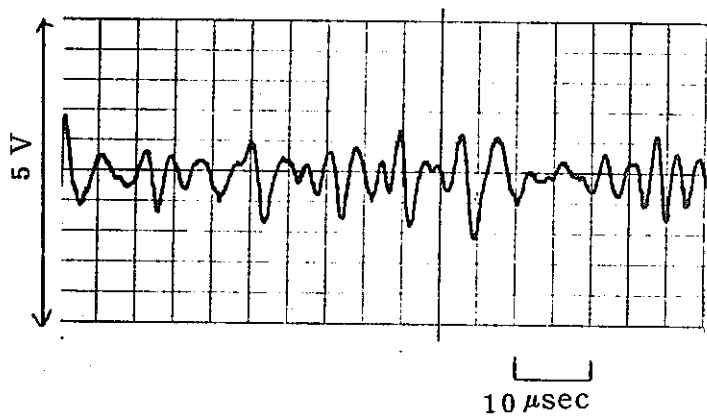
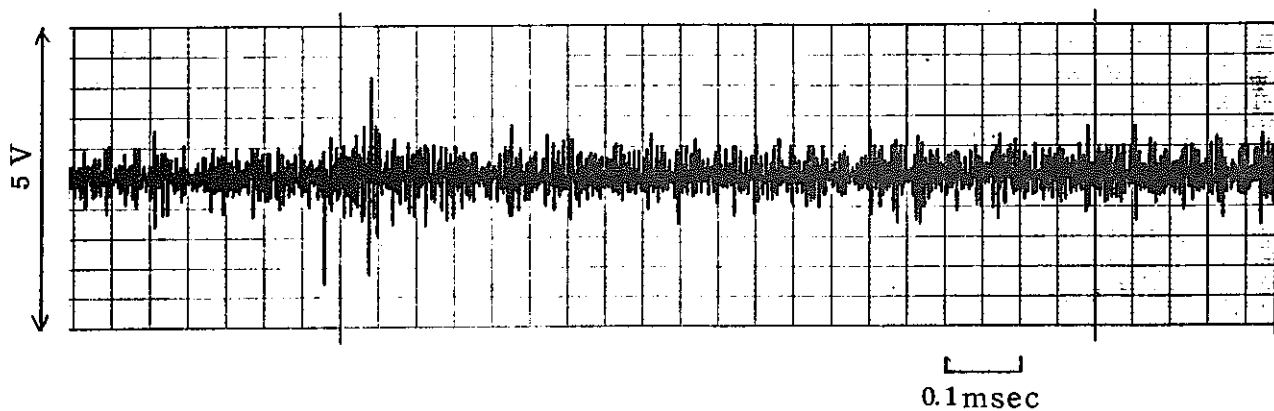
上端 №.6



第1回加圧中に上端で採取された
AE信号の波形とそのパワースペクトル ⑥

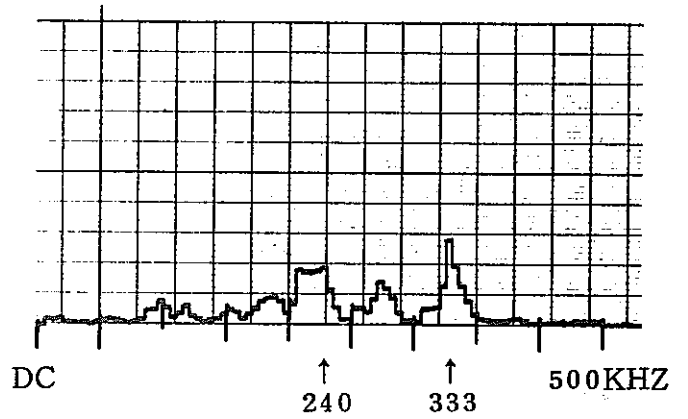
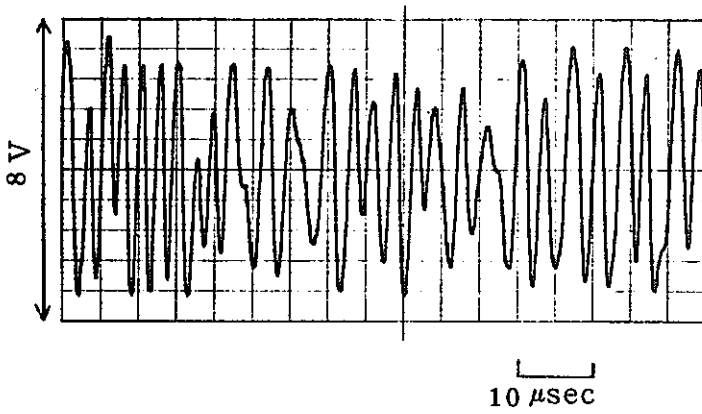
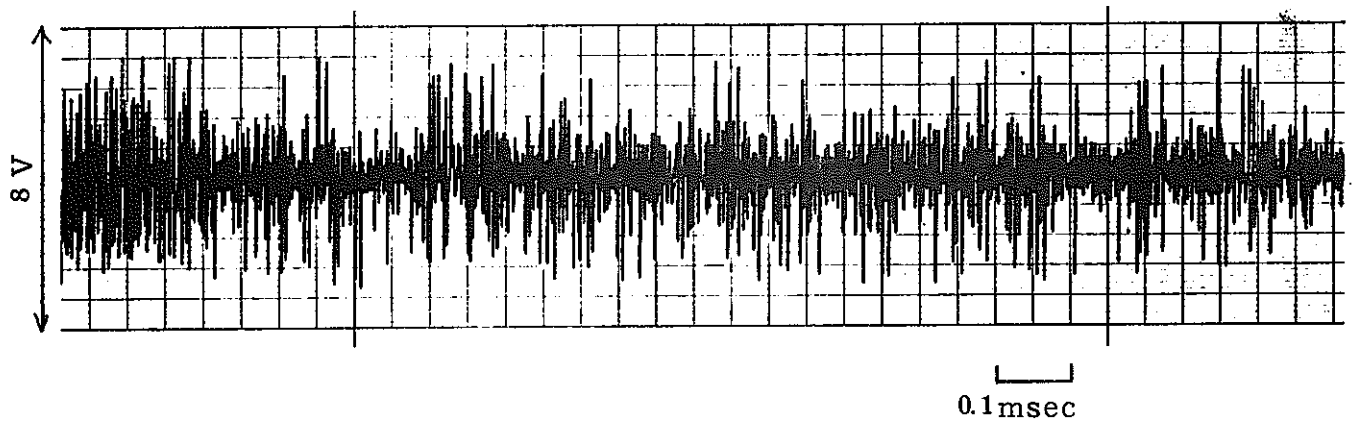


第1回加圧中に上端で採取された
AE信号の波形とそのパワースペクトル ⑦



第1回加圧中に上端で採取された
AE信号の波形とそのパワースペクトル ⑧

上端 No.10



第2回加圧中に上端で採取された
AE信号の波形とそのパワースペクトル ⑩

Appendix II

第 4 回加圧中 AE 測定結果 (下端)

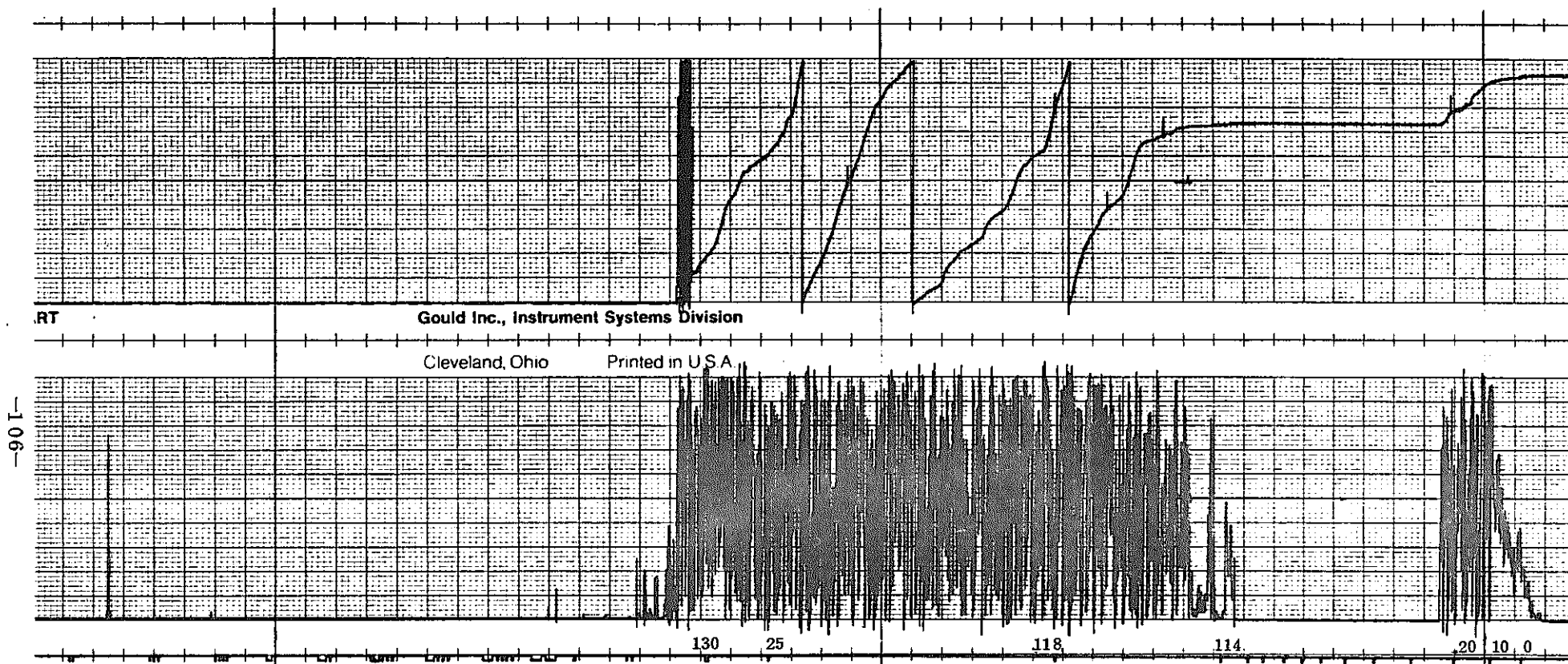
第4回目の加圧では、AEの発生状態を良く観察するため、特に降圧操作を引き伸ばしている。したがって圧力は、 130 Kg/cm^2 から徐々に減少している。

ポンプバルブは 115 Kg/cm^2 付近で開としたため、 $115 \text{ Kg/cm}^2 - 114 \text{ Kg/cm}^2$ で急激に圧力が減少している。

また、この時得られたリーク音とデータレコーダのバックノイズとの比較を行なった。

リーク音、バックノイズとも $50 \text{ KHZ} - 1 \text{ MHZ}$ のバンドパスフィルタ通過後の信号について周波数分析を行なった。バックノイズについては、テープ速度 30 ips と 60 ips 夫々について周波数分析を行なったが、 60 ips でのバックノイズは、 30 ips でのそれとくらべおよそ半分の大きさであった。

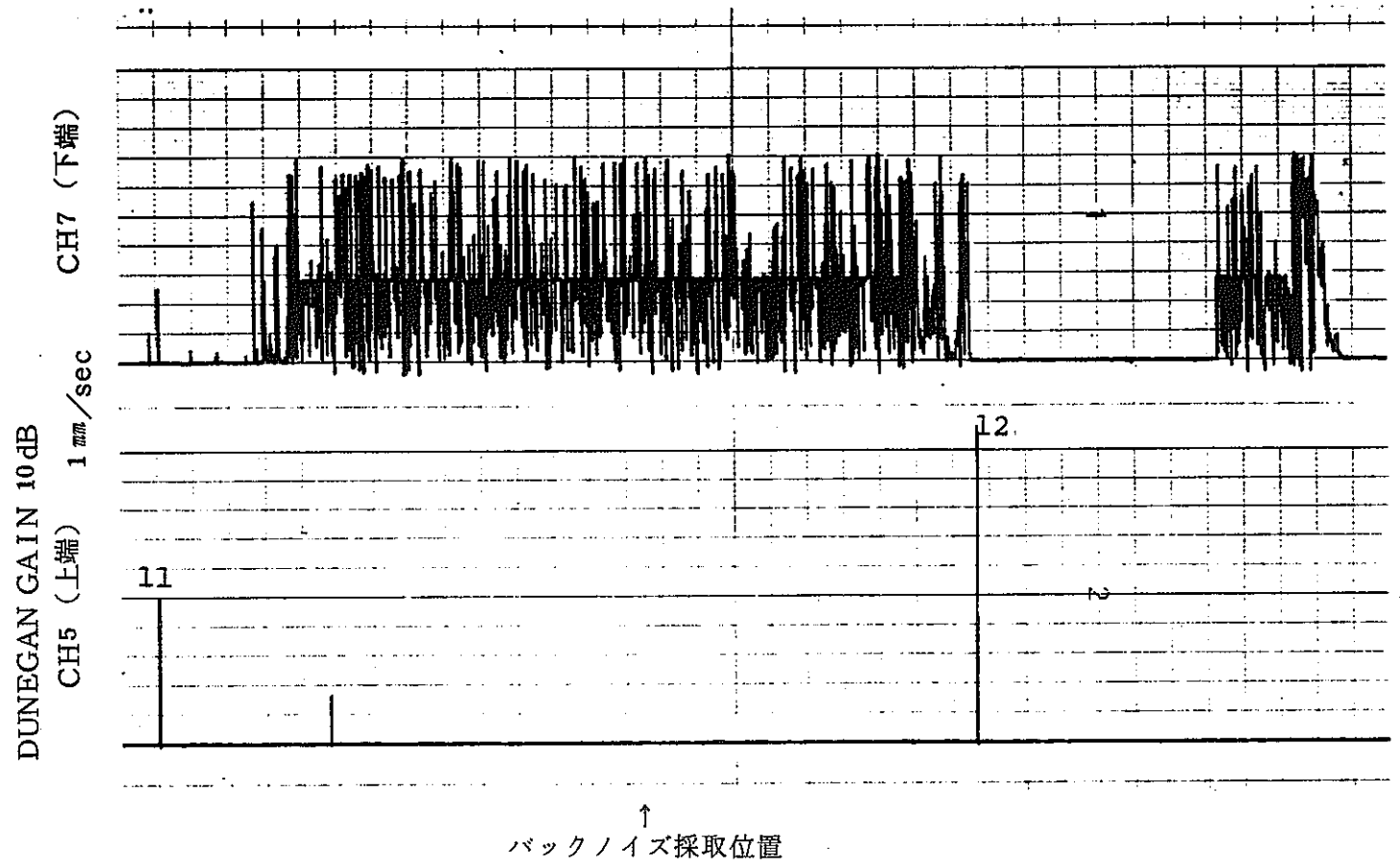
リーク音は、テープ速度 30 ips でのバックノイズに対しておよそ 35 dB 、 60 ips のテープ速度時のバックノイズに対しておよそ 40 dB であった。



第4回加圧中AE測定結果(下端)

上段 AE カウント累積数

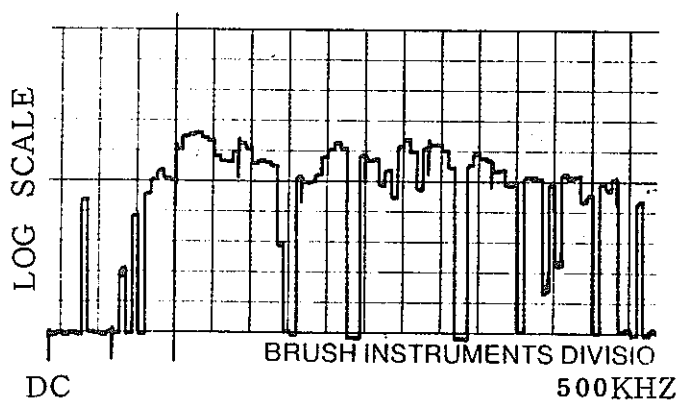
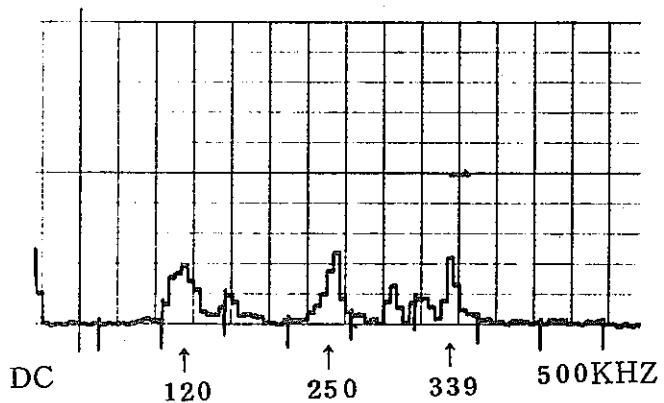
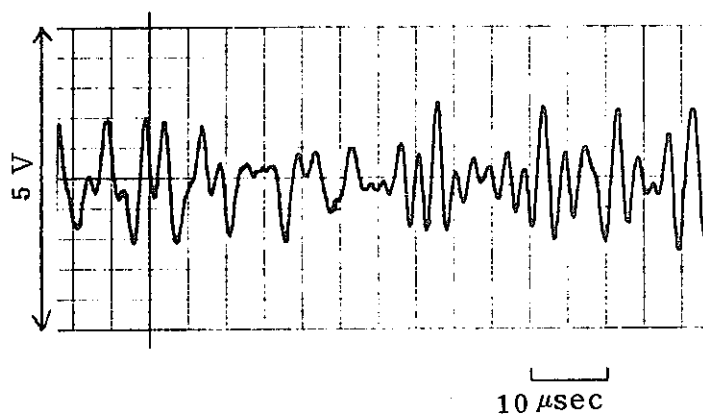
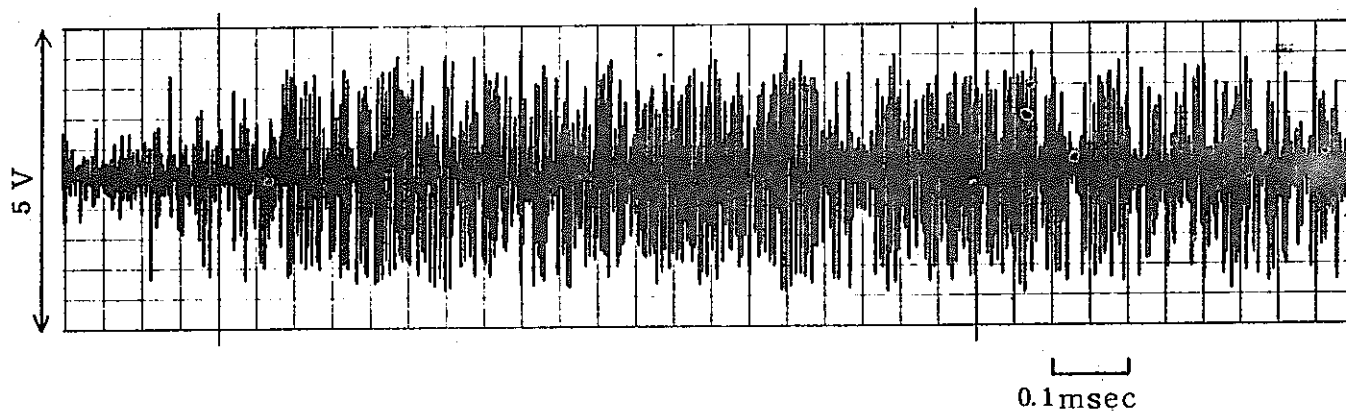
下段 カウント率 (0.1 sec リセット)



第4回加圧中AE測定結果(上端)

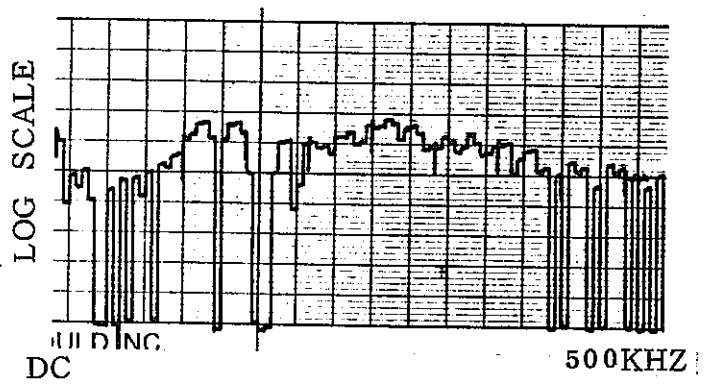
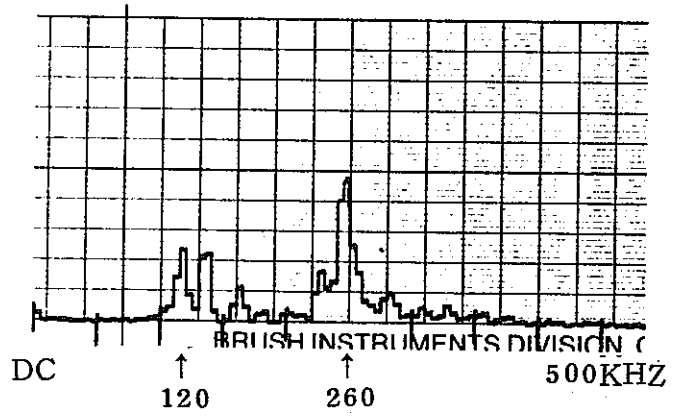
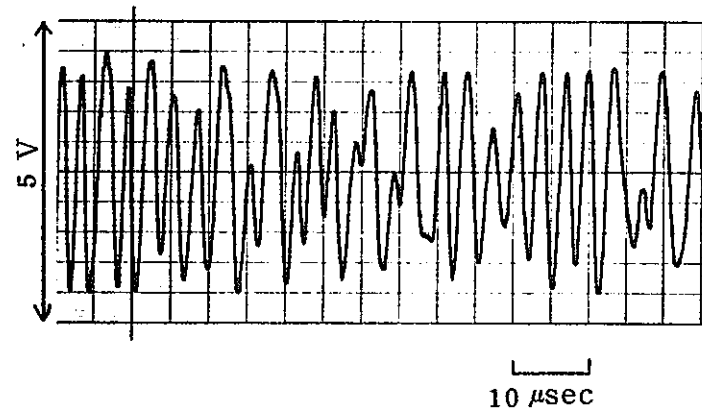
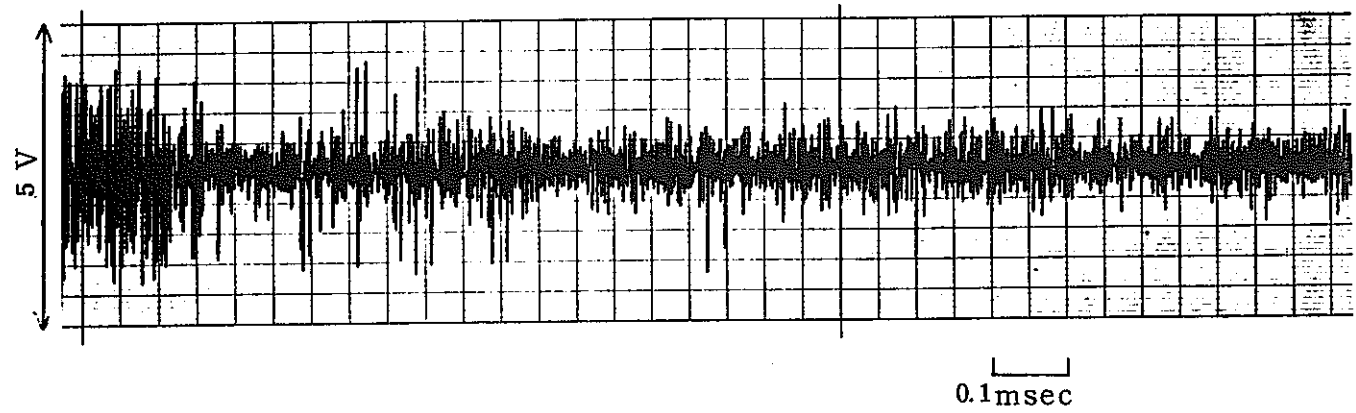
上段 比較のため再生した下端で測定された
AEカウント率(0.1 secリセット)

下段 上端で測定されたAEカウント率(0.1 secリセット)

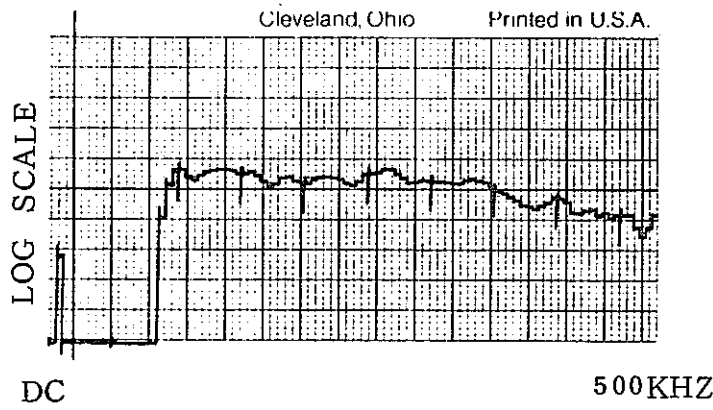
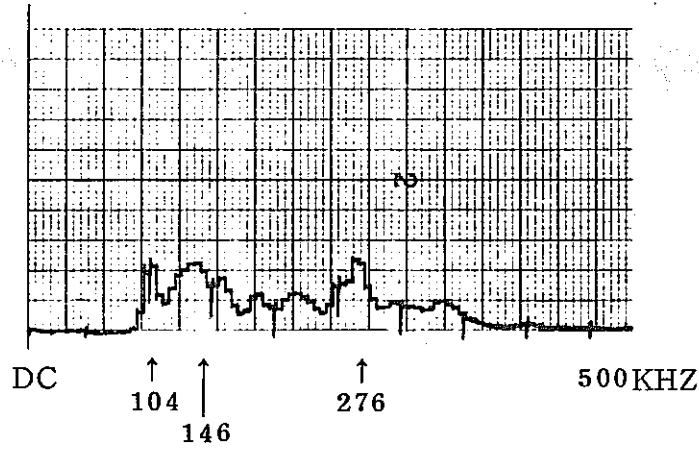


第4回加圧中に上端で採取された
AE信号の波形とパワースペクトル ⑪

上端 No.12

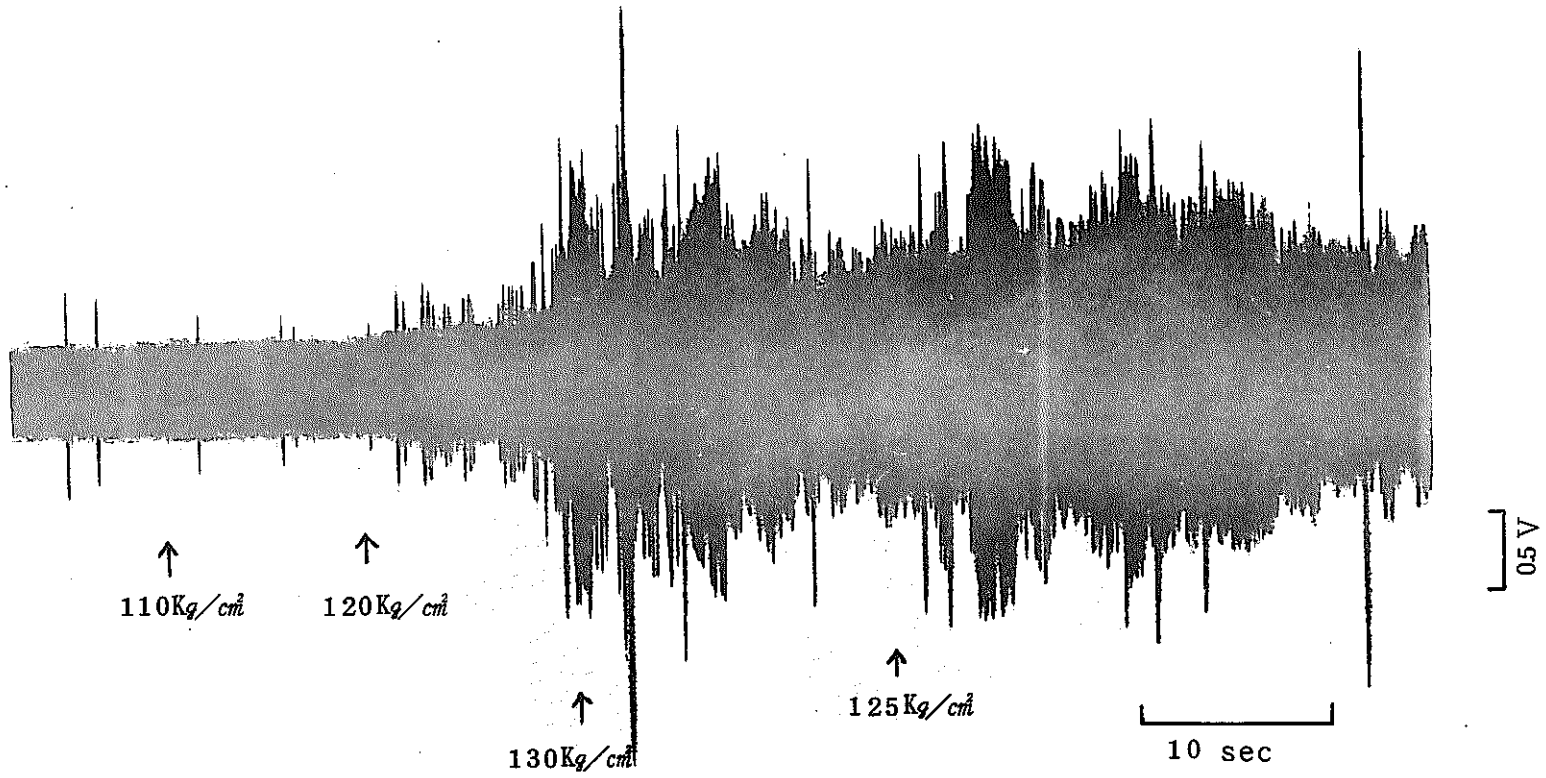


第4回目加圧中に上端で採取された
AE信号とそのパワースペクトル ⑫

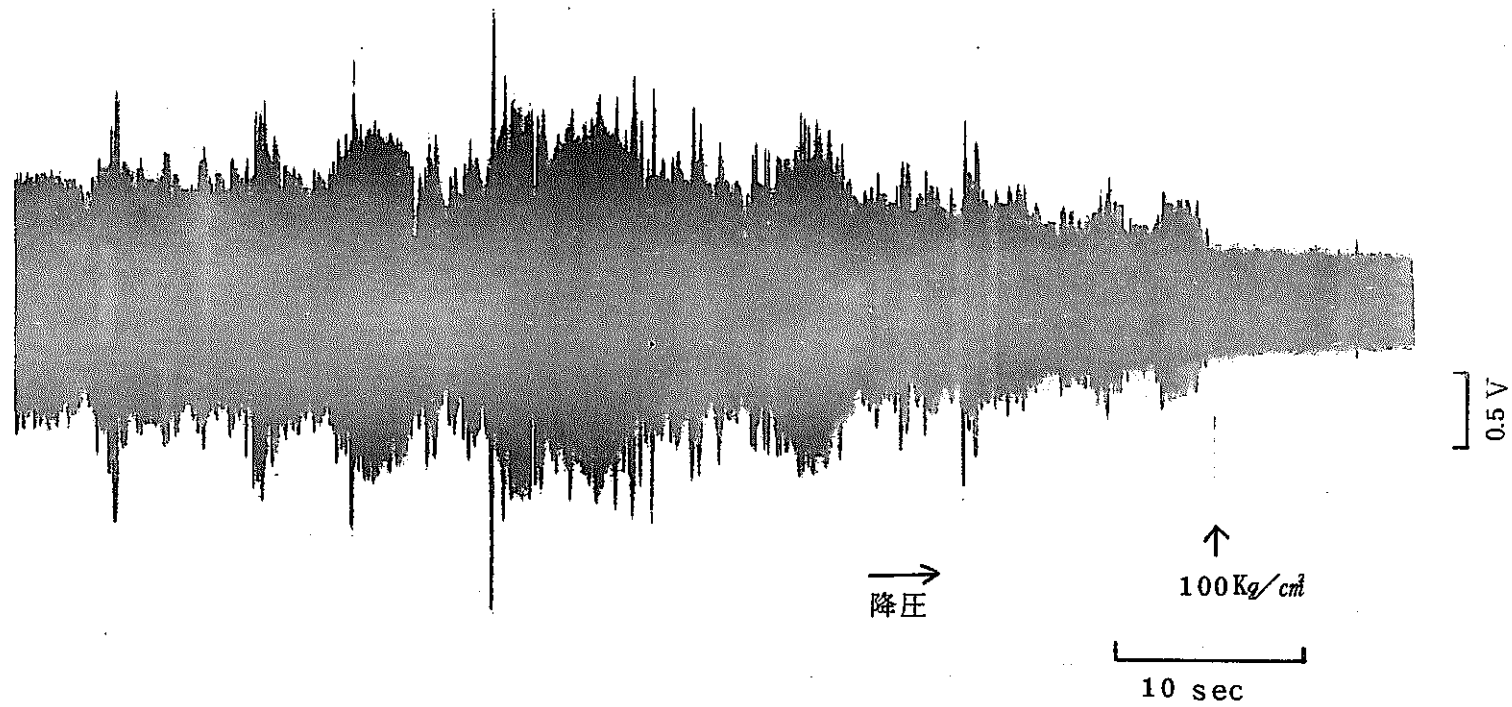


第4回目加圧中に下端で得られた
連続形AE信号のパワースペクトル

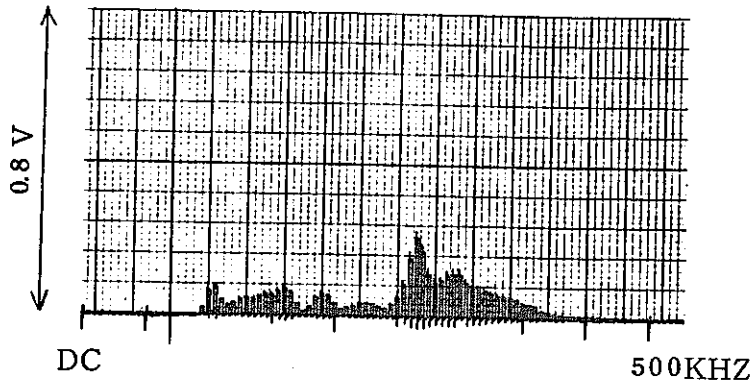
(C-120 Av 8192, S.P 1 μ sec
Range 1V, MLT X2
F-120 MLT X16
BRUS 20mv/div, 1mm/sec)



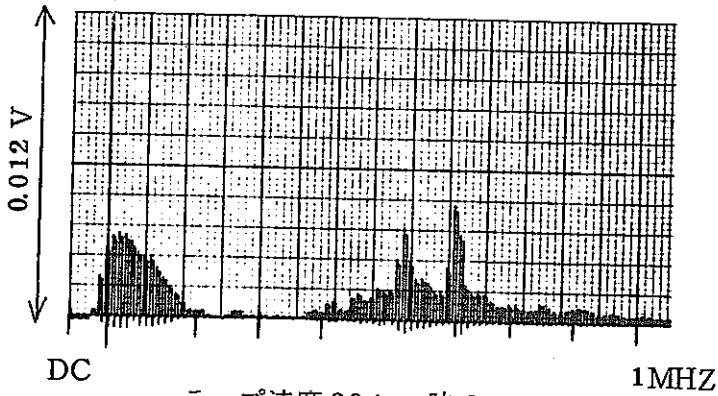
第4回加圧中AE信号(下端)(1)
5 KHZハイパス



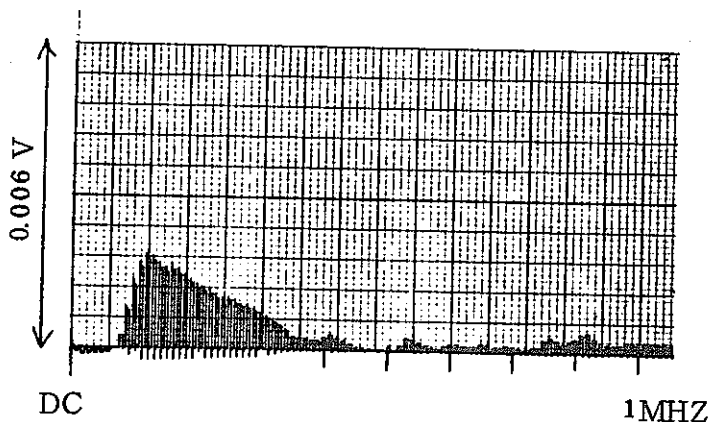
第4回加圧中AE信号(下端)(2)



第4回加圧時のリーク音の
パワースペクトル



テープ速度 30 ips 時の
バックノイズのパワースペクトル

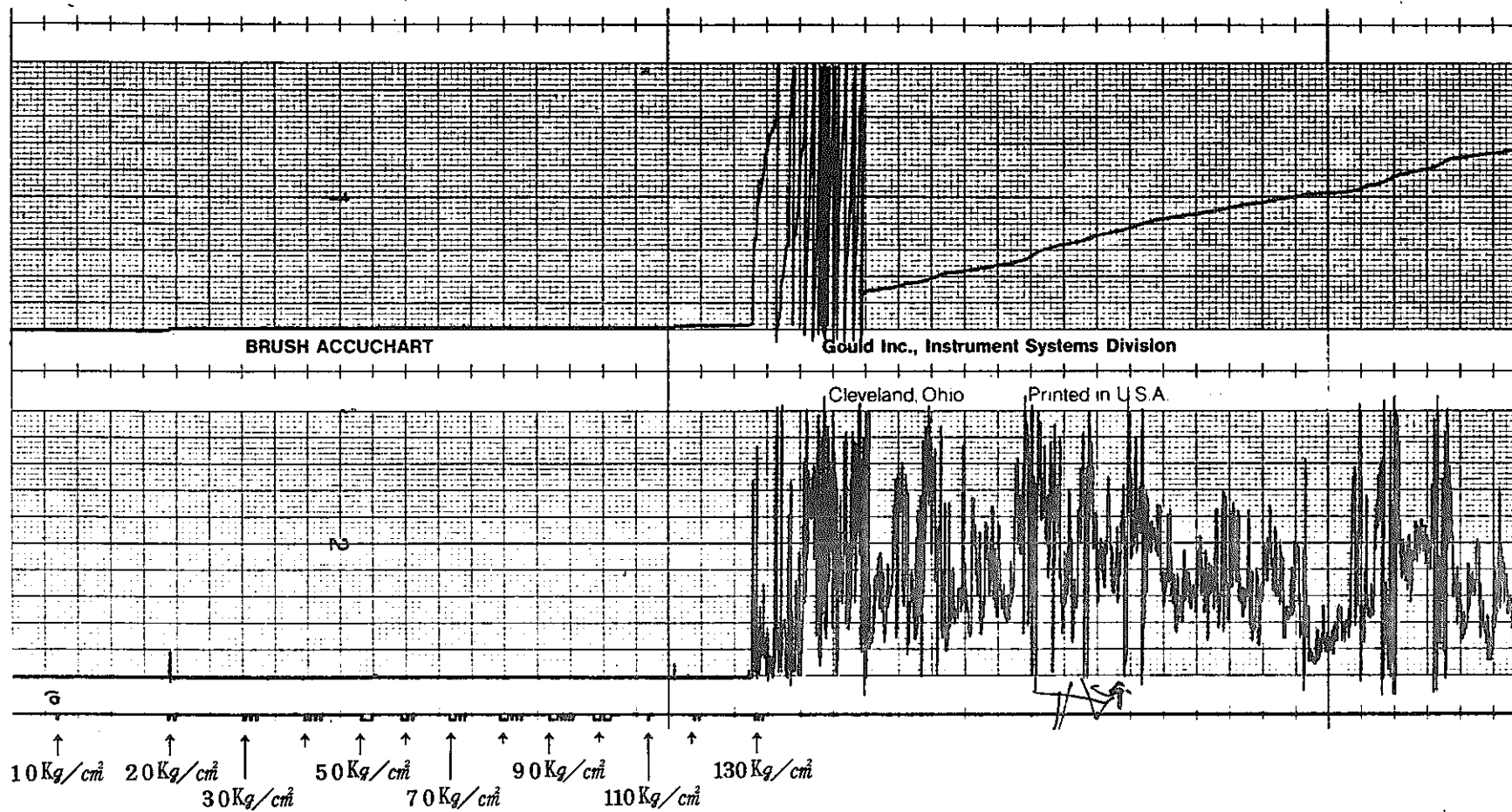


テープ速度 60 ips 時の
バックノイズのパワースペクトル

リーク音とデータレコーダ バックノイズのパワースペクトル比較
テープ速度 30 ipsと60 ipsの場合
データレコーダより直接解析した。

Appendix III

第5回加圧時 A E 測定結果 (下端)

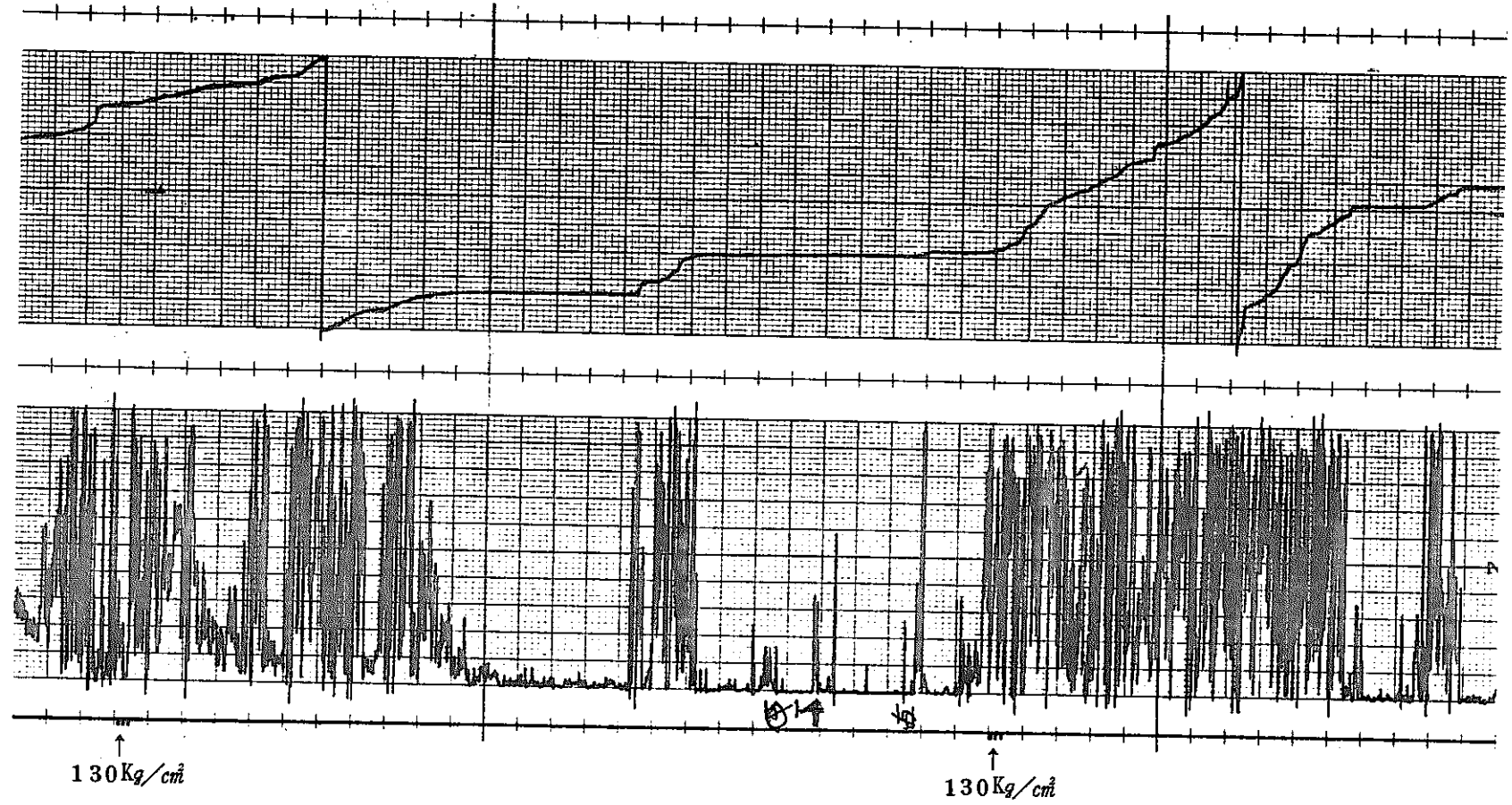


第5回目加圧中AE測定結果(1)

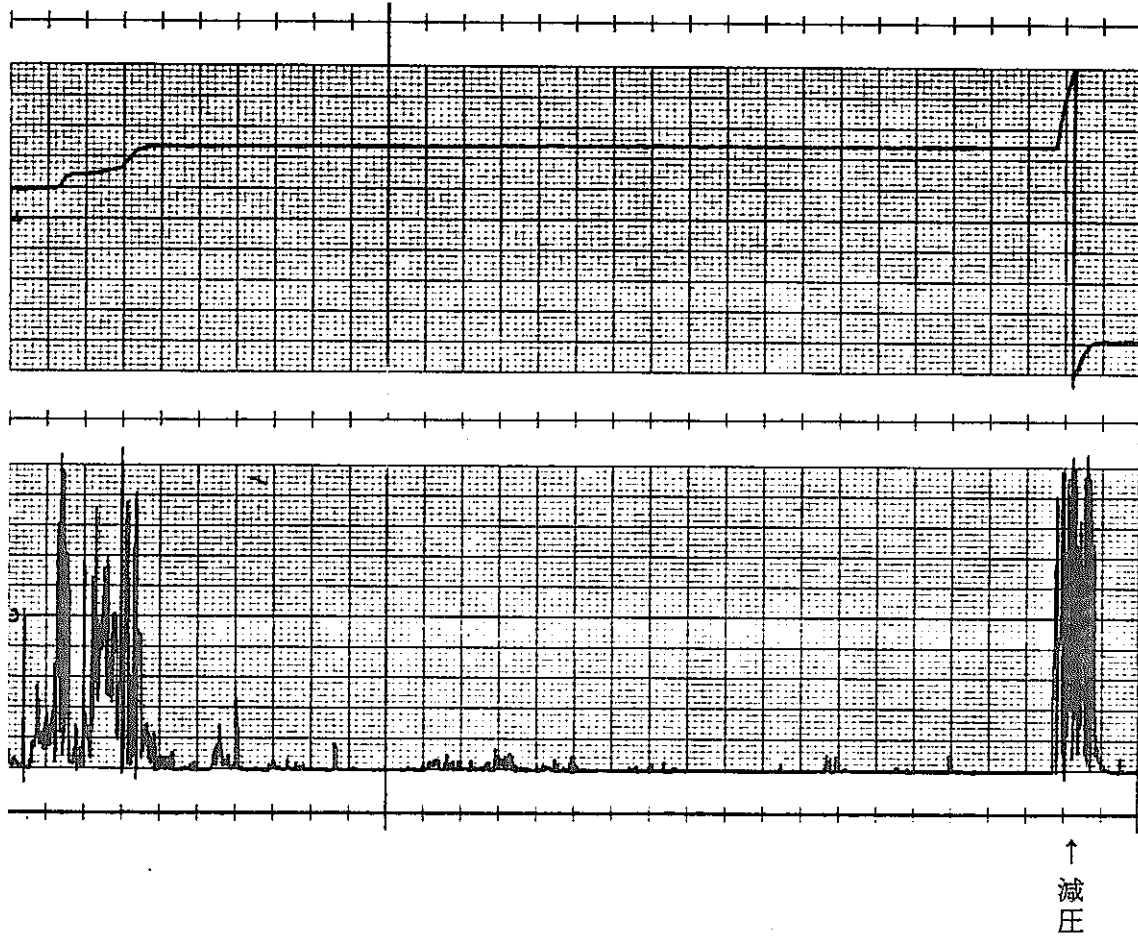
上段 AE累積カウント

下段 カウント率(0.1secリセット)

(ポンピングにより130Kg/cm²を維持しているため
130Kg/cm²が数回達成されている)



第5回目加圧中AE測定結果(2)
上段 AE累積カウント
下段 カウント率(0.1 secリセット)
(ポンピングにより130Kg/cm²を維持しているため)
130Kg/cm²が数回達成されている



第5回目加圧中AE測定結果(3)

上段 AE累積カウント

下段 カウント率(0.1secリセット)