

土木研究所資料

第263号

地盤振動の全国調査第一次報告
（裾花ダムにおける松代地震記録）

昭和42年3月

建設省土木研究所

1. ま え が き

従来から、国および公営多目的ダムに地震計（主として加速度計）を設置して、地震時における地盤震動およびダム本体の応答震動の観測を行ってきたが、これらの地震計はいずれも起動器付きのものであって、起動加速度をこえる地震が発生しなかったこと、強い地震の際に計器が故障していたこと、あるいは地震動が強すぎて計器の測定範囲をこえたことなどの理由により、必ずしも満足すべき記録が得られなかった。

たまたま昭和40年8月以降、長野県松代町附近に震源を有する頻発地震が発生し、1年半以上を経過した現在でも、なお若干の活動を続けている。この地震群は松代群発地震と名づけられ、その原因はまだ明らかではないが主として地殻深部における岩漿移動に伴う地盤の変動によるものと推定されている。この群発地震の特徴は、震源深度が浅いこと、個々の地震の規模が小さいこと、震源域が限られていること、顕著な地盤の隆起、沈降を伴っていること、継続時間があまり長くないことなどである。

松代地震と時期を同じくして長野県営の多目的ダムである裾花ダムの工事が開始された。裾花ダムは、信濃川の支流犀川の小支流裾花川を、長野市中心部の西方約6km、長野市小鍋および入山地先で堰止めようとするものであって、その諸元の概要は次に示す通りである。

ダム型式	コンクリート造アーチダム		
堤 高	83 m		
堤頂弦長	175 m		
堤 底 幅	13 m ~ 17.5 m		
堤 頂 幅	4 m		
基礎岩盤	左岸 安山岩	右岸 凝灰角礫岩	
総貯水量	15,000,000 m ³		

昭和40年度においては、裾花ダムの工事は堤体掘削に着手した状況であったが、松代群発地震の激化に伴ない工事継続の可否が懸念され、昭和41年2月に建設省河川局開発課、長野県企業局、建設省土木研究所の3者協議の結果、群発地震の推移を見守りつつ工事を続行すると共に、ダム築造地点周辺の岩盤に強震計を設置してダム地点における地震動加速度の大きさを観測することとなった。

本地点に設置した強震計の概要は次の通りである。

型 式	S M A C - B 2 型強震計
測定範囲	0 ~ 500 gal
起動加速度	3 gal (一般には6 gal)
記録紙上感度	12.5 gal / mm
記録紙速度	1 cm / sec
地震計固有周期	0.14 sec

地震計減衰定数

1.0

記録成分

上下 東西 南北3成分

設置年月日

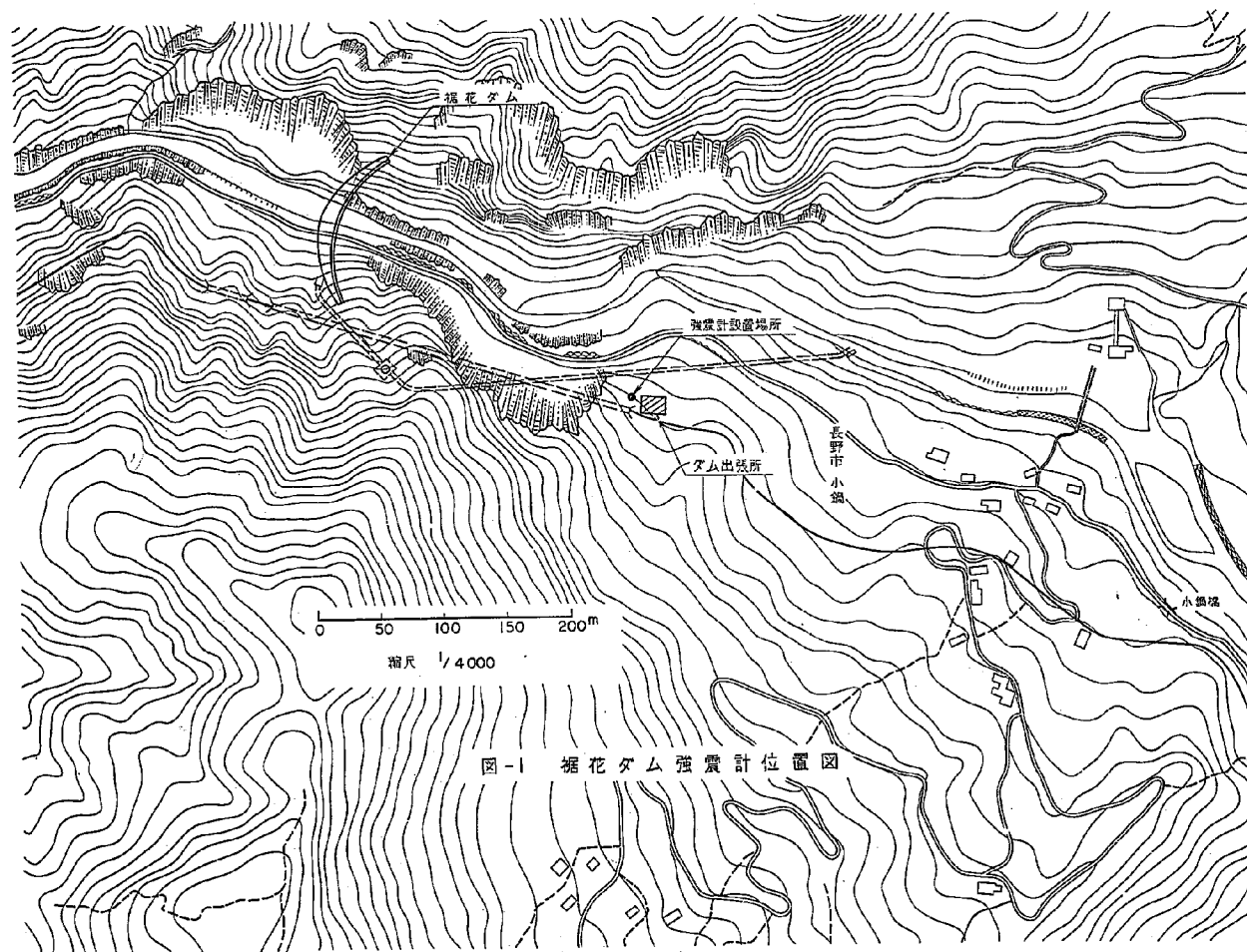
昭和41年5月20日

設置者

長野県企業局

裾花ダム地点における観測開始以来、昭和41年5月27日から同年10月26日の間に大小合せて47回分の記録を得た。これらの記録は、ダム地点における地盤震動記録として他にも有用なものと思われるので、今回これを本報告に集成刊行することとした。勿論、松代群発地震はまだ終熄せず、地震動観測もまた継続して行なわれるものであるから、今後もある程度の記録が集まった度に報告することとしたい。

本報告書の作成に当っては、原記録の提供、個々の地震の規模、赤紫、保科、象山、森仁孔、坂城、真田等各地点の地震動加速度の調査等、長野県企業局の御協力をいただいた。以下の各節に示す表は同局の調査によるものが多いことを附記しておく。



2. 裾花ダム地点の地震記録

強震計は図-1に示すように、長野県企業局裾花ダム工事々務所出張所建物の近傍の岩盤内に小トンネルを掘削し、設置された。

各個の地震記録は附図として本報告書末尾に示しておいた。これを一括して示せば表-1のとおりである。

表中、震源位置は東大地震研究所の調査結果にもとずき長野県企業局が作成した図面(図-2)から読みとった概略の緯度・経度を、加速度は地震記録から物差で0.1mmの精度で読んだ値を12.5 gal/mmのスケールで換算し、小数点以下を四捨五入した値を加速度の+と-は附図に示す記録の中立線上方を正、下方を負としたものを、周期は加速度最大値附近の数波の平均値を示すものである。また各地震の震央位置および地震観測点位置を図-2に示した。図中の震央に付した番号は表-1の地震番号と対応するものである。

表-1 裾花ダムの松代地震加速度記録一覧表

(自昭和40年5月27日 至同年10月26日)

番号	発震時刻 (長野気象台 記録による)	マグニ テュー ド	震央位置		震源 深度	震央 距離	震源 距離	東西			上下			南北		
			北緯	東経				加速度		周 期	加速度		周 期	加速度		周 期
								+	-		+	-		+	-	
1	5/27 22 ^h 02 ^m 59.4 ^s	4.1	36°34'48"	138°13'41"	4.4	13.2	13.9	6	6	0.22	4	4	0.17	4	3	
2	5/28 14 ^h 21 ^m 24.2 ^s	4.7	36°34'26"	138°11'56"	3.2	12.3	12.7	5.3	5.3	0.22	2.9	1.5	0.24	4.6	4.8	0.28
3	5/28 22 ^h 33 ^m 50.0 ^s	3.7	36°31'01"	138°13'23"	1.2	18.2	18.2	2.5	2.5	0.15	12	10	0.23	4.0	4.1	0.26
4	5/30 15 ^h 27 ^m 51.5 ^s	4.4	36°32'17"	138°9'32"	7.7	14.0	16.0	3	1	—	0	1	—	3	1	—
5	6/10 18 ^h 09 ^m 54.6 ^s	—	36°31'52"	138°14'38"	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6	6/11 12 ^h 05 ^m 33.0 ^s	4.9	36°36'18"	138°14'10"	4.5	11.6	12.4	2.0	2.0	0.30	—	—	—	2.1	2.5	0.25
7	6/12 20 ^h 27 ^m 54.3 ^s	4.2	36°33'43"	138°15'0"	5.3	15.9	16.8	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8	6/15 9 ^h 42 ^m 46.3 ^s	—	36°33'4"	138°10'48"	4.0	—	—	6	5	—	0	2	—	3	4	—
9	6/26 12 ^h 32 ^m 01.9 ^s	4.0	36°34'19"	138°15'47"	5.7	14.9	16.0	2.3	2.7	0.15	8	10	0.22	5.1	4.3	—
10	6/26 16 ^h 34 ^m 54.8 ^s	4.4	36°34'19"	138°15'47"	4.8	16.8	17.5	1.9	1.9	—	1.3	1.2	—	2.2	1.2	—
11	6/27 15 ^h 56 ^m 05.2 ^s	3.9	36°31'19"	138°9'47"	4.5	19.1	19.6	9	6	—	8	8	—	8	8	—
12	7/1 5 ^h 32 ^m 29.2 ^s	3.7	—	—	4.7	13.8	14.6	1.6	1.6	—	8	4	—	4.7	4.7	—
13	/	—	—	—	—	—	—	1.4	3.5	—	3	3	—	1.1	1.1	—
14	7/9 16 ^h 06 ^m 15.5 ^s	4.4	36°34'52"	138°15'54"	3.2	10.9	11.4	—	—	—	—	—	—	1.0	8	—
15	7/10 15 ^h 43 ^m 57.2 ^s	4.4	36°33'58"	138°14'42"	4.8	16.0	16.7	9	9	—	3	6	—	1.8	2.3	—
16	7/12 14 ^h 09 ^m 02.2 ^s	4.5	36°33'22"	138°14'10"	5.7	13.9	15.0	7	6	—	1	3	—	6	9	—

番号	発震時刻 (長野気象台 記録による)	マグニ テュー ド	震央位置		震源 深度	震央 距離	震源 距離	東西			上下			南北		
			北緯	東経				加速度	周 期	加速度	周 期	加速度	周 期			
														+	-	+
17	7/19 7 ^h 21.8 ^m	4.2	36°34'23"	138°17'24"	6.7	14.9	16.3	3	3	—	0	6	—	1	8	—
18	7/22 14 ^h 16.4 ^m	4.2	36°31'48"	138°8'6"	7.5	14.4	16.2	6	0	—	4	0	—	3	5	—
19	7/28 15 ^h 06.5 ^m	4.2	36°37'22"	138°14'15"	2.8	11.0	11.3	4	0	—	1	0	—	13	16	—
20	8/3 5 ^h 48.3 ^m	5.0	36°30'15"	138°13'50"	3.2	20.1	20.4	56	74	0.22	11	11	—	38	36	0.24
21	8/8 9 ^h 37.2 ^m	4.7	36°30'01"	138°12'15"	5.5	19.5	20.3	1	3	—	2	1	—	3	9	—
22	8/12 4 ^h 55.5 ^m	4.2	36°35'15"	138°14'24"	4.8	13.1	13.9	1	1	—	1	1	—	6	4	—
23	8/18 0 ^h 38.5 ^m	3.7	36°33'32"	138°12'50"	2.8	14.1	14.4	7	1	—	7	7	—	15	20	—
24	8/20 18 ^h 32.0 ^m	—	—	—	—	—	—	10	6	—	4	4	—	12	16	—
25	8/20 19 ^h 50 ^m	4.4	36°34'36"	138°12'49"	5.1	12.5	13.5	63	36	0.28	21	11	—	34	58	0.28
26	8/20 19 ^h 50 ^m	4.4	36°34'55"	138°12'24"	3.5	11.7	12.2	125	113	0.24	56	49	0.21	143	131	0.30
27	8/21 15 ^h 29.9 ^m	3.5	—	—	3.6	—	—	3	2	—	2	1	—	13	12	—
28	—	—	—	—	—	—	—	7	7	—	4	4	—	18	12	—
29	8/28 13 ^h 09.2 ^m	5.0	36°28'25"	138°10'46"	7.0	21.8	22.9	4	4	—	3	3	—	3	4	—
30	8/29 00 ^h 36.9 ^m	4.6	36°33'05"	138°15'45"	4.5	17.4	18.0	14	11	0.3	6	6	—	19	19	0.32
31	8/31 13 ^h 37.8 ^m	4.8	36°32'35"	138°15'10"	5.4	17.5	18.3	3	2	—	2	0	—	4	6	—
32	9/6 03 ^h 37.4 ^m	5.0	36°32'39"	138°13'27"	6.1	15.9	17.0	28	28	0.22	19	13	0.12	31	31	0.24
33	—	—	—	—	—	—	—	6	3	—	3	0	—	4	10	—
34	—	—	—	—	—	—	—	9	6	—	3	3	—	14	14	—
35	9/9 16 ^h 14.1 ^m	4.2	36°32'40"	138°16'10"	4.8	18.4	19.0	15	11	0.77	6	9	—	15	15	—
36	9/11 02 ^h 11.2 ^m	3.9	36°36'57"	138°17'04"	6.2	15.2	16.4	6	5	—	2	2	—	6	4	—
37	—	—	—	—	—	—	—	6	6	—	2	2	—	6	6	—
38	9/11 19 ^h 55.1 ^m	4.4	36°36'29"	138°16'01"	3.1	14.1	14.4	2	3	—	1	1	—	9	4	—
39	9/14 10 ^h 14.2 ^m	4.9	36°33'30"	138°14'15"	6.0	15.4	16.5	5	3	—	2	2	—	3	4	—
40	9/16 06 ^h 37.4 ^m	4.4	36°33'31"	138°15'15"	5.2	16.3	17.1	6	0	—	6	—	—	4	—	—
41	9/27 04 ^h 03.2 ^m	5.0	36°30'06"	138°13'10"	5.1	19.9	20.5	4	3	—	4	2	—	17	12	—
42	9/27 19 ^h 22.3 ^m	3.3	—	—	—	—	—	6	4	—	4	3	—	4	6	—
43	10/3 11 ^h 32.5 ^m	3.7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	3	—
44	10/13 06 ^h 01.3 ^m	4.9	36°32'45"	138°14'46"	9.0	16.6	18.9	29	59	—	26	24	—	40	52	0.25
45	10/19 00 ^h 04.5 ^m	4.8	36°29'55"	138°12'32"	9.0	20.0	21.9	13	16	—	6	6	—	23	31	—
46	10/23 11 ^h 14.7 ^m	4.5	36°30'14"	138°10'02"	6.0	18.4	19.4	6	3	—	3	3	—	22	17	—
47	10/26 05 ^h 04.2 ^m	4.9	36°36'24"	138°18'32"	6.0	17.4	18.9	0*	—	—	6*	—	—	16*	—	—

*印は長野県企業局の調査による値

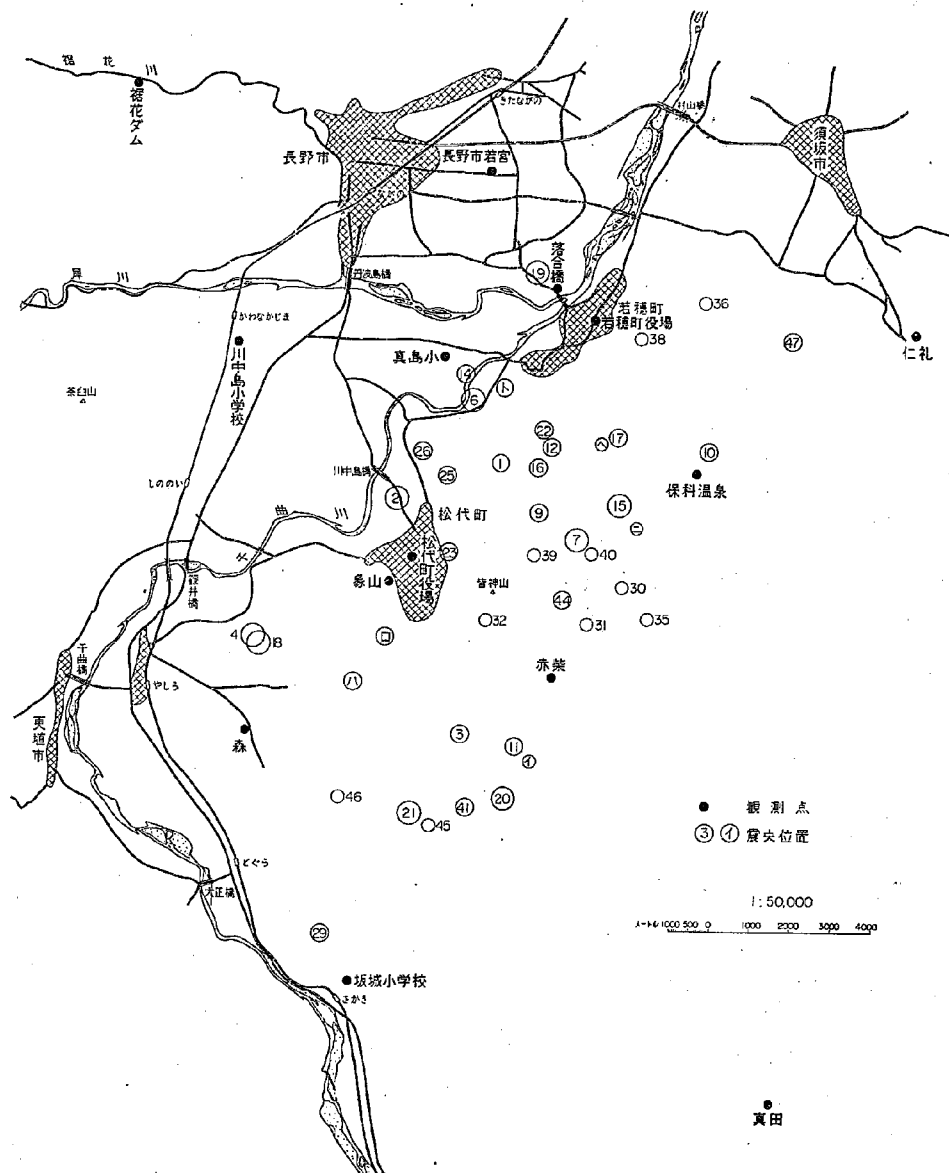


図-2 震央および観測点位置

表-1の各地震をマグニチュードの大きさに従って整理したものを表-2に示す。
表にみるとく、マグニチュード4.4ないし5.0の地震が多い。

表-2 マグニチュードによる地震の整理

マグニチュード	3.3	3.5	3.7	3.9	4.0	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.8	4.9	5.0	不明
地震番号	42	27	3 12 23 43	11 36	9	1	7 17 18 19 22 35	16	4 10 14 15 25 26 38 40	46	30	2 21	31 45	6 39 44 47	20 29 32 41	5 8 13 24 28 33 34 37
個 数	1	1	4	2	1	1	6	1	8	1	1	2	2	4	4	8

3. 裾花ダム・長野市内・落合橋地盤震動の比較

松代群発地震観測の一環として、土木研究所では長野市若宮長野国道工事々務所長野出張所構内、若穂町牛島落合橋附近千曲川堤外地の2ヶ所で地盤震動の観測を行なっている。両地点はいずれも千曲川流域の沖、洪積砂礫層上に位置している。地震記録の日時から、裾花ダム、長野市若宮、落合橋地盤の3ヶ所で、同一地震による地震を記録したと思われるものを取り出すと、表-3のごとくなる。表中加速度の値は、各成分の最大値をとっている。また水平合成値は、機械的に水平方向2成分（例えば東西および南北）の最大値の平方和を求めたものである。表-3に示した各地震に対する、各観測点の震央距離と震源距離を表-4に示す。ここに震央距離とは震源直上の地表から観測点までの距離、震源距離とは震源と観測点との距離を示す。したがって震央距離を d_e 、震源深度を h 、震源距離を d_s とすれば

$$d_s^2 = d_e^2 + h^2$$

なる関係がある。

表-3 裾花ダム・長野市内・落合橋 加速度比較表

(gal)

番号	発震時刻 (長野地方気象台 記録による)	裾花ダム				長野市若宮				落合橋			
		東西	南北	上下	水平 合成	東西	南北	上下	水平 合成	橋軸 直角	上下	水平 合成	
2	40年5月28日14時21分24秒	53	48	29	72	70	13	50	71	103	28	38	106
6	6 11 12 05 33	20	25	不明	32	58	18	73	60	110	30	43	114
10	6 26 16 34 55	19	22	13	29	70	70	10	99	130	不明	65	—
15	7 10 15 43 57	4	13	2	13	55	63	20	83	130	100	55	164
20	8 3 3 48 38	74	38	11	83	20	30	13	36	65	65	63	92
21	8 9 37 21	3	9	2	9	50	65	10	82	55	40	20	68
25	8 20 19 50	63	58	21	86	15	25	10	29	70	20	8	73
29	8 28 13 09 25	4	4	3	6	30	50	5	58	65	20	10	68
30	8 29 0 36 19	14	19	6	24	50	35	10	61	73	50	40	89
31	8 31 13 37 18	3	6	2	7	28	25	3	38	38	15	8	41
32	9 6 06 37 43	28	31	19	42	40	55	15	68	145	50	15	153
39	9 14 10 14 20	5	4	2	6	90	55	25	106	115	50	60	125
41	9 27 04 03 22	4	17	4	17	53	50	10	73	113	25	15	116
44	10 13 06 01 35	59	52	26	79	110	105	23	152	290	110	45	310
45	10 19 0 04 51	16	31	6	35	75	60	10	96	160	28	20	162
46	10 23 11 14 17	6	22	3	23	48	45	18	66	120	25	5	123
47	10 26 03 04 12	0*	16*	6*	16	55	85	15	101	60	53	20	80

*印は原記録未着のため長野県企業局で作成した表の値を転載

表-4 震央距離および震源距離

(KM)

番号	裾花ダム		長野市若宮		落合橋	
	震央距離	震源距離	震央距離	震源距離	震央距離	震源距離
2	12.3	12.7	13.4	13.8	6.5	7.2
6	11.6	12.4	5.6	7.2	3.4	5.6
10	16.8	17.5	8.9	10.1	10.5	11.5
15	16.0	16.7	8.9	10.1	5.6	7.4
20	20.1	20.4	15.7	16.0	12.7	13.1
21	19.5	20.3	16.1	17.0	13.5	14.6
25	12.5	13.5	7.2	8.8	5.3	7.4
29	21.8	22.9	19.3	20.5	17.1	18.5
30	17.4	18.0	10.8	11.7	7.6	8.8
31	17.5	18.3	11.5	12.7	8.4	10.0
32	15.9	17.0	11.2	12.8	8.4	10.4
39	15.4	16.5	9.6	11.3	6.6	8.9
41	19.9	20.5	15.8	16.6	13.0	14.0
44	16.6	18.9	10.8	14.1	7.7	11.8
45	20.0	21.9	16.3	18.6	13.6	16.3
46	18.4	19.4	16.0	17.1	13.6	14.9
47	17.4	18.9	8.7	10.6	6.6	8.9

表-3および4の値から、各観測点の水平2成分の加速度のうちの大きい方の値と水平合成値をとり、地震のマグニチュード、震央および震源距離との関係を示したものが表-5である。各地震のマグニチュードは表-1に示したもので、東京大学地震研究所の推定値を、長野県企業局がとりまとめた値をそのまま採用したものである。

表-5 裾花ダム・長野市若宮・落合橋のマグニチュード別加速度

マグニ チュード	番号	裾 花 ダ ム				長 野 市 若 宮				落 合 橋			
		水平加速度 (gal)		距 離 (km)		水平加速度 (gal)		距 離 (km)		水平加速度 (gal)		距 離 (km)	
		成分 最大	合成	震央	震源	成分 最大	合成	震央	震源	成分 最大	合成	震央	震源
5.0	20	74	83	20.1	20.4	30	36	15.7	16.0	65	92	12.7	13.1
	29	4	6	21.8	22.9	50	58	19.3	20.5	65	68	17.1	18.5
	32	31	42	15.9	17.0	55	68	11.2	12.8	145	153	8.4	10.4
	41	17	17	19.9	20.5	53	73	15.8	16.6	113	116	13.0	14.0
4.9	6	25	32	11.6	12.4	58	60	5.6	7.2	110	114	3.4	5.6
	39	5	6	15.4	16.5	90	106	9.6	11.3	115	125	6.6	8.9
	44	59	79	16.6	18.9	110	152	10.8	14.1	290	310	7.7	11.8
	47	16	16	17.4	18.9	85	101	8.7	10.6	60	80	6.6	8.9
4.8	51	6	7	17.5	18.3	28	38	11.5	12.7	38	41	8.4	10.0
	45	31	35	20.0	21.9	75	96	16.3	18.6	160	162	13.6	16.3
4.7	2	53	72	12.3	12.7	70	71	8.5	9.1	103	106	6.5	7.2
	21	9	9	19.5	20.3	65	82	16.1	17.0	55	68	13.5	14.6
4.6	30	19	24	17.4	18.0	50	61	10.8	11.7	73	89	7.6	8.8
4.5	46	22	23	18.4	19.4	48	66	16.0	17.1	120	123	13.6	14.9
4.4	10	22	29	16.8	17.5	70	99	8.9	10.1				
	15	13	13	16.0	16.7	63	83	8.9	10.1	130	164	5.6	7.4
	25	63	86	12.5	13.5	25	29	7.6	9.1	70	73	5.3	7.4

一般に任意の一地点における地震動の強さあるいは地震動の加速度の値は、地震のマグニチュードが大きくなれば大となり、震央距離または震源距離が大きくなれば小となる。これらの各量の関係を河角は震央距離が100km以下の場合に對し次式で示している。

$$I = M_K + 2 \log_{10} \frac{r_{100}}{r} + 0.0384 (\log_{10} \theta) (r - r_{100})$$

ここにI：中央気象台震度階

M_K：河角のマグニチュード

r₁₀₀：震央距離100kmの地点における震源距離

r：震源距離

通常用いられる Gutenberg - Richter のマグニチュードをMとすれば、河角のマグニチュードは次式に示す関係を有する。

$$M_K = 2M - 9.7$$

したがって、同一地点においては、マグニチュードの等しい地震動の加速度は、震央または震源距離のみに支配されることになる。現在までに得られた資料によれば、マグニチュード5.0および4.9の地点がそれぞれ4ケース、4.4のものが3ケース、4.8および4.7のものがそれぞれ2ケース、4.6および4.5のものがそれぞれ1ケースとなっているが、表-5でみる限り、マグニチュードが等しくても、地動の加速度は必ずしも震源距離の増大に伴って減小してはいない。この原因としては、

- a. マグニチュードの推定値の確定にはかなりの時間を要するので、地震後間もなく発表された値の中には将来修正されるものもあること。
- b. 震央位置および震源深度はある程度の揺がりをもつものであるが、計算の便宜上これを1点と考え、各観測点の震央距離・震源距離を計算したこと。
- c. 強震計はある程度以上の地震加速度の値以上になってはじめて起動する構造であるが、刻時器がないため、記録採取後、対応する地震を推定しなければならない。地震の発生頻度に比べて記録紙見廻り間隔が長いと対応地震の推定の不確実さが増大すること、

などが考えられる。

これらの各点については今後も調査を重ね、修正あるいは誤りがあれば訂正してゆく方針であるが、大体の傾向は表-5から求めることができよう。

つぎに一地点の地震動の強さには、その地点の地盤の硬軟が関係する。従来一部において、他の条件が等しければ、堅硬な地盤程加速度は大きいと言われてきている。しかしながら、加速度計による地震計測が大規模に行なわれ始めたのは最近のことであり、実際に観測された記録は、必ずしも堅硬な地盤の加速度が、軟質地盤（未固結の堆積層）に較べて大きくはない。むしろ反対の場合が見受けられる。地盤の種類と地震動加速度の大きさの関係についてはまだ観測資料の数は不足しており、特に岩盤上の加速度記録の例はすくない。このため、この方面に関する資料の一端として表-5に示すような比較を試みたものである。

各観測点における加速度の大きさと、地震のマグニチュード、震央距離または震源距離の間にはっきりした関係が認められる場合には、マグニチュード別にふるい分けた資料についての比較が可能であろう。しかしながら前にも述べたように、表-5の値は必ずしもマグニチュードと加速度の間に明確な関係を示していないと判断される。したがって、今回の比較においては一括してマグニチュード4.4ないし5.0の地震による加速度の比較を行なうこととした。また観測地点がいずれも震源に近く、震央距離の最大値は21.8 km、最小値は3.4 kmとなっているので、震源深度の値がかなり影響することを考慮して、震源距離と各観測点の加速度の値をグラフに示すこととした。

図-3は各観測点の水平加速度の最大値と震源距離との関係、図-4は水平合成値と震源距離との関係を示すものである。各観測点の区別は図中の凡例に示すとおりであり、各点のそばに附した番号は、表-5中の地震番号に対応するものである。

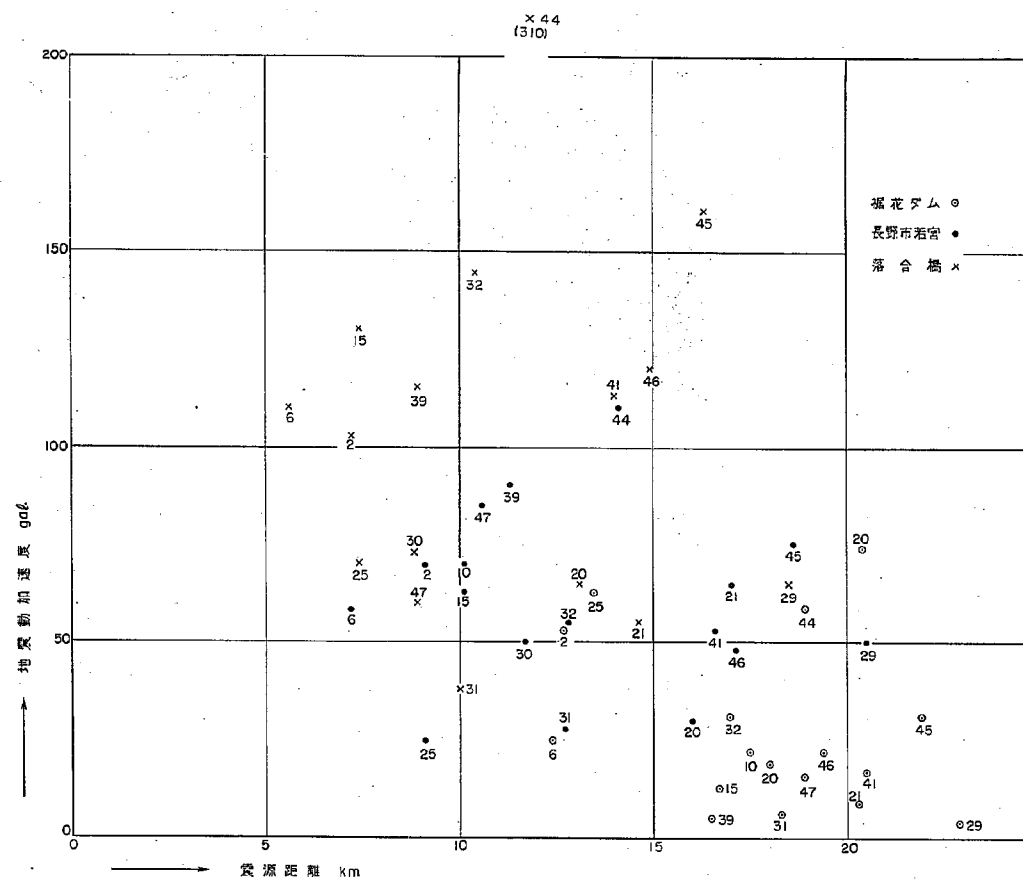
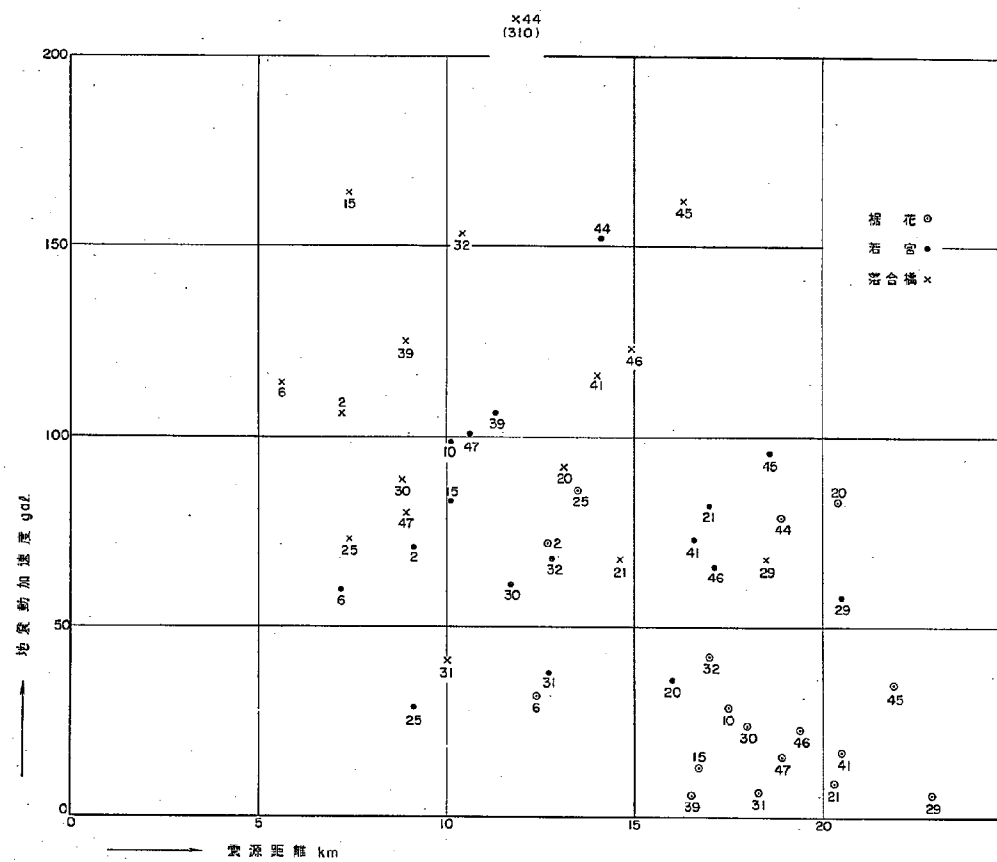


図-3 水平加速度最大値と震源距離



両図から、

- (1) 図-3、図-4とも傾向に大きな差はない。
- (2) 図からみると地震番号45、29、46、41、44などが比較的規模が大きいのではないと思われる。
- (3) 裾花ダムにおける観測値は、震源距離の増加による加速度低下率が大きい。
- (4) 長野市若宮における観測値は、震源距離の増加による加速度低下率が小さい。
- (5) 落合橋における観測記録はバラッキが大きく、震源距離の増加による加速度低下率は長野市若宮の場合より大きい。
- (6) 3地点の観測値を比較すると、裾花ダムの加速度が最も小さく、長野市若宮がこれにつき、落合橋の加速度が最も大きく、地盤の堅硬さの順序と逆になっているものと判断される。すなわち、堅硬な地盤（岩盤）の場合に加速度が大きくなる傾向を示してはいない。

などが結論されよう。

もっとも、地震学関係者による地震のマグニチュードおよび震源位置の推定値が定着した後、(6)の点に関しては、マグニチュード別、観測点別に資料を再整理することが必要であろう。

4. 松代町周辺に展開された各観測点との比較

この節に記述する内容の実質的部分は、長野県企業局の調査によるものである。

松代群発地震に伴って、松代町周辺に各種機関による観測点が設けられた。これらのうち東京大学地震研究所が展開した加速度観測点および計器の形式は表-6に示すとおりである。なお各観測点位置は図-2に記入してある。

各観測点における加速度記録を、長野地方気象台調査の各地の震度階と共に表-7に示す。表中の地震番号は表-1と同じものである。

また各地震ごとの各観測点の震源距離と水平加速度の最大値とを表-8に示す。この表中、裾花ダムの地震番号1～46以外の数値は長野県企業局の調査によるものである。これらの観測値による資料の再検討は統報にゆずることとする。

表-6 東京大学地震研究所の加速度観測地点

観 測 地 点	所 属	加速度計の型式	記録感度
赤 紫 保 科 象 山 仁 礼 坂 城 真 田	東京大学地震研究所 地震計測室	石本式加速度計 (200倍 すず掛き)	2.3 gal _{max}
松代町役場 川中島小 若穂町役場 保科温泉 真島小 坂城小	東京大学地震研究所 強震観測センター	SMAC-B2型	12.5 gal _{max}

表-7

各地点の最大地盤加速度

番号	マグニチュード	震度階			深さ	裾花			赤紫		保科		象山		松代町役場		川中島小		若穂町役場		保科温泉		真島小		坂城小	
		長野	松代	上田		東西	上下	南北	東西	南北	東西	南北	東西	南北	東西	南北	東西	南北	東西	南北	東西	南北	東西	南北	東西	南北
1	4.1	4	3	2	4.4 ^{km}	53 ^{0.1}	29 ^{0.1}	48 ^{0.1}	33	30	50	81	19	19												
2	4.7	4	5	3	3.2	53	29	48	82	88	45	39	78	68	223	278	180	130	48	60	50	40	119	111	28	38
3	3.7	3	3	2	1.2	25	12	41	19	16	14	19	28	38	30	28	29	25			28	41	43	48		
4	4.4	3	3	2	7.7	3	1	3	30	28	45	67	13	22												
5		3	3	2		—	—	—	—	—	—	—	—	—	68	85			10	18	32	41				
6	4.9	4	3	2	4.5	20	—	25	114	51	92	63	—	121	60	75			18	25	117	84				
7	4.2	3	3	1	5.3	—	—	—	32	48	37	32	—	152	70	105							28	48	13	11
8		3	3	2		6	2	4	—	—	—	—	—	—	20	20					18	15	4	7		
9	4.0	3	3	1	5.7	27	10	43	39	38	48	48	—	29							15	15	7	11		
10	4.4	4	3	2	4.8	19	13	22	98	65	90	60	—	23					210	206	205	200	11	18		
11	3.9	2	3	2	4.5	9	8	8	69	37	20	19	32	25	5	7							8	10		
12	3.7	3	3	2	4.7	16	8	47	43	25	23	18	12	12												
13	—	—	—	—	—	35	3	11																		
14	4.4	3	2	1	3.2	—	—	10	62	69	47	89	86	32	33	30							50	60		
15	4.4	4	4	2	4.8	9	6	23	61	86	91	98	100	72	135	60			93	81	160	175	50	63	13	9
16	4.3	3	3	3	5.7	7	3	9	61	89	69	59	37	—	34	25			46	25	25	10	3	3		
17	4.2	3	1	0	6.7	3	6	8	29	36	35	58	35	33	9	8										
18	4.2	3	3	2	7.5	6	4	5	15	34	18	27	—	28	38	25										
19	4.2	3			2.8	4	1	16	25	32	33	63	39	—												
20	5.0	4			3.2	74	11	38	163	163	71	71														
21	4.7	4			5.5	3	2	9	184	50			136	46												
22	4.2	3			4.8	1	1	6	86	63	54	40	21	25												
23	3.7	3			2.8	7	7	20	36	34	22	37	90	87												
24		3				10	4	16																		

番号	マグニチュード	震度階			深さ	裾花			赤紫		保科		象山		松代町役場		川中島小		若穂町役場		保科温泉		真島小		坂城小	
		長野	松代	上田		東西	上下	南北	東西	南北	東西	南北	東西	南北	東西	南北	東西	南北	東西	南北	東西	南北	東西	南北	東西	南北
25	4.4	4			5.1	63	21	58	74	101	49	38	85	69	130	155	183	90	30	28	39	30	93	68	8	9
26	4.4	4			3.5	125	56	143	85	62	32	60	76	62	110	83	242	180	10	10	25	50	155	230	8	8
27	3.5	3			3.6	3	2	13	20	24	25	22			森 仁 礼 坂 城 真 田											
28						7	4	18							東西	南北	東西	南北	東西	南北	東西	南北				
29	5.0	4	4	4	7.0	4	3	4	62	53									161	92	37	33				
30	4.6	4	4	3	4.5	14	6	19	216	87	115	106					81	81			17	18				
31	4.8	2	4	2	5.4	3	2	6	89	116					155	68			101	23	5	55				
32	5.0	4	4	3	6.1	28	19	31	63	116					92	164			70	25	34	38				
33						6	3	10																		
34						9	3	14																		
35	4.2	3	3	2	4.8	15	9	15	74	26	89	127	112	154												
36	3.9	2	1	0	6.2	6	2	6	65	23	25	19	7	6							4	11				
37						6	2	6																		
38	4.4	3	2	2	3.1	3	1	9	59	33	38	30	21	16							8	7				
39	4.9	4	4	3	6.0	5	2	4							161	184	60	58			15	38				
40	4.4	3	3	—	5.2	6	6	4	41	69	61		15								10	10				
41	5.0	3	4	3	5.1	4	4	17	124	129	103	60							157	138	36	32				
42	3.3	3	3	2		6	4	6	9	8																
43	3.7	2	2	2		0	0	3	16	11			16	23							12	5				
44	4.9	4	3	2	9.0	59	26	52	44	38					108	52			90	74	26	32				
45	4.8	4	3	4	9.0	16	6	31	84	55					108	89			184	125	44	36				
46	4.5	3	3	3	6.0	6	3	22	51	48	41	43			129				92		22	21				
47	4.9	4	3	3	6.0	0	6	16	44	60	76	110		35	60	67			31	29	30	23				

表 - 8

松代町周辺の観測点における震源距離と水平最大加速度

番号	マグニ チュード	裾 花		赤 紫		保 科		象 山		仁 礼		坂 城		真 田		松代町役場		川中島小		若穂町役場		保科温泉		真島小		坂城小	
		加	距	加	距	加	距	加	距	加	距	加	距	加	距	加	距	加	距	加	距	加	距	加	距	加	距
1	4.1	6	13.9	34	7.0	83	6.6	19	5.9							—	5.4	—	8.4	—	6.1	—	6.6	—	5.3	—	14.2
2	4.7	53	12.7	90	6.7	46	8.1	80	3.7							280	3.5	180	6.4	11	7.4	51	8.1	120	5.0	90	12.5
3	3.7	41	18.2	19	3.0	39	8.9	31	4.4							30	4.9	—	11.7	12	11.0	50	8.9	—	9.6	—	6.8
4	4.4	3	16.0	31	10.7	68	14.0	22	8.5							—	8.9	—	10.6	—	13.8	—	14.0	—	11.4	—	11.8
5	—	—	—	—	—	—	—	—	—							—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6	4.9	25	12.4	120	8.5	94	7.4	120	6.7							77	6.1	26	7.5	—	5.9	120	7.4	—	4.7	—	15.5
7	4.2	—	16.8	49	6.3	38	6.3	160	7.0							110	6.7	—	11.1	—	7.7	—	6.3	49	7.8	13	13.8
8	—	6	—	—	—	—	—	—	—							—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
9	4.0	43	16.0	40	7.0	49	7.0	30	7.0							—	6.7	—	10.3	—	7.6	15	7.0	11	7.3	—	13.8
10	4.4	22	17.5	100	8.3	92	4.8	23	9.8							—	9.2	—	12.9	210	6.5	210	4.8	18	8.4	—	16.6
11	3.9	9	19.6	70	4.9	20	9.4	33	6.9							71	7.1	—	13.3	—	11.8	—	9.4	10	10.9	—	8.4
12	3.7	47	14.6	44	7.4	23	6.0	12	7.0							—	6.4	—	9.5	—	5.8	—	6.0	—	5.9	—	15.0
13	—	35	—	—	—	—	—	—	—							—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
14	4.4	10	11.4	70	8.4	91	7.0	88	6.3							34	5.7	—	6.6	—	4.7	—	7.0	61	4.0	—	15.6
15	4.4	23	16.7	86	6.7	100	5.3	100	7.7							140	7.1	—	11.4	95	6.7	180	5.2	64	7.5	—	14.4
16	4.3	9	15.0	91	7.7	70	6.9	38	7.4							35	6.9	—	9.9	47	6.9	26	6.9	31	6.8	—	14.7
17	4.2	8	16.3	37	9.1	59	7.0	36	9.5							9.2	8.9	—	11.8	—	7.3	—	7.0	—	8.3	—	16.4
18	4.2	6	16.2	35	10.5	28	13.9	29	8.3							39	8.7	—	10.6	—	13.7	—	13.6	—	11.3	—	11.5
19	4.2	16	11.3	33	10.5	64	7.0	40	9.1							—	8.2	—	8.1	—	3.4	—	7.0	—	3.5	—	18.4
20	5.0	74	20.4	170	4.6	72	10.1	—	7.0							—	7.2	—	13.6	—	12.6	—	10.1	—	11.6	—	6.7
21	4.7	9	20.3	190	7.4	—	14.3	140	8.1							—	8.5	—	13.7	—	14.2	—	14.3	—	12.8	—	7.1
22	4.2	6	13.9	82	7.7	55	6.3	26	7.3							—	6.6	—	9.3	—	5.7	—	6.3	—	5.7	—	15.3
23	3.7	20	14.4	37	4.9	38	7.0	92	3.2							—	2.9	—	7.8	—	7.4	—	7.0	—	5.7	—	11.4
24	—	16	—	—	—	—	—	—	—							—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

番号	マグニ チュード	裾 花		赤 柴		保 科		象 山		仁 礼		坂 城		真 田		松代町役場		川中島小		若穂町役場		保科温泉		真島小		坂城小	
		加	距	加	距	加	距	加	距	加	距	加	距	加	距	加	距	加	距	加	距	加	距	加	距	加	距
25	4.4	63	13.5	100	7.7	50	8.0	87	(9.5)	17	13.7					160	5.5	190	7.9	30	7.4	40	8.0	95	5.9	92	13.8
26	4.4	143	12.2	87	7.4	61	7.8	78	(8.8)	26	13.0	28	13.8	14	18.6	110	4.4	250	6.4	10	6.4	51	7.8	230	4.3	82	13.8
27	3.5	13	—	24	7.7	25	9.7	—	—																		
28	—	18	—	—	—	—	—	—	—																		
29	5.0	4	22.9	62	11.2	—	—	—	—			160	7.0	37	13.7												
30	4.6	19	18.0	220	5.3	120	5.6	—	—	81	10.6					森											
31	4.8	6	18.3	120	5.6	—	—	—	—			100	11.6	35	13.8	140	10.6										
32	5.0	31	17.0	—	6.5	—	—	—	—			70	11.1	38	15.1	160	9.1										
33	—	10	—	—	—	—	—	—	—																		
34	—	14	—	—	—	—	—	—	—																		
35	4.2	15	19.0	74	5.5	130	6.2	150	11.3																		
36	3.9	6	16.4	65	12.2	25	7.6	7	12.8					11	20.6												
37	—	6	—	—	—	—	—	—	—																		
38	4.4	9	14.4	59	9.2	38	4.8	21	9.1					8	19.2												
39	4.9	5	16.5	—	—	—	—	—	—	60	13.0			38	16.0	180	10.3										
40	4.4	6	17.1	69	6.1	61	6.1	15	7.7					10	15.1												
41	5.0	17	20.5	130	6.4	100	11.5	—	—			160	7.3	36	11.7												
42	3.3	6	—	9	7.3	—	—	—	—																		
43	3.7	3	—	16	8.6	—	—	23	8.0					12	—												
44	4.9	59	18.9	44	9.2	—	—					90	14.0	32	16.2	110	12.4										
45	4.8	31	21.9	84	10.2	—	—					180	10.1	44	14.1	110	10.3										
46	4.5	22	19.4	51	8.6	43	14.4					92	7.7	22	16.7	130	6.7										
47	4.9	16	18.9	60	12.0	110	7.3	35	15.5			31	20.4	30	19.7	67	18.2										

註 加は水平最大加速度 (gal)

距は震源距離 (km)

5. むすび

松代群発地震に関連して、松代町周辺には多数の観測点が展開されている。各種の地盤による地震動の強さを調査するには最も好都合なケースと言えよう。さいわい松代群発地震の活動も衰退期に入っており、既往の各地震の諸元の確定、各地震記録の集収も行なわれるであろうから、その後で各種の解析を実施し、岩盤と沖、洪積層の地震動の差違を明らかにしたいと考える。

この報告書の作成に当っては、長野県企業局裾花ダム工事々務所から、強震計による加速度記録および地震諸元等各種の調査資料の提供をうけた。ここに特に記して感謝する次才である。また本報告書中の図・表の作成を担当した構造研究室星野文子・山崎和江両技官の努力に対しても謝意を表したい。

最後に、一般の地震加速度波形と比較するため沖積層上の地震記録として九州地方建設局、筑後川工事々務所が佐賀県佐賀郡東与賀村大堀に設置したSMA G-B2型強震計により記録した、昭和41年11月21日21時01分発生の有明海底に震央を有する地震の加速度波形を付録として掲示しておいた。地震計の設置位置は図-5に、加速度波形は付図に示すとおりである。この地震のマグニチュードは6.0と推定され、地震の規模はあまり大きくはないが記録された加速度はかなり大きく、継続時間も40秒以上に及んでいる。この記録を提供された筑後川工事々務所の御好意にも深く感謝する次才である。

以 上

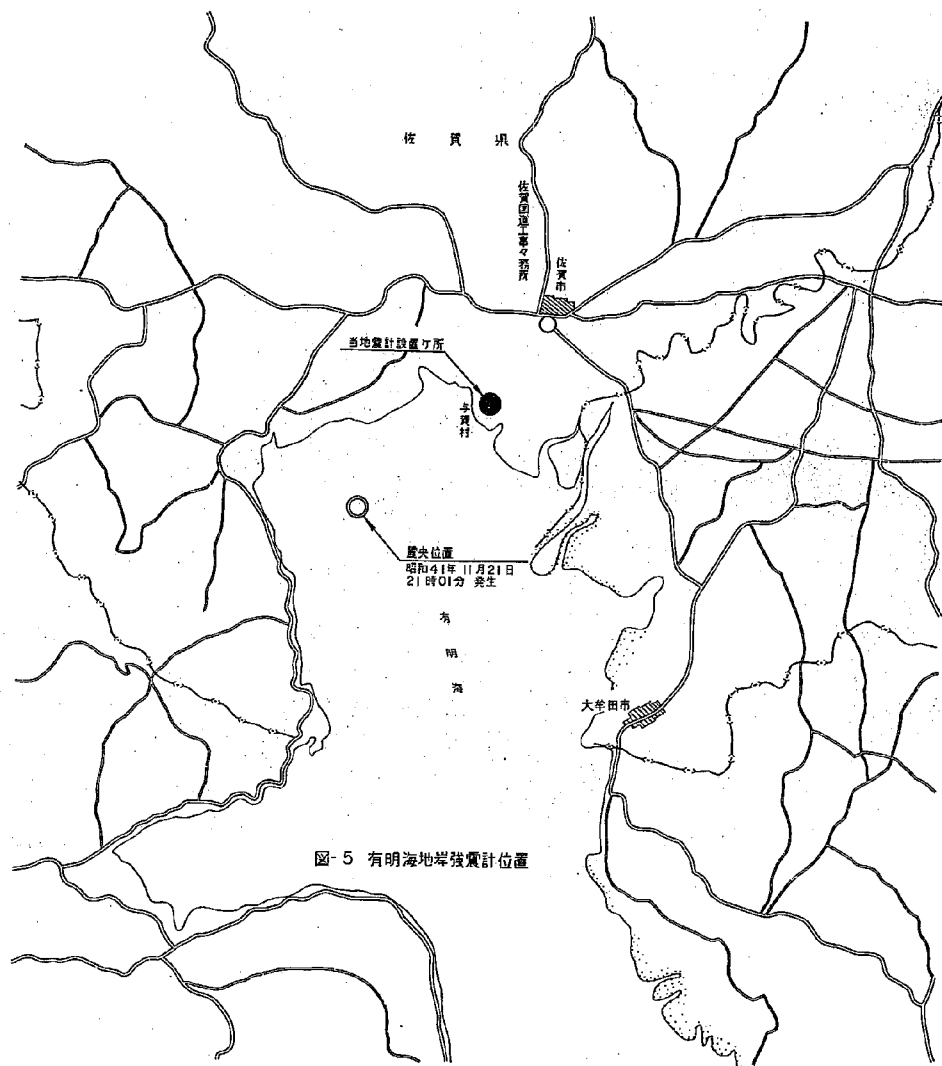
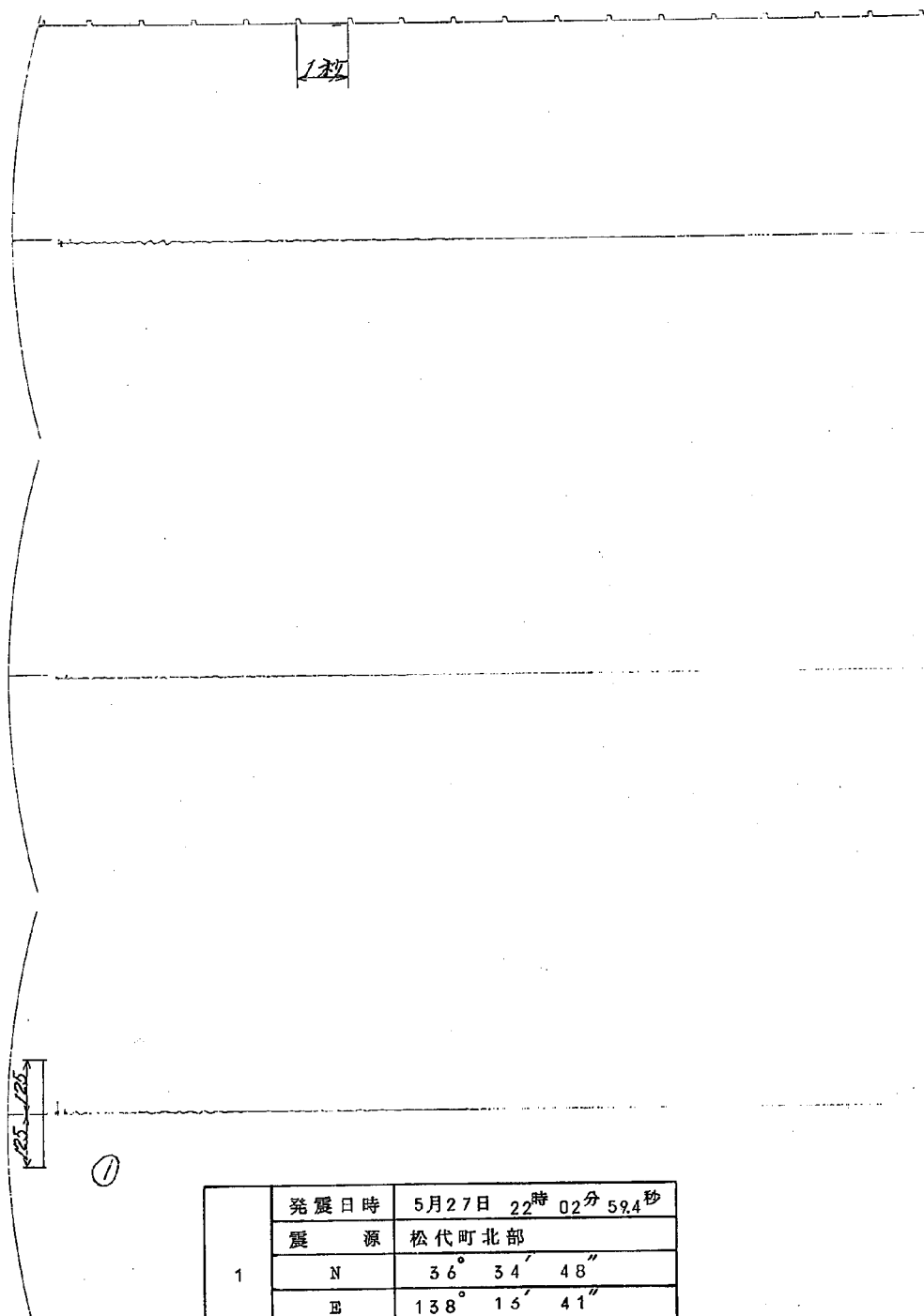
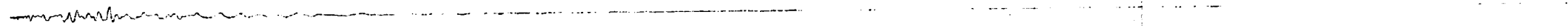
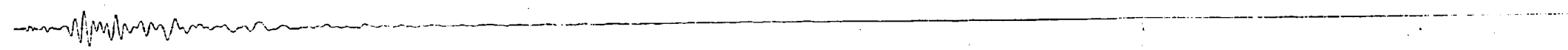


図-5 有明海沿岸地震計位置



1	発震日時	5月27日 22 ^時 02 ^分 59.4 ^秒
	震源	松代町北部
	N	36° 34' 48"
	E	138° 15' 41"
	H	4.4 km

1秒



125/125

2	発震日時	5月28日 14 時 21 分 24.2 秒
	震 源	象 山 附 近
	N	30° 34' 26"
	E	138° 11' 56"
	H	3.2 km

142

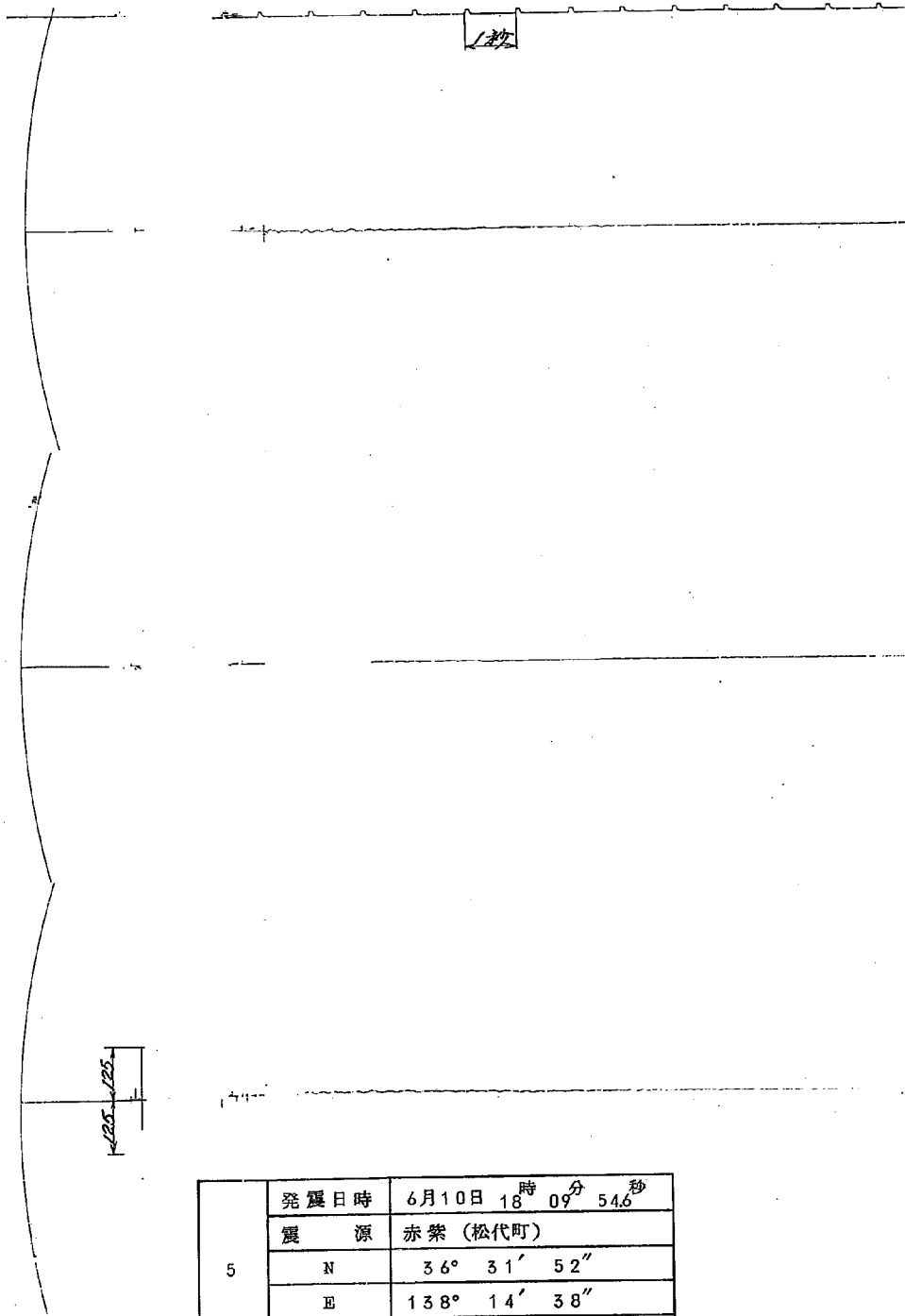
125 125

3	発震日時	5月28日 22 ^時 33 ^分 50 ^秒
	震 源	松代町南部
	N	36° 31' . 01"
	E	138° 15' 23"
	H	3.7 km

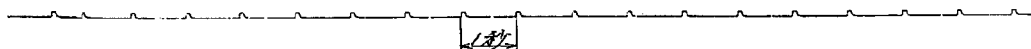
1.2

125 125

4	発震日時	5月30日 13 時 27 分 51.5 秒
	震源	更埴市大門附近
	N	36° 32' 17"
	E	138° 9' 32"
	H	7.7 km

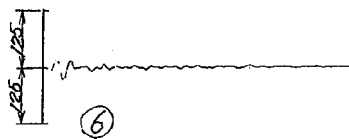


5	発震日時	6月10日 18 時 09 分 54.6 秒
	震源	赤紫 (松代町)
	N	36° 31' 52"
	E	138° 14' 38"
	H	



①

②



③

6	発震日時	6月11日 12 ^時 05 ^分 33 ^秒
	震源	大室真島北部
	N	36° 36' 18"
	E	138° 14' 10"
	H	4.5 km

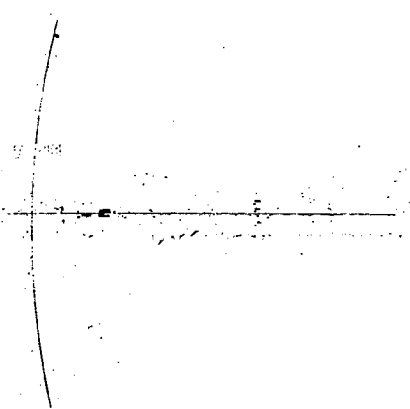
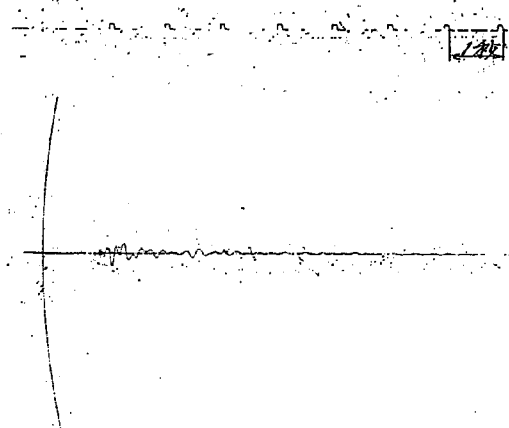
125

125 125

7	発震日時	6月12日 20時 27分 54.3秒
	震 源	松代西部
	N	
	E	
	H	

125 125

8	発震日時	6月15日 9時42分46.3秒
	震源	松代西部
	N	36° 33' 4"
	E	138° 10' 48"
	H	4.0 km



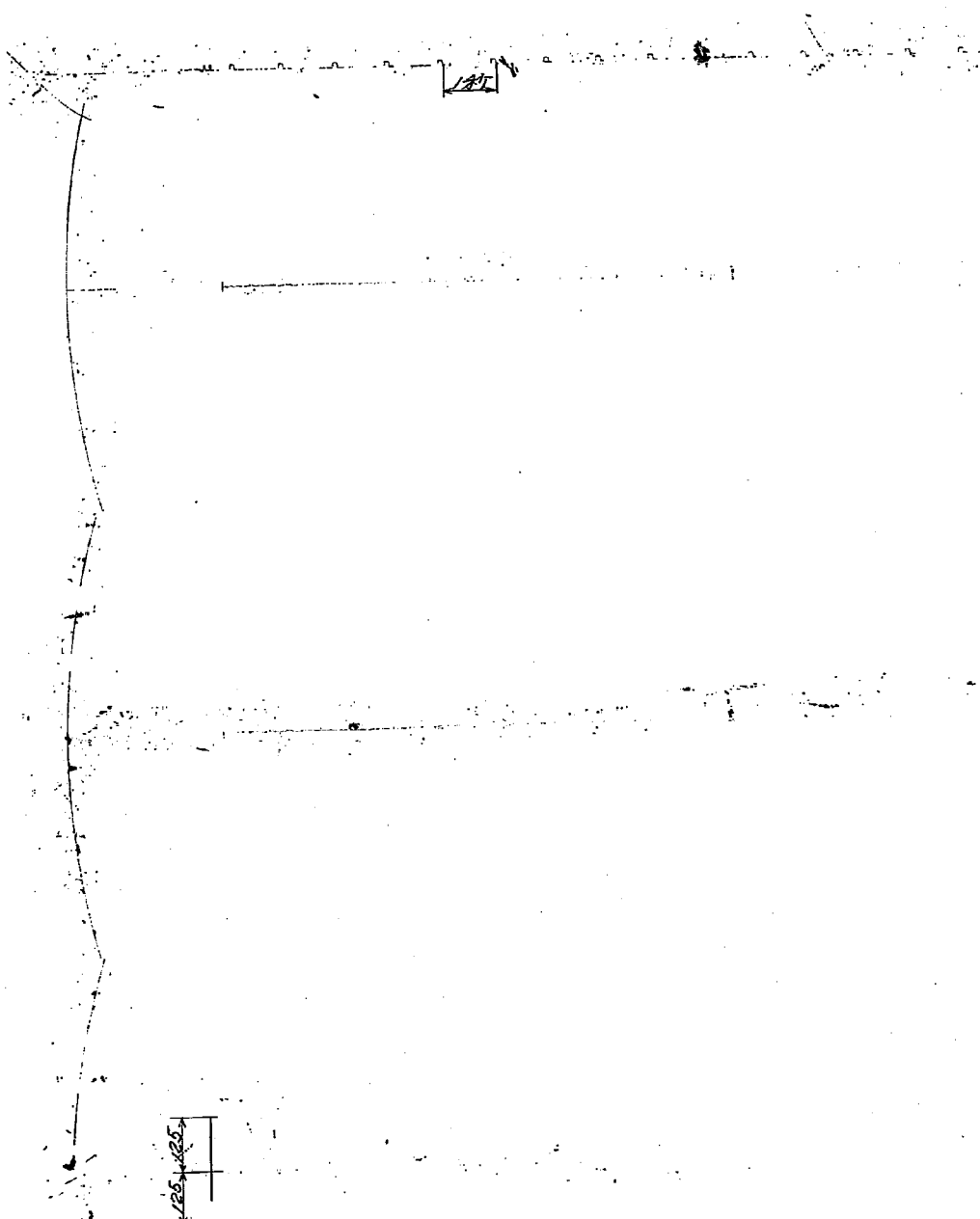
125-125

9	発震日時	6月26日 12時 37分 19秒
	震源	若穂町赤野田
	N	36° 34' 19"
	E	138° 15' 47"
	H	

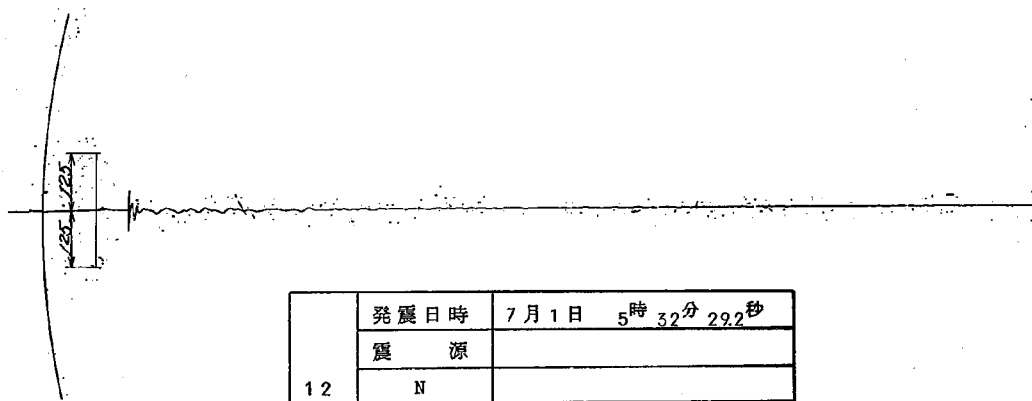
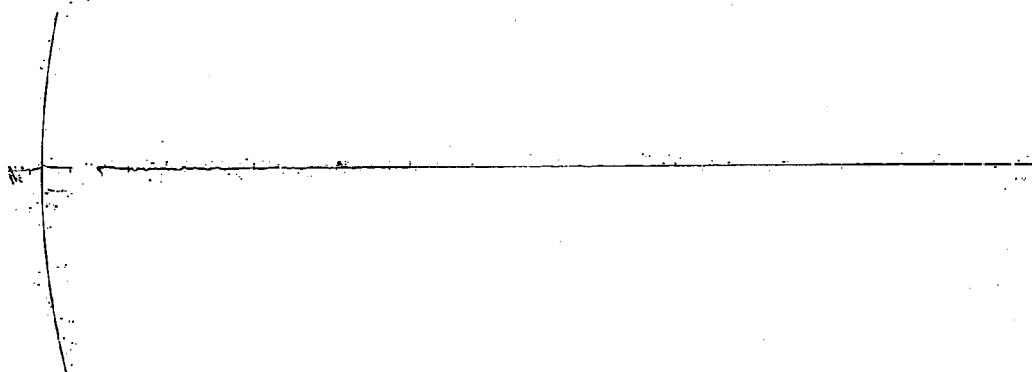
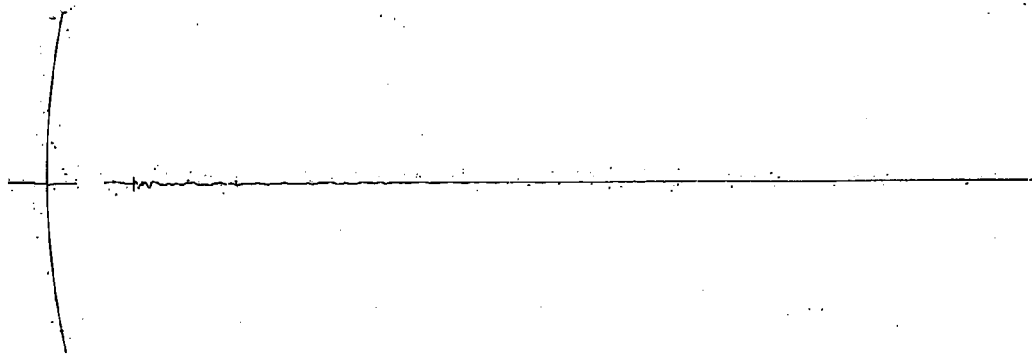
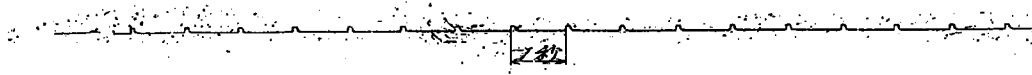
125

125

10	発震日時	6月26日 16時 34分 54.8秒
	震 源	若穂町赤野田
	N	36° 34' 19"
	E	138° 9' 47"
	H	



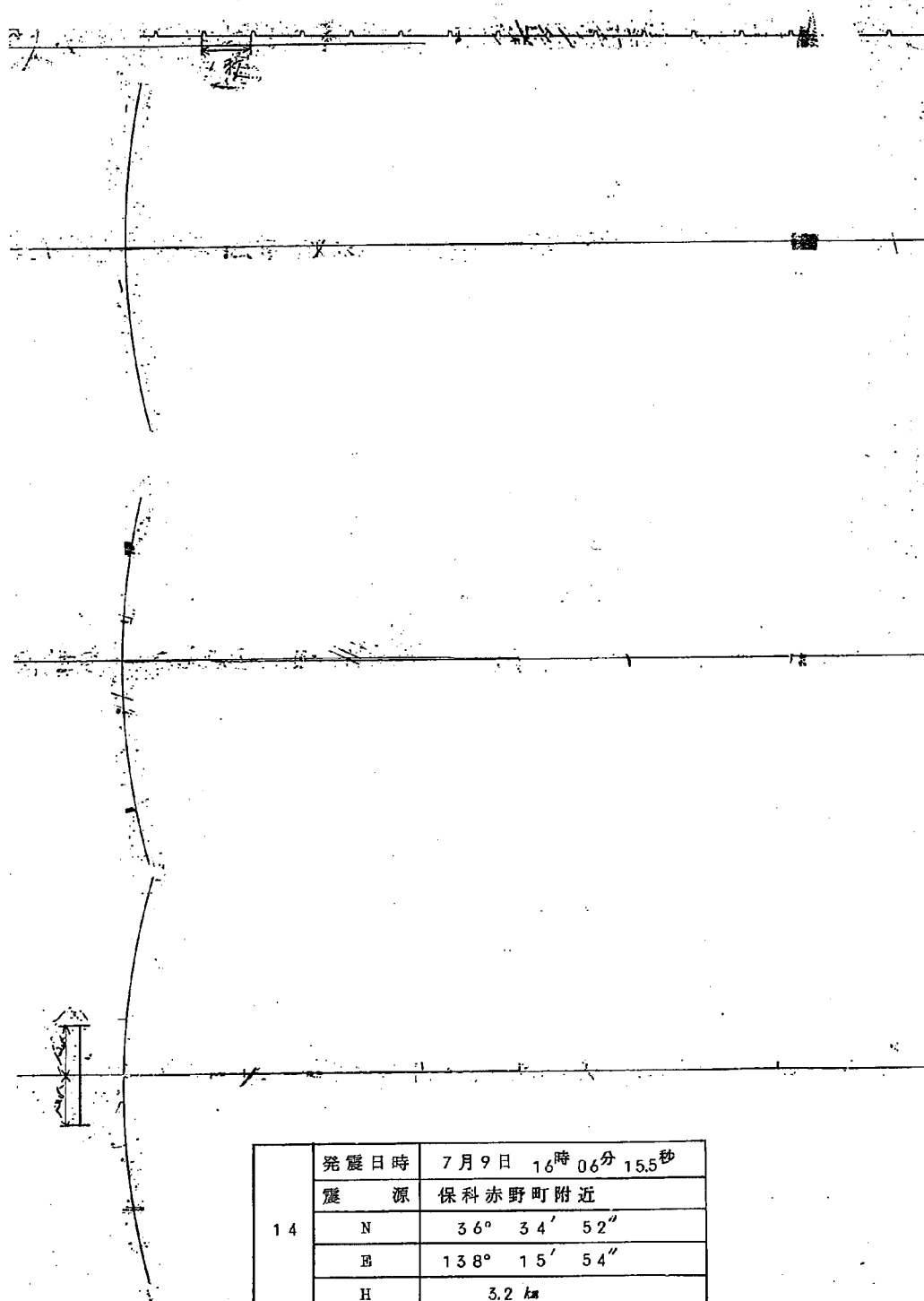
11	発震日時	6月27日 15時56分52秒
	震源	更埴市森附近
	N	36° 31' 19"
	E	138° 9' 47"
	H	



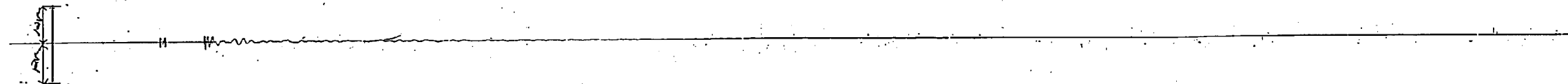
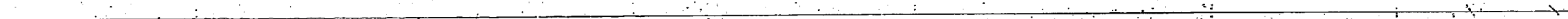
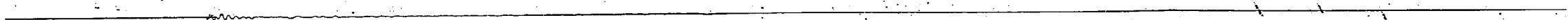
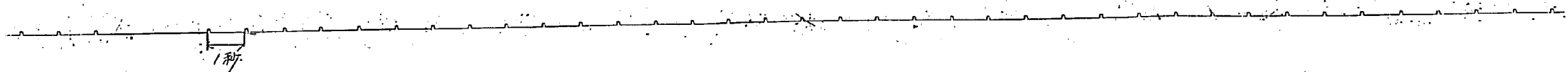
12	発震日時	7月1日 5時32分29.2秒
	震源	
	N	
	E	
	H	

125.125

13	発震日時	
	震源	
	N	
	E	
	H	



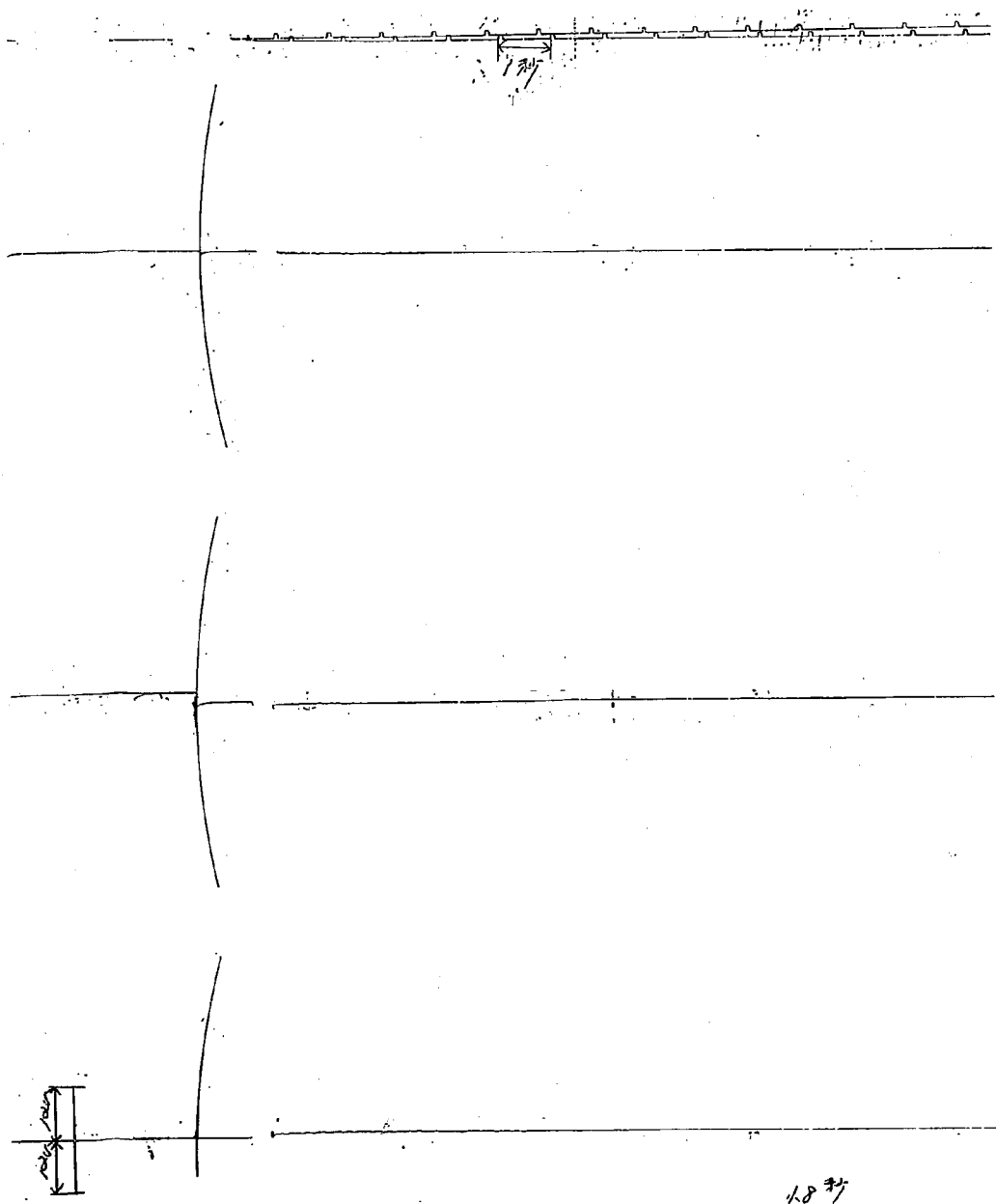
14	発震日時	7月9日 16時06分15.5秒
	震源	保科赤野町附近
	N	36° 34' 52"
	E	138° 15' 54"
	H	3.2 km



15	発震日時	7月10日 15 ^時 43 ^分 52 ^秒
	震 源	奇 妙 山 附 近
	N	3 6° 3 3' 5 8"
	E	1 3 8° 1 4' 4 2"
	H	4.8 km

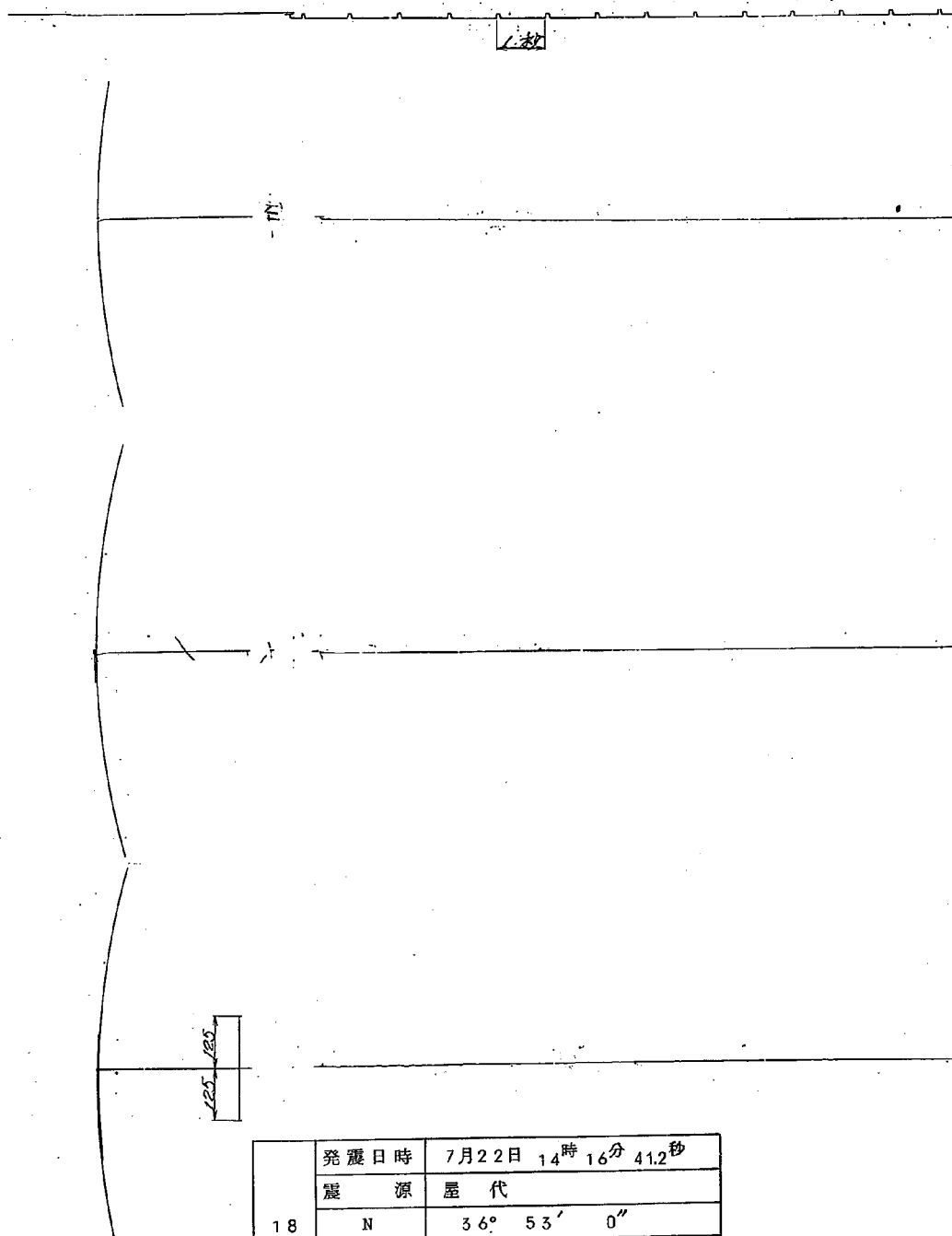
秒

16	発震日時	7月12日 14 ^時 09 ^分 02 ^秒
	震 源	奇妙山 S W 方向
	N	36° 33' 22"
	E	138° 14' 10"
	H	5.7 km

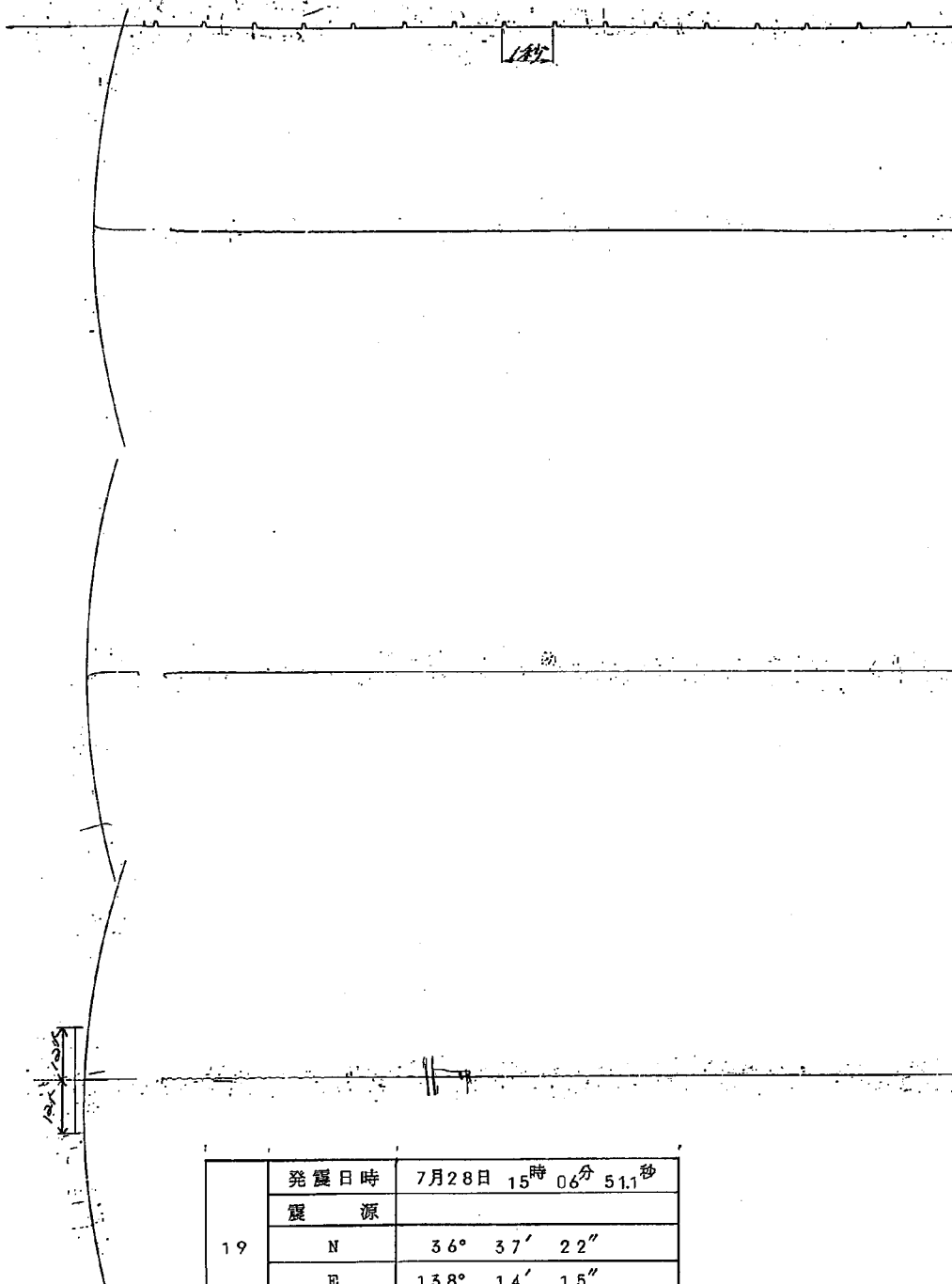


1.8秒

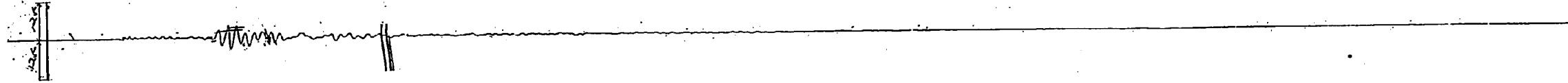
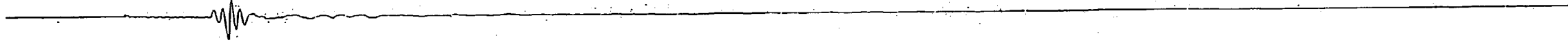
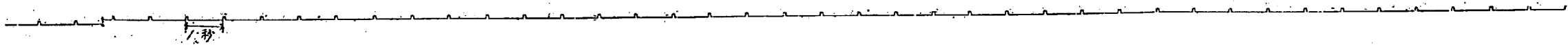
17	発震日時	7月19日 7時 07分 21.8秒
	震 源	保 科 S E 奥
	N	36° 34' 23"
	E	138° 17' 24"
	H	6.7 km



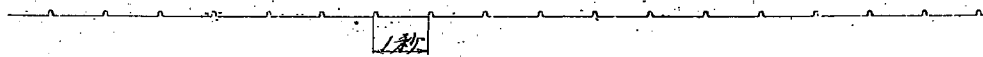
18	発震日時	7月22日 14時 16分 41.2秒		
	震源	屋代		
	N	36°	53'	0"
	E	138°	13'	5"
	H	6.7 km		



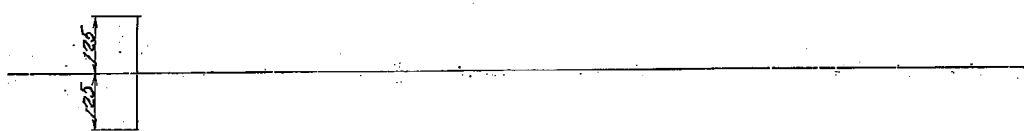
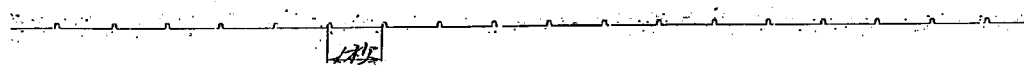
19	発震日時	7月28日 15 ^時 06 ^分 51.1 ^秒
	震源	
	N	36° 37' 22"
	E	138° 14' 15"
	H	2.8 km



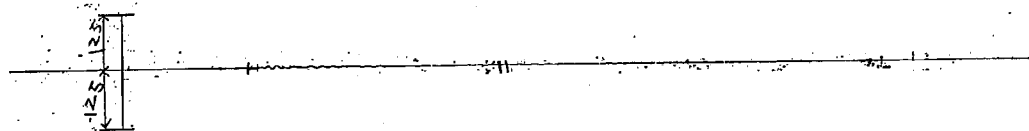
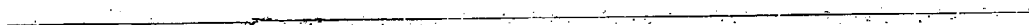
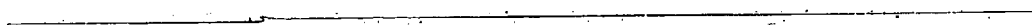
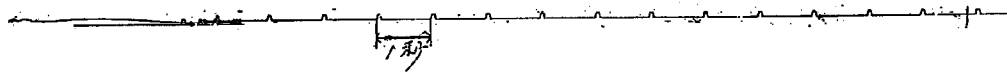
20	発震日時	8月3日 3時48分38.3秒
	震源	松代町南部(山中)
	N	36° 30' 15"
	E	138° 13' 50"
	H	3.2 km



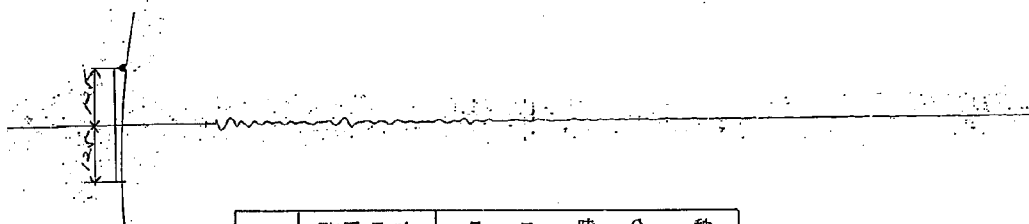
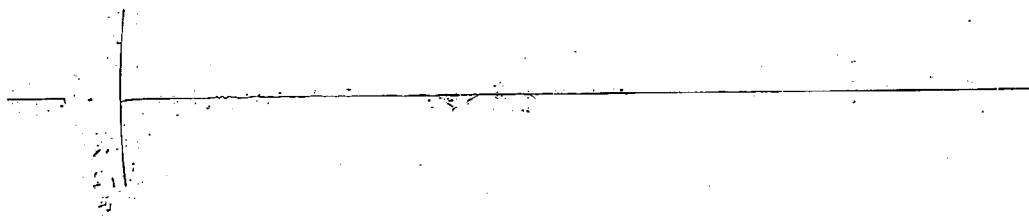
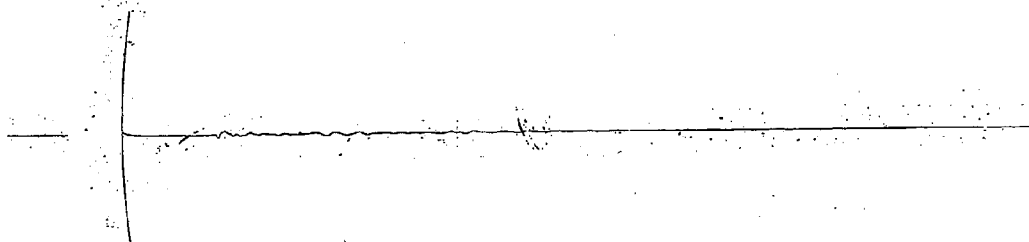
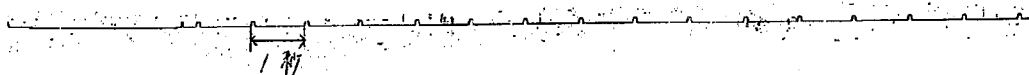
21	発震日時	8月8日 9時 ³⁷ 分 ^{21.1} 秒
	震源	若穂町 奇妙山附近
	N	36° 30' 01"
	E	138° 12' 15"
	H	5.5 km



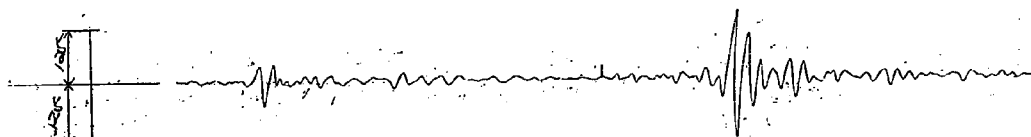
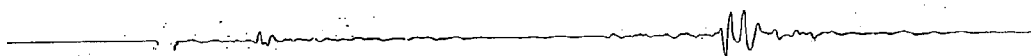
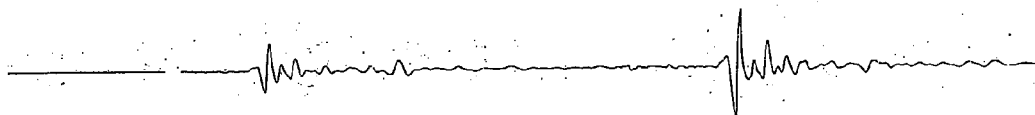
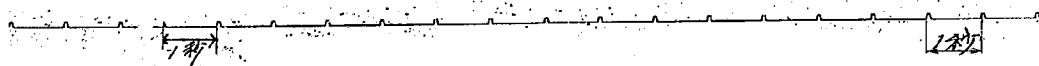
22	発震日時	8月12日 4時55分57.5秒
	震源	
	N	36° 35' 15"
	E	138° 14' 24"
	H	4.8 km



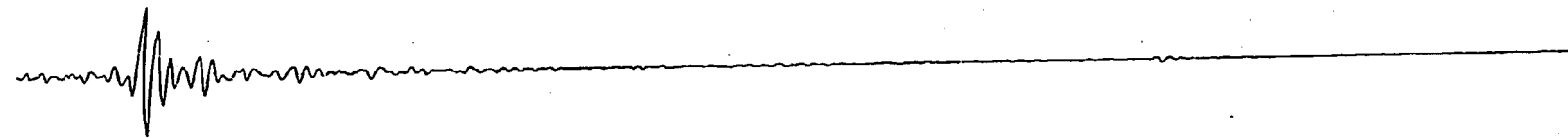
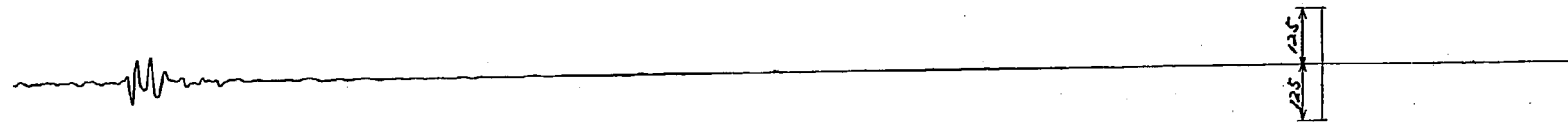
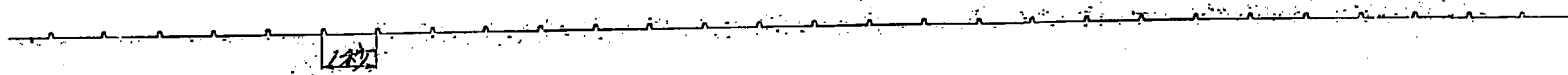
23	発震日時	8月18日 0時 38分 51.6秒
	震 源	
	N	36° 33' 52"
	E	138° 12' 50"
	H	2.8 km



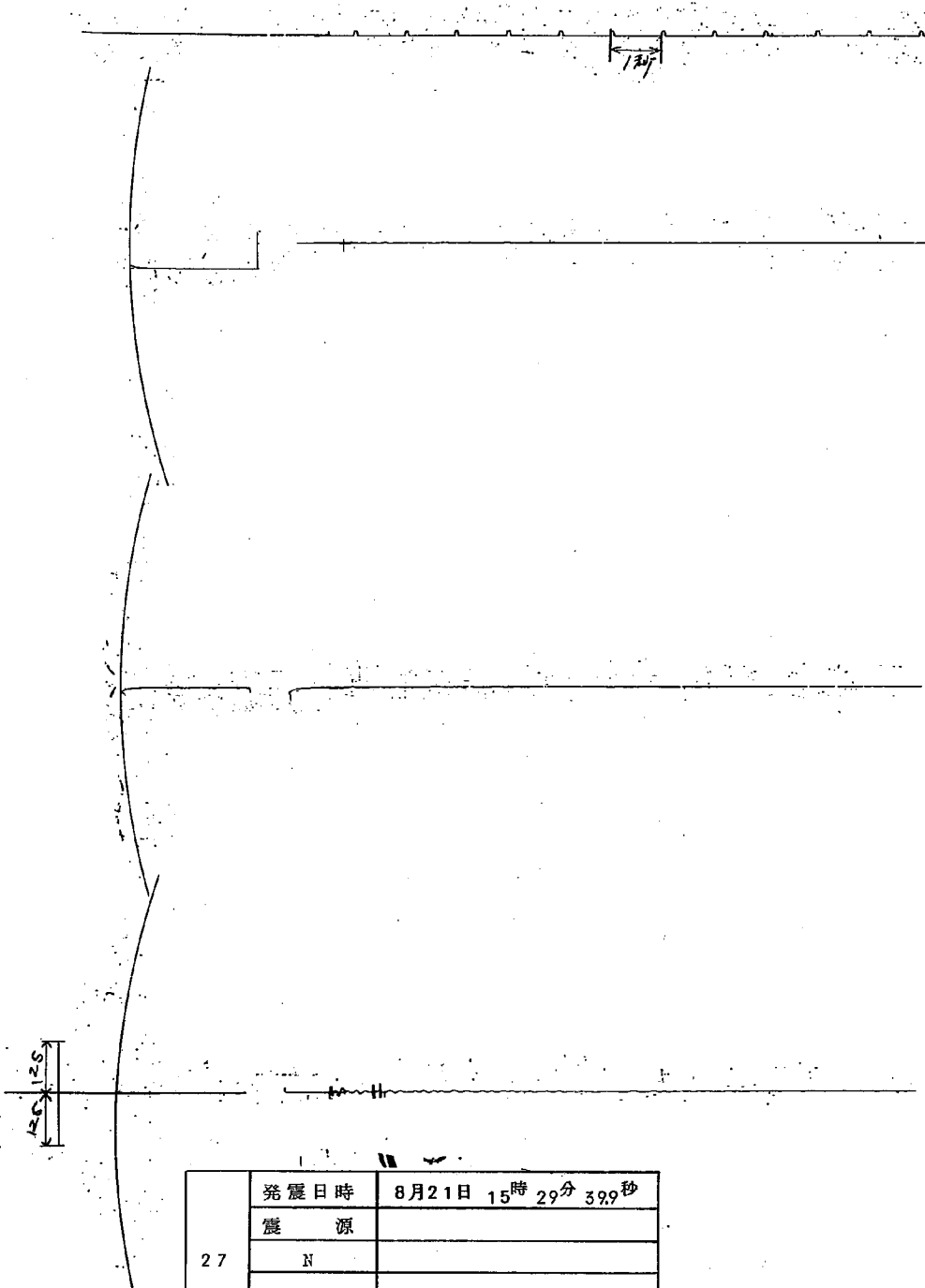
24	発震日時	8月20日 18時 32分 20.4秒
	震 源	
	N	
	E	
	H	



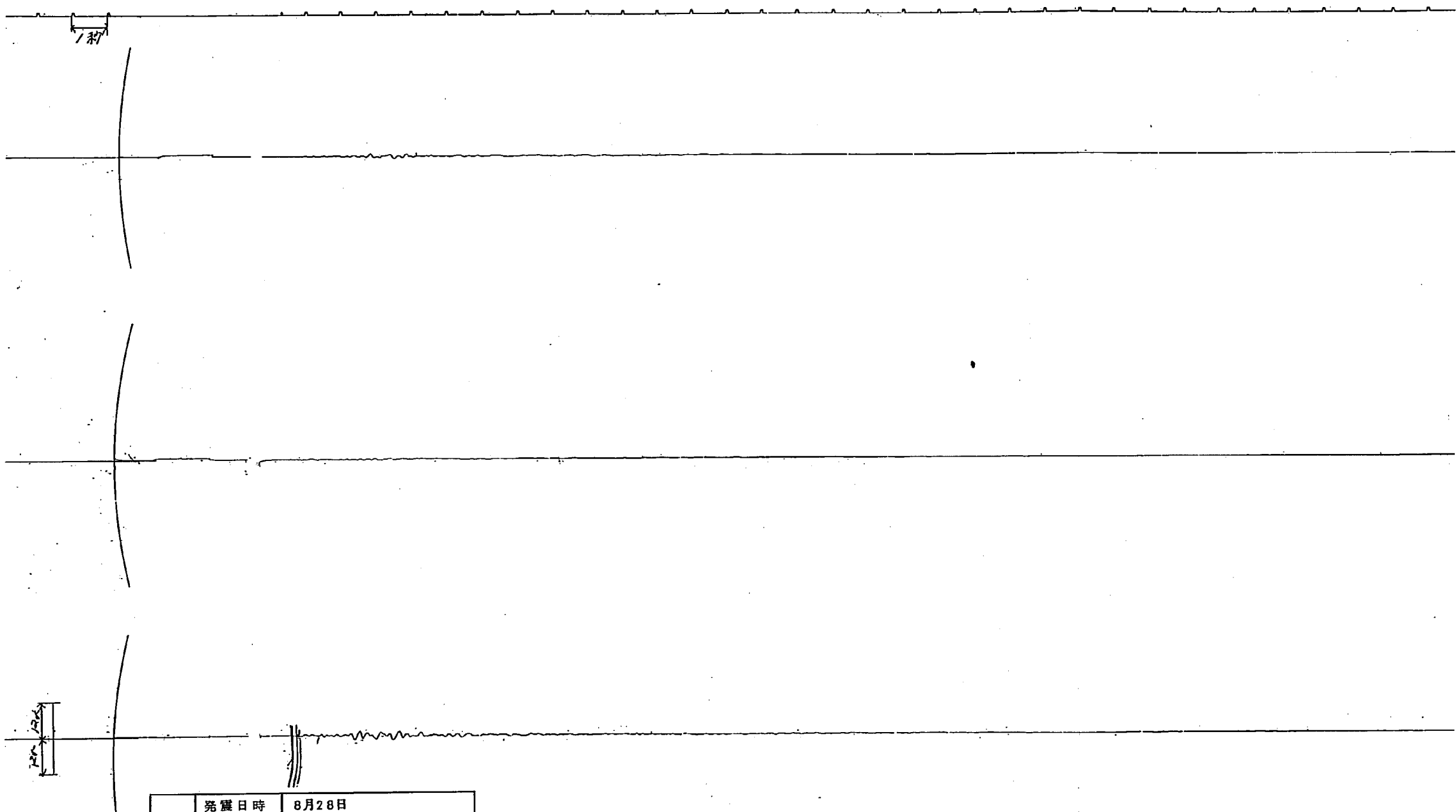
25	発震日時	8月20日 19時50分
	震源	皆神山附近
	N	36。 34' 36"
	E	138° 12' 49"
	H	5.1 km



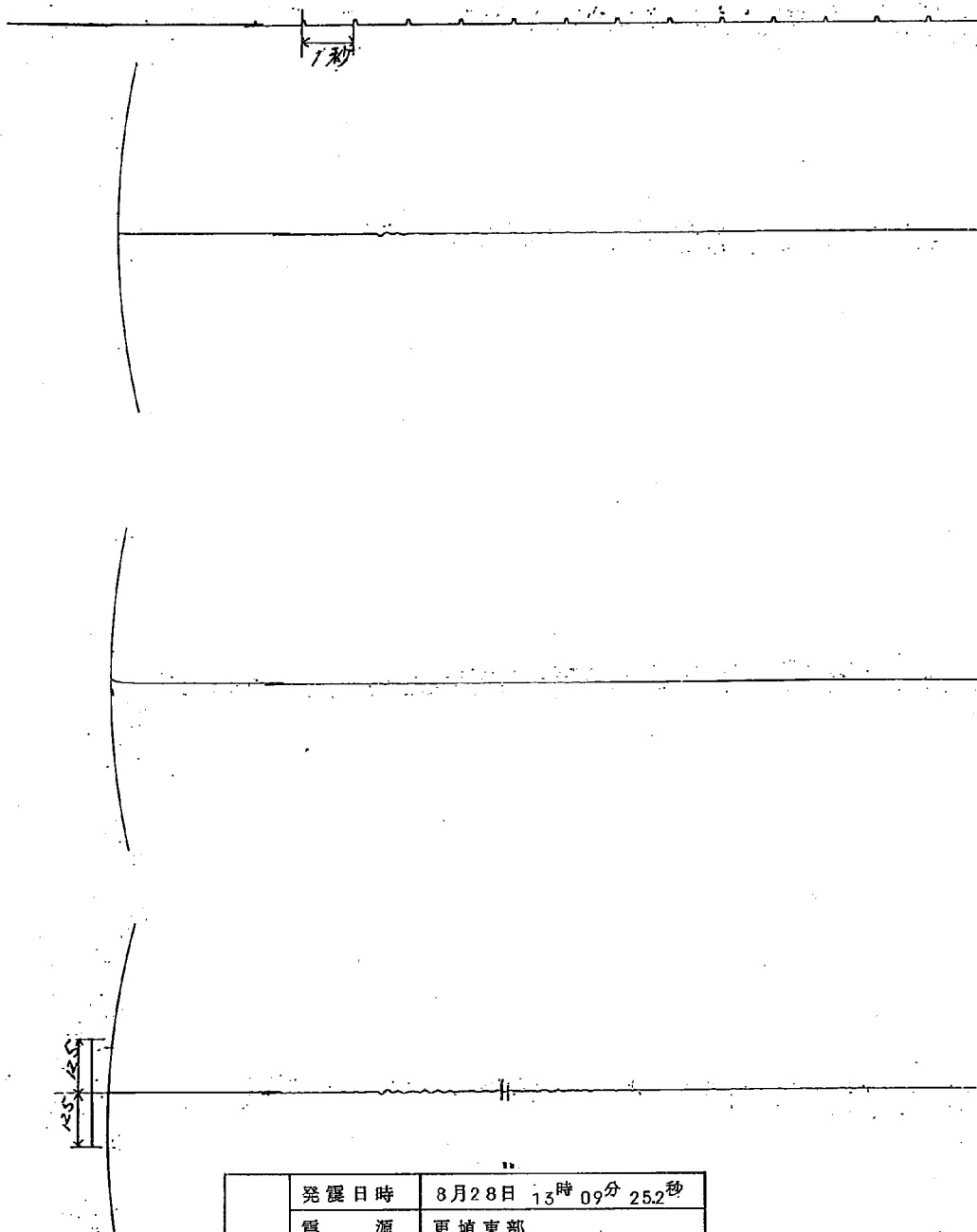
26	発震日時	8月20日 19時50分
	震源	皆神山附近
	N	36。 34' 36"
	E	138° 12' 49"
	H	5.1 km



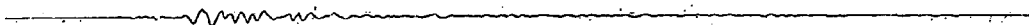
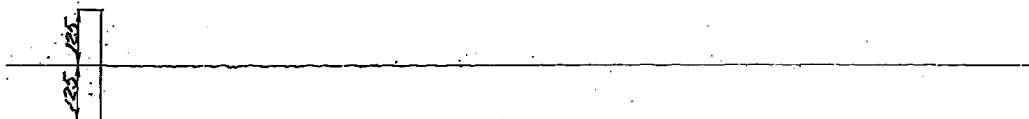
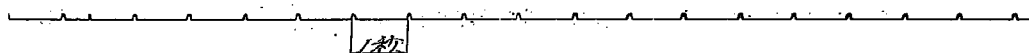
27	発震日時	8月21日 15時 29分 39.9秒
	震源	
	N	
	E	
	H	



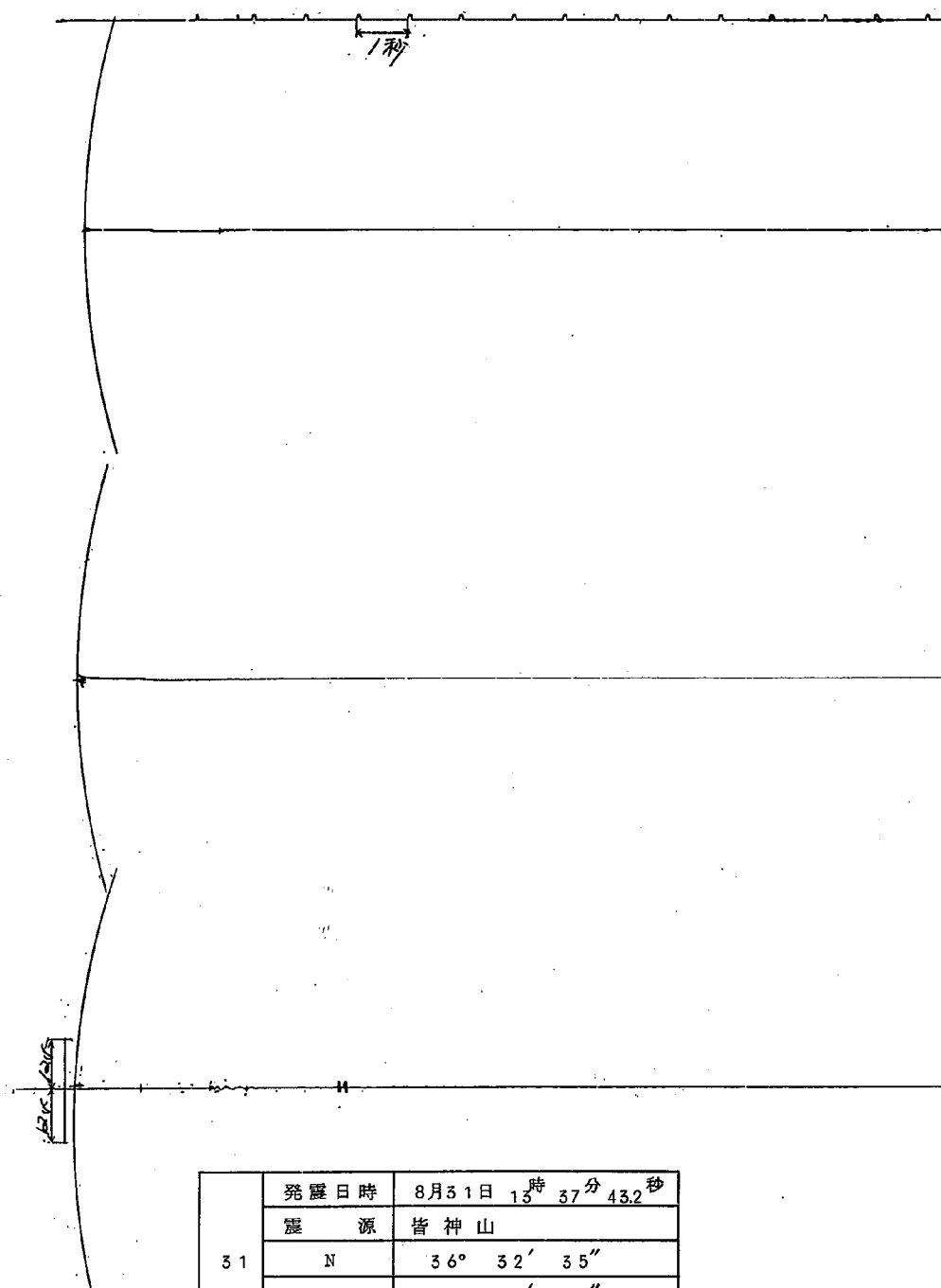
28	発震日時	8月28日
	震源	
	N	
	E	
	H	



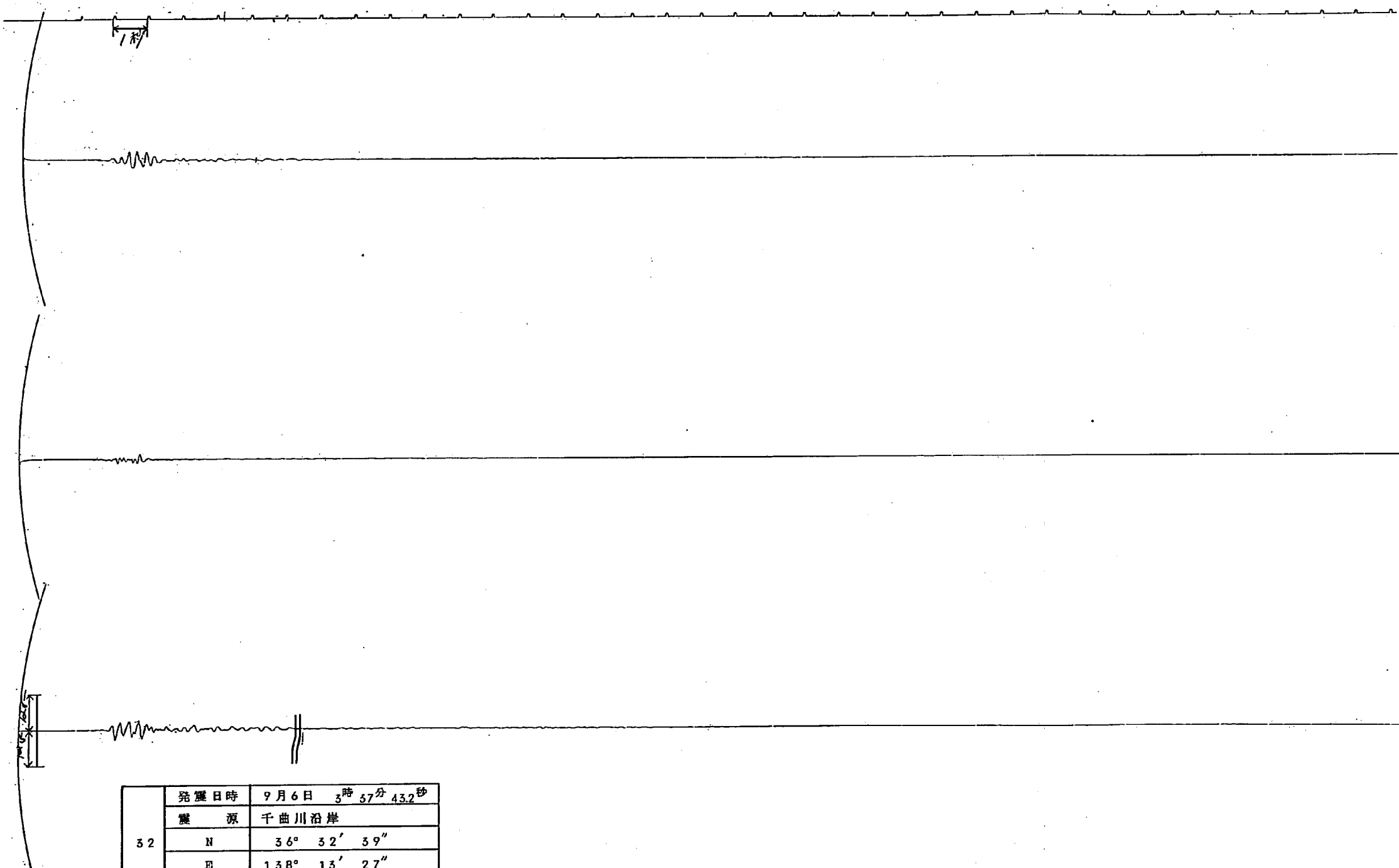
29	発震日時	8月28日 13時 09分 25.2秒
	震源	更埴東部
	N	36° 28' 25"
	E	138° 10' 46"
	H	7.0 km



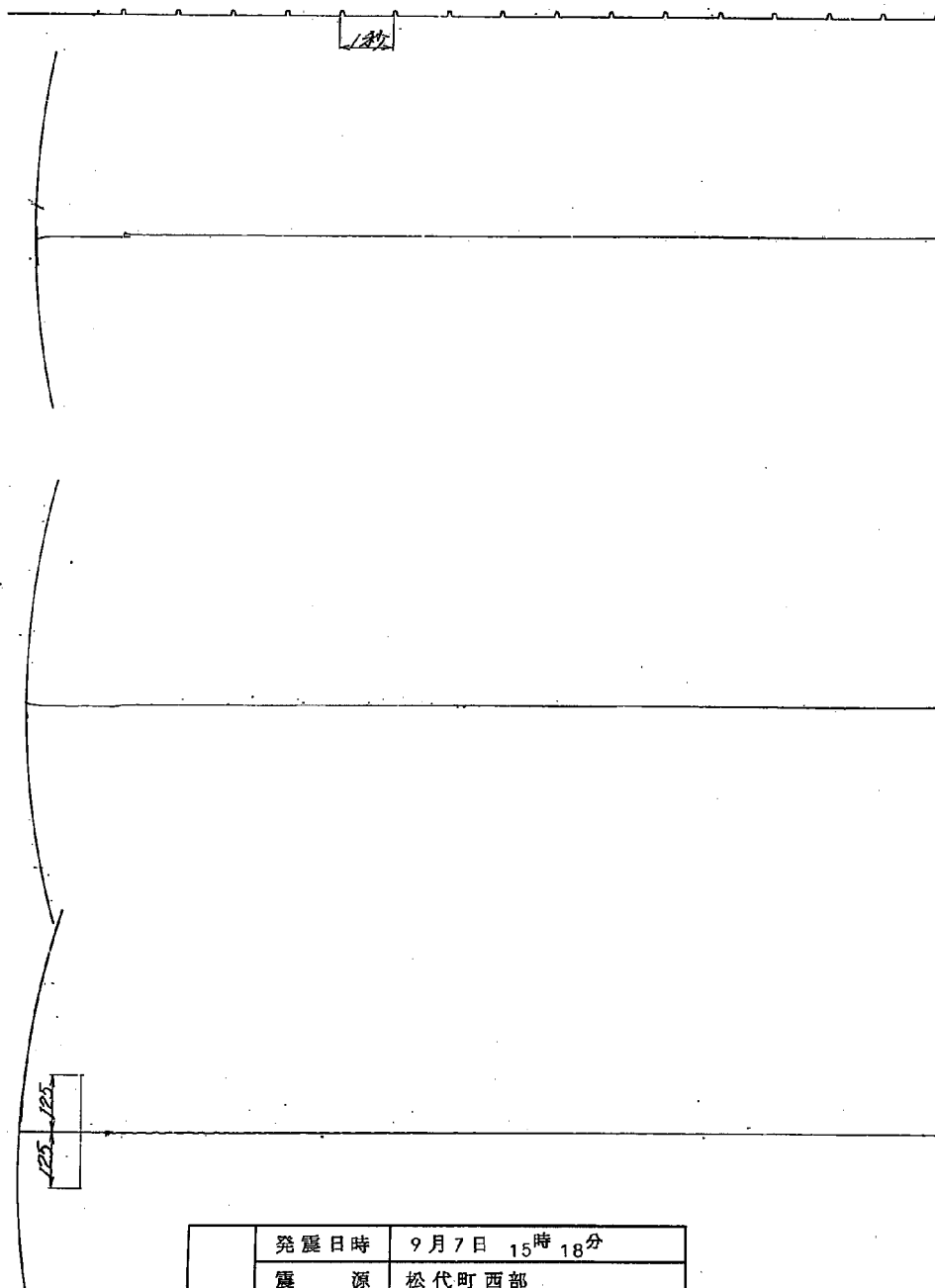
30	発震日時	8月29日 0時 36分 19.2秒
	震源	若穂南部
	N	36° 33' 05"
	E	138° 15' 45"
	H	4.5 km



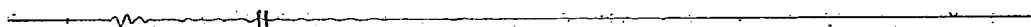
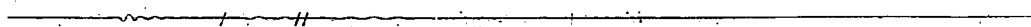
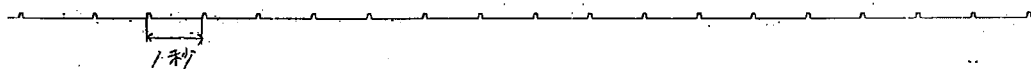
31	発震日時	8月31日 13 時 37 分 43.2 秒
	震 源	皆 神 山
	N	36° 32' 35"
	E	138° 15' 10"
	H	5.4 km



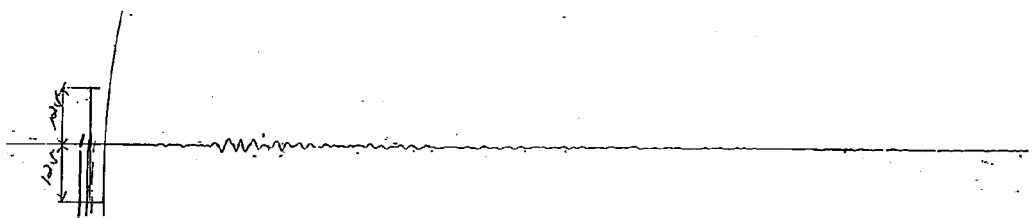
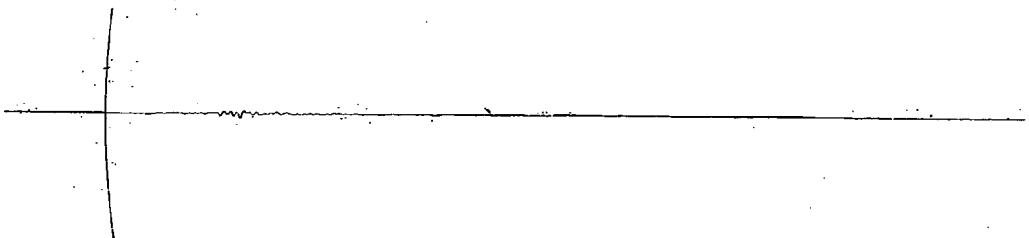
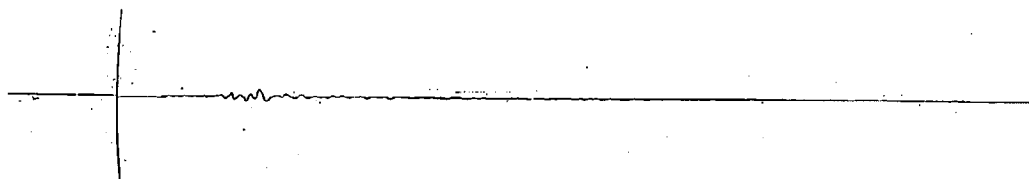
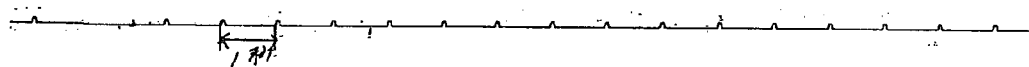
32	発震日時	9月6日 3時 57分 43.2秒
	震 源	千曲川沿岸
	N	36° 32' 39"
	E	138° 13' 27"
	H	6.1 km



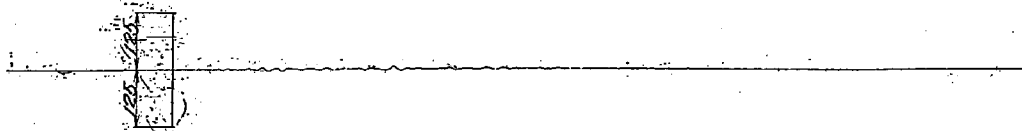
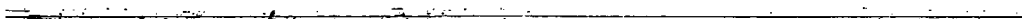
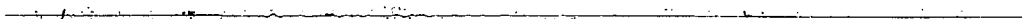
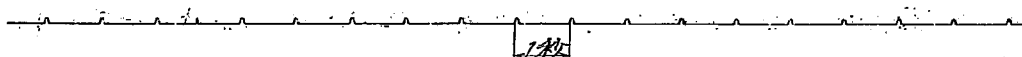
33	発震日時	9月7日 15時 18分
	震 源	松代町 西部
	N	
	E	
	H	



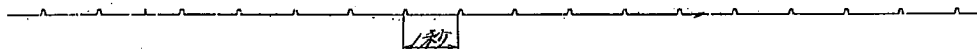
34	発震日時	9月8日
	震源	
	N	
	E	
	H	



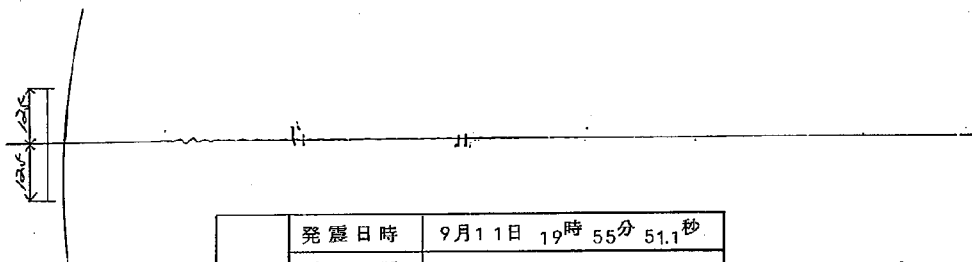
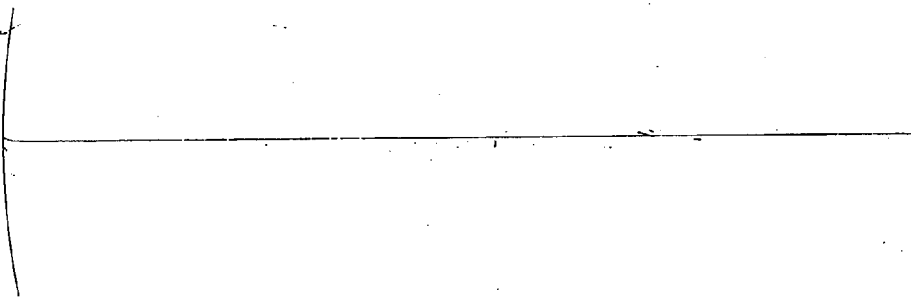
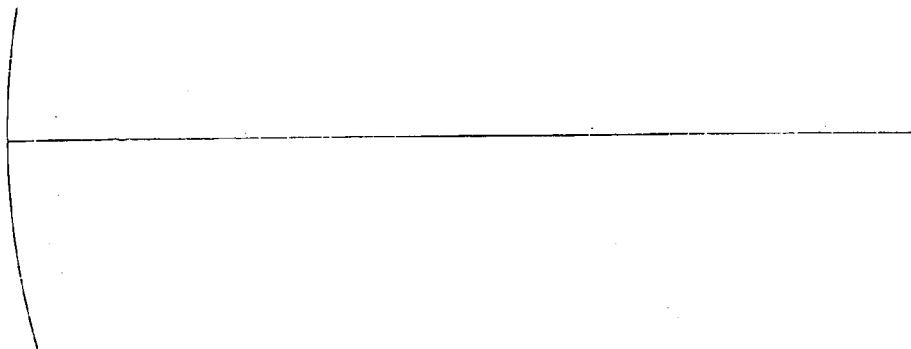
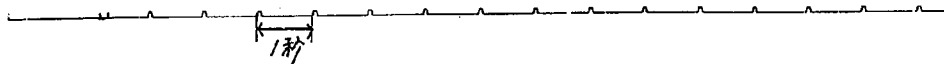
35	発震日時	9月9日 16 ^時 14 ^分 41.9 ^秒
	震源	
	N	36° 32' 40"
	E	138° 16' 10"
	H	6.8 km



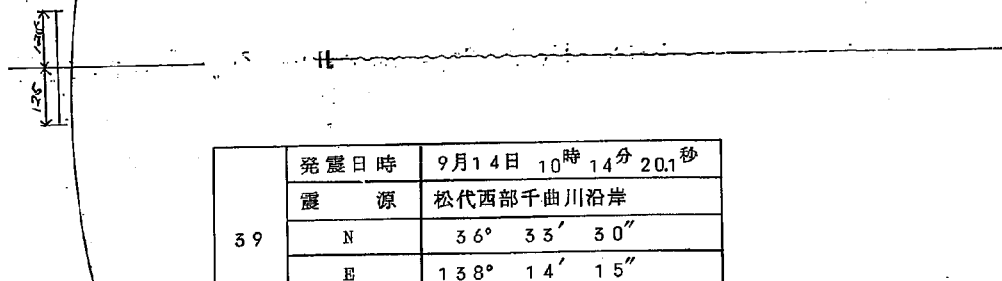
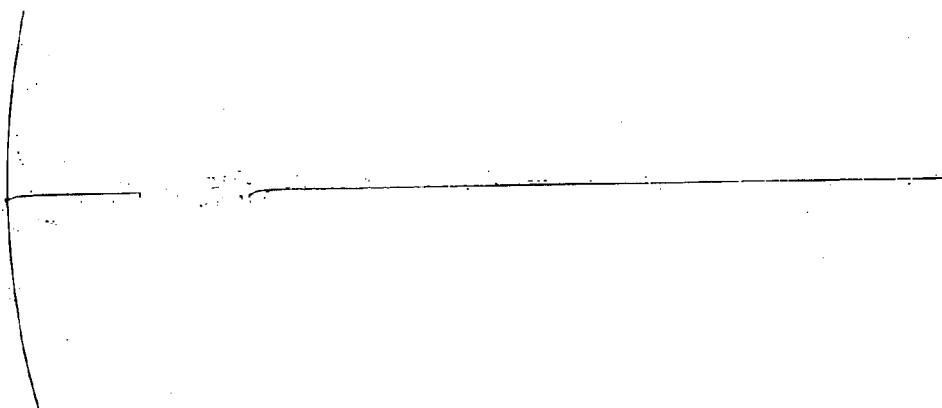
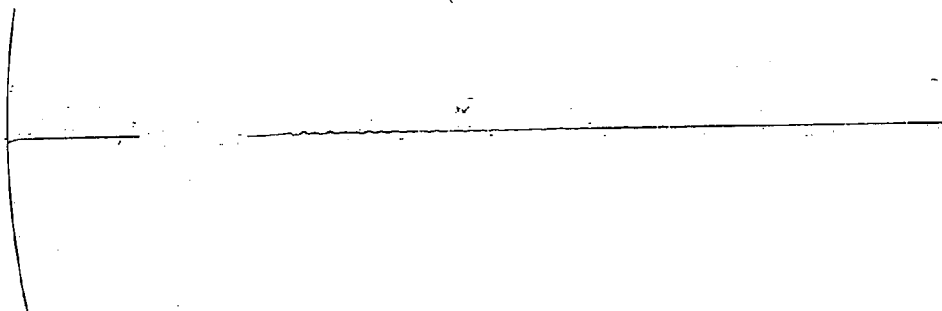
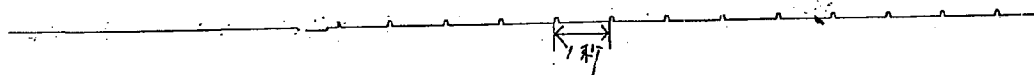
36	発震日時	9月11日 12 ^時 11 ^分 12.6 ^秒
	震源	
	N	36° 36' 57"
	E	138° 17' 04"
	H	6.2 km



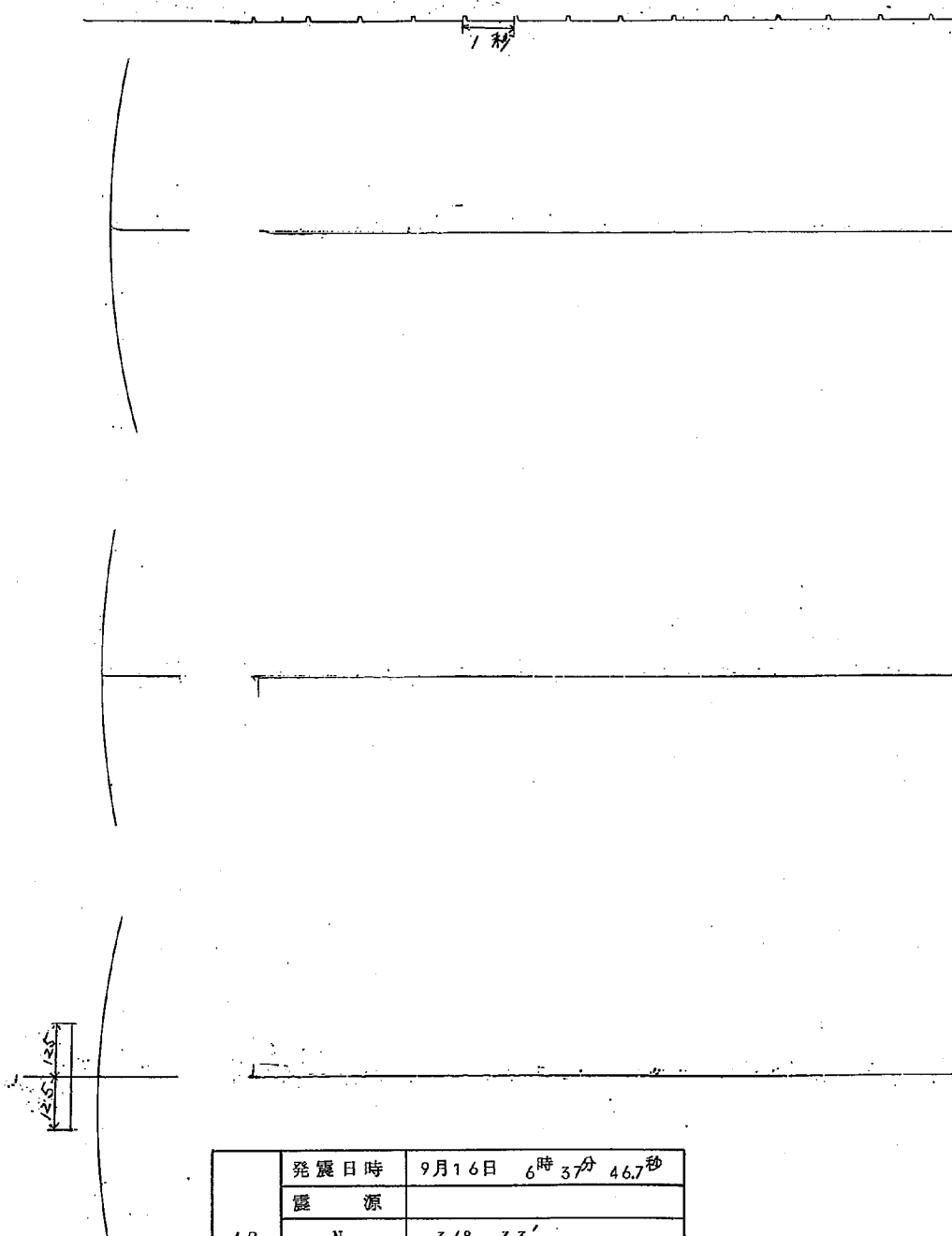
37	発震日時	
	震源	
	N	
	E	
	H	



38	発震日時	9月11日 19時 55分 51.1秒
	震源	
	N	
	E	
	H	



39	発震日時	9月14日 10時 14分 20.1秒
	震源	松代西部千曲川沿岸
	N	36° 33' 30"
	E	138° 14' 15"
	H	6.0 km

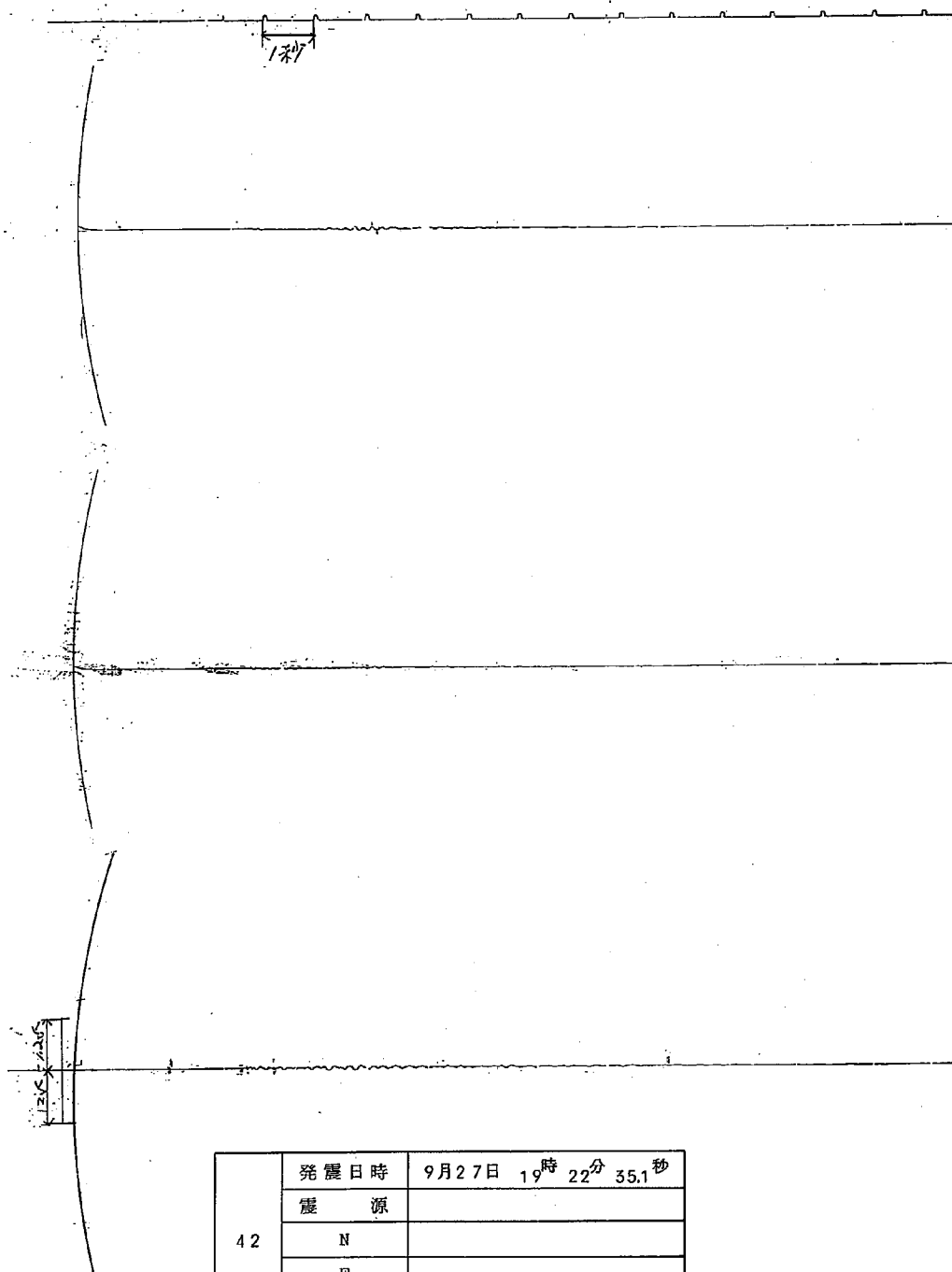


40	発震日時	9月16日 6時 37分 46.7秒
	震 源	
	N	36° 33'
	E	138° 15' 15"
	H	5.2 km

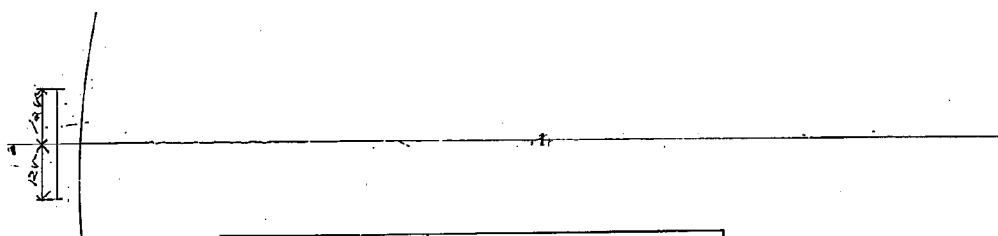
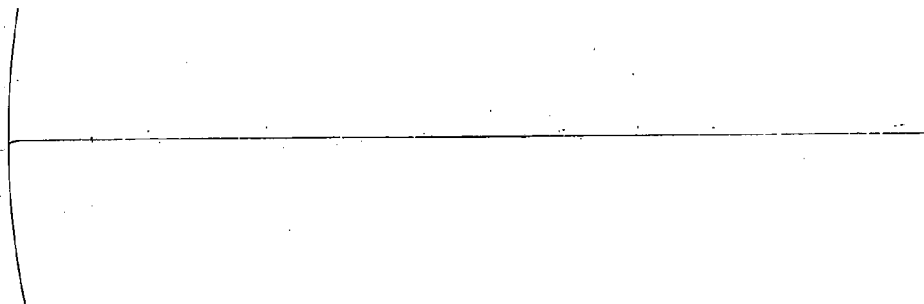
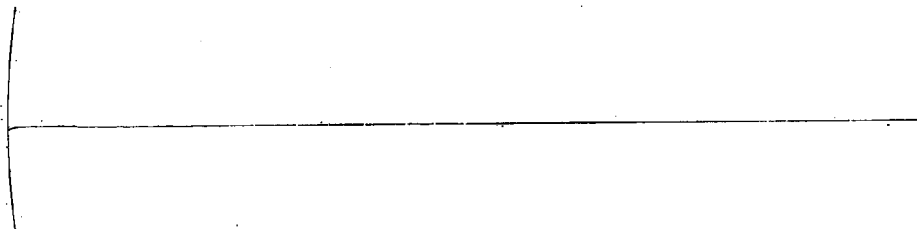
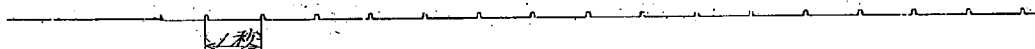
1 秒

210
21

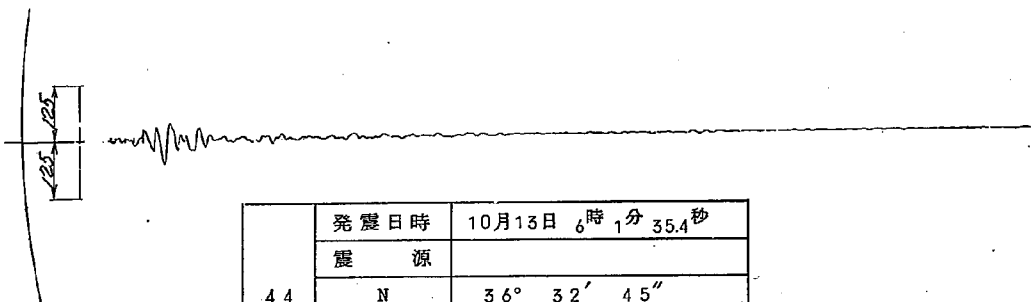
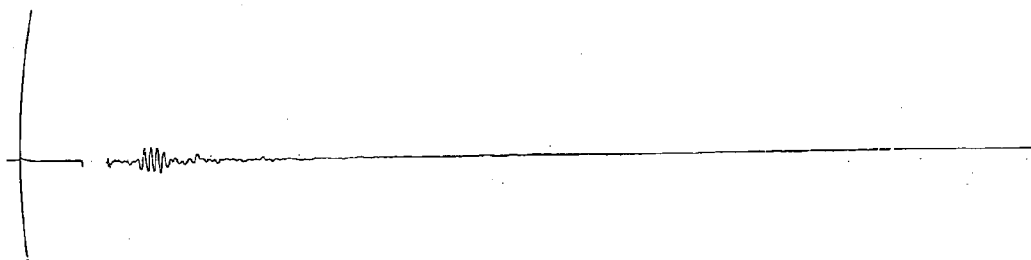
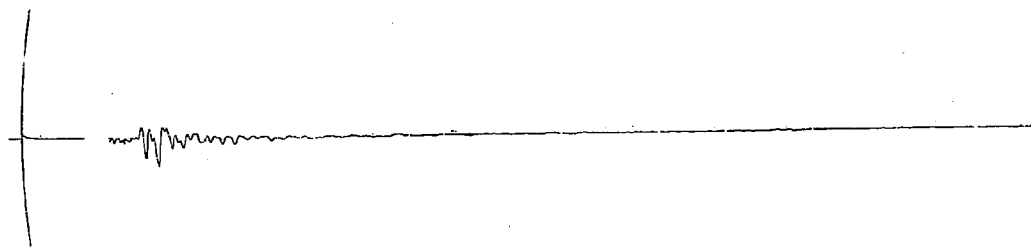
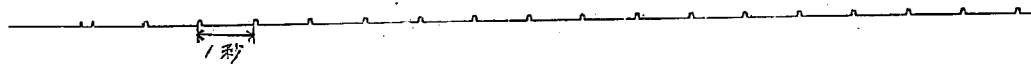
41	観測日時	9月27日 4時3分21.6秒
	震源	
	N	36° 30' 06"
	E	138° 13' 10"
	H	5.1 km



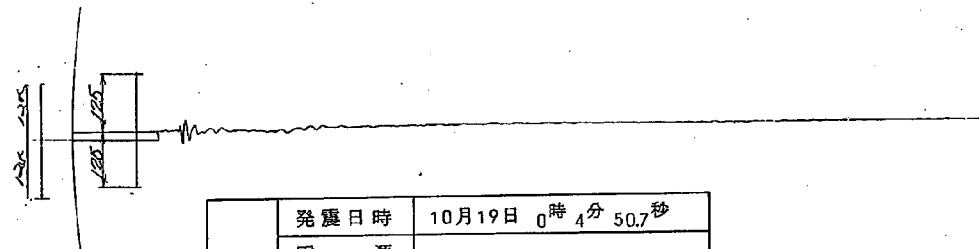
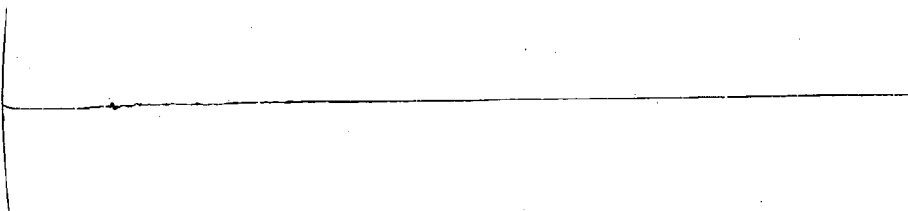
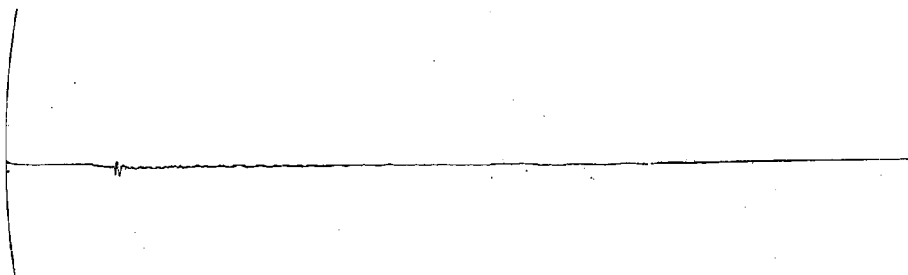
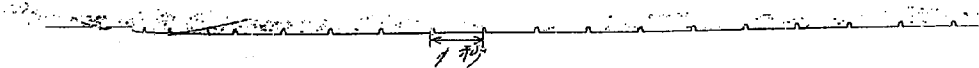
42	発震日時	9月27日 19 ^時 22 ^分 35.1 ^秒
	震源	
	N	
	E	
	H	



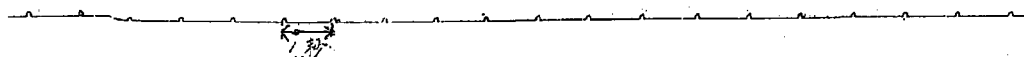
43	発震日時	10月3日 11時 32分 55秒
	震源	
	N	
	E	
	H	



44	発震日時	10月13日 6時 1分 35.4秒
	震源	
	N	36° 32' 45"
	E	138° 14' 46"
	H	9.0 km



45	発震日時	10月19日 0時4分50.7秒
	震源	
	N	36° 29' 53"
	E	138° 12' 32"
	H	9.0 km



46	発震日時	10月23日 11時 14分 17.3秒
	震源	
	N	36° 30' 14"
	E	138° 10' 02"
	H	6.0 km

1 sec

gal
200
100
0
100
200

N-40-E 方向

gal
200
100
0
100
200

U-D 方向

gal
200
100
0
100
200

N-50-W 方向

設置場所	佐賀有明	震央	東経130°12'北緯33°06'
データー名	801-GL-1	地震の深さ	H=10 km
型式	SMAO-B2	マグニチュード	M=6.0
地震発生 年月日時分	41.11.21 21:01	各地の震度	佐賀・福岡・佐世保 平戸・熊本・各Ⅲ