

長野県および周辺地域における 爆破地震動の観測

爆破地震動研究グループ

(昭和60年11月31日受理)

要 旨

地震予知計画による爆破地震動観測が、1981年11月、長野県およびその周辺地域で行なわれた。今回の測線は、1961年松代地域で行なわれ爆破地震動観測の際の測線を含み、北東南西方向、全長約 220 km である。この実験の目的は、詳細な地下構造を決定するとともに、以前の実験結果との比較から地震波の伝播速度の変化を調べることであった。ここでは、実験の概要と得られた記録や走時などの基礎的な資料について報告する。

1. 序

第4次地震予知計画の一環として、“人工地震による変動帯深部構造の研究”の実験が1981年11月、長野県およびその周辺地域で実施された。この地域では、1965年から始まった松代群発地震が一応おさまった1967年に爆破地震動実験が行なわれている (ASANO *et al.*, 1969a, 1969b, 1969c, OKADA *et al.*, 1970, SUZUKI, 1972)。1969年には地震波速度変化を調べる目的で1967年の実験で用いられた爆破点と観測点の一部を用いて実験が行われた (浅野・他, 1970)。1967年の観測結果からは群発地震震源域の詳細な地殻構造が求められており、6 km/s 層の上部境界に落差約 4 km の断層状の構造があること、震源域に速度および減衰の異常域があること、地震が 6 km/s 層内に発生していることなど、重要な結果が得られている。

今回の実験では、1967年の実験の測線を北東および南西に延長した全長約 220 km の測線を設けた。この実験の目的のひとつは以前の実験以降に地震波の伝播速度に変化があったかどうかを検出することであり、1967年の実験のときと同一の爆破点および観測点も用いられた。観測においては、第4次地震予知計画のもとで観測システムの開発や地震計の統一が行なわれたため (爆破地震動研究グループ, 1981, 1982)、高精度の記録が得られるようになった。

ここでは、この実験の概要と得られた記録や走時データなどの基礎的な資料について報告する。

2. 実験の概要

測線は新潟県川西町から岐阜県白川町に至るほぼ一直線上に設けられた (Fig. 1)。その全長は約 220 km で、ほぼ北東-南西方向、大部分は長野県内に位置している。長野

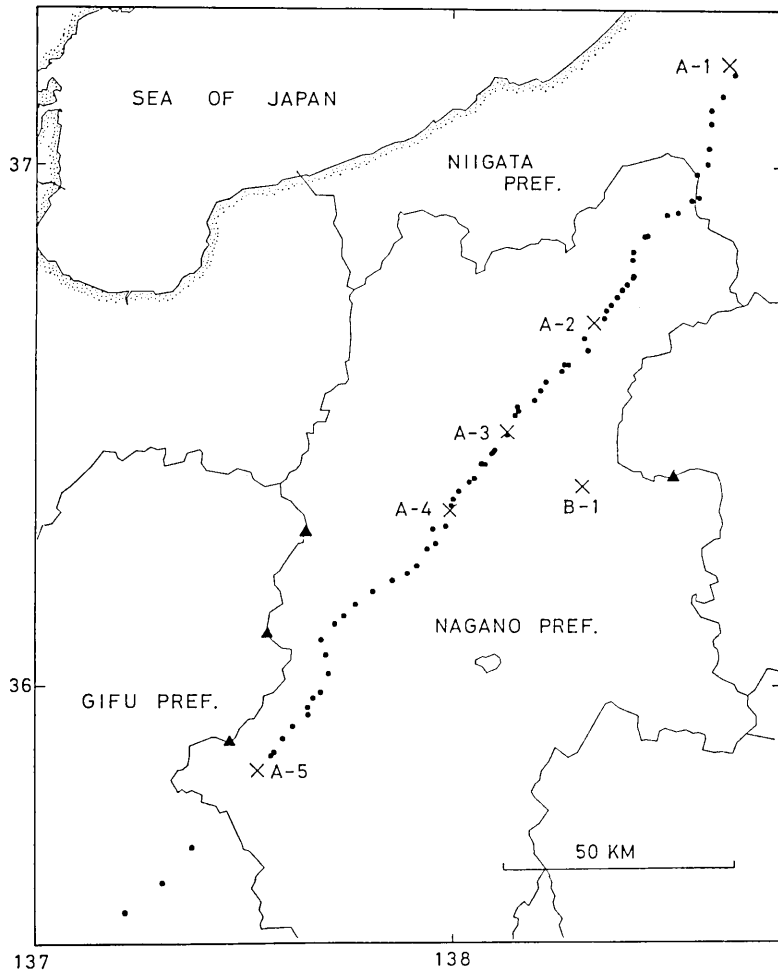


Fig. 1. Shot and observation sites. Cross mark: shot point, black dot: temporary observation site with 2Hz geophone, solid triangle: some mountains.

Table 1. Shot time, location of shot point, and charge size.

Shot	Date	Time	Latitude	Longitude	Height	Charge
A-1	Nov./11/1981	1: 2: 0.63	37°11'51.1"	138°40'13.2"	248 m	800 kg
A-2	Nov./11/1981	1: 13: 14.90	36 42 11.7	138 20 33.2	336	290
A-3	Nov./12/1981	1: 22: 0.62	36 29 32.7	138 7 51.6	369	340
A-4	Nov./12/1981	1: 12: 1.32	36 20 29.8	137 59 35.4	623	510
A-5	Nov./12/1981	1: 1: 59.56	35 50 10.5	137 31 57.6	1225	800
B-1	Nov./11/1981	1: 21: 59.55	36 23 18.1	138 18 51.3	610	240

盆地や松本盆地を横切っているととも山岳地帯も含むため、観測点の標高が最低の 170m から最高の 1,550 m までとかなり差のある測線になっている。

爆破点はこの測線上に 5ヶ所 (A-1: 川西町, A-2: 小布施町, A-3: 戸倉町, A-4: 西賀村, A-5: 王滝村) と、測線の南東約 20 km に 1ヶ所 (B-1: 上田市) が設けられた。A-2, A-4, および B-1 は 1967 年の実験のときとほぼ同じ場所に設けることができたが、A-3 は 1967 年の位置からほぼ西に 160 m 移動した。測線上には約 80 の観測点が設けられたが、このうち A-2 の北東および A-4 の南西の部分が今回新たに設置されたものである。

爆破地震動の観測は 1981 年 11 月 11 日および 12 日に行なわれた。Table 1 に爆破点の位置、薬量、爆破時刻などを示す。爆破孔のボーリング、爆破作業および後述の A-1 および A-5 近傍での観測は株式会社応用地質調査事務所によって行なわれた。

A-1 および A-5 の地表付近の速度を得るために、それぞれ 6 台の地震計をほぼ 100 m 間隔に展開した観測が実施された。これらによって得られた爆破点近傍における表層付近の速度は、Fig. 2 に見られるように、それぞれ 2.00 km/s, 2.81 km/s である。A-2 から A-4 までの表層の速度については、1967 年の実験のデータを参考にした。

3. 観測結果

Table 2 は測線上に展開された約 80 点の観測点の位置、観測者などである。地震計は全点で Mark Products 社製の L-22D (上下動、固有周波数約 2.2 Hz, コイル抵抗約 2.2 k Ω) を用い、ダンピング定数を約 0.7 に統一した。記録計の総合周波数特性も 0.5-30 Hz の範囲以上で平坦となるよう注意が払われた。

得られた記録を Fig. 3 に示す。これらのレコードセクションでは、重なり合いにより図が煩雑にならないよう、適当に記録を間引いてある。B-1 のレコードセクションでは、距離軸として A-1 からの距離を用いている。

得られた全記録から、初動および後続波の走時の読みとりを行なった。読みとり値には刻時精度、相の立ち上がりなどを考慮した時間精度 Δt により、A: $|\Delta t| \leq 0.01s$, B: $|\Delta t| \leq 0.03s$, C: $|\Delta t| > 0.03s$ をだいたいの目安としてランク付けを行なった。また、S/N 比が悪くて初動の立ち上がりがはっきりしない場合には、少なくともその時刻には地震波が到着していると思われる場所を読みとり、L によって示した。Table 3 には走時の読みとり

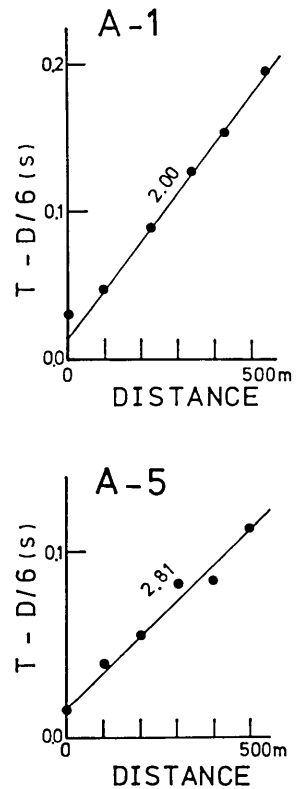


Fig. 2. Travel-time diagrams near shot points A-1 and A-5. The observations were conducted in order to determine velocities in the surface layers. The information near the other shot points was referred to the 1967 experiment (ASANO *et al.*, 1969a).

Table 2. Locations of temporary observation sites and observers.

No.	Station	Latitude	Longitude	Height	Observer
	S-1	37°11'49.0	138°40'14.3	243m	Oyo Co.Ltd.
L01	MUROJIMA	37 10 40.8	138 41 1.9	170	H.Adachi
L02	INUBUSE	37 8 10.8	138 39 15.3	200	R.Kubota
L03	KOYAMARU	37 6 35.6	138 37 32.8	330	F.Suzuki
L04	KANNONJI	37 5 2.2	138 37 31.2	270	K.Wada
L05	TARUDA	37 2 10.2	138 37 11.2	530	M.Suzuki
L06	UWANO	37 0 22.8	138 36 58.9	380	A.Ito
L07	MIYANOHARA	36 59 11.0	138 35 24.8	240	M.Takahashi,T.Haneda
L08	MAEGO	36 56 32.8	138 35 40.6	470	M.Takahashi,T.Haneda
L09	AMASHIRO	36 56 11.8	138 34 40.7	440	M.Takahashi,T.Haneda
L10	TSUBONO	36 54 48.6	138 32 38.7	700	I.Ogino
L11	HIKAGEZAWA	36 54 32.9	138 31 4.1	940	I.Ogino
L12	MAGUSE	36 52 9.5	138 28 16.4	930	K.Miura
L13	SAKURAGAFUCHI	36 52 7.7	138 28 10.5	920	R.S.Matsu'ura
L14	SAKURAGAFUCHI	36 52 6.1	138 28 5.2	900	R.S.Matsu'ura
L15	SAKURAGAFUCHI	36 52 5.8	138 27 58.3	870	R.S.Matsu'ura
L16	SAKURAGAFUCHI	36 52 5.4	138 27 49.8	860	R.S.Matsu'ura
L17	NAKAJIMA	36 50 18.4	138 26 12.3	660	I.Karakama,S.Yoshida
L18	TARUTAKI	36 49 23.3	138 26 5.8	570	M.Kawahara
D01-B1	NAKASUGAGAWA	36 47 32.2	138 26 14.3	710	S.Iizuka
D01-B2	NAKASUGAGAWA	36 47 28.1	138 26 18.0	710	S.Iizuka
D01-C	NAKASUGAGAWA	36 47 19.7	138 26 10.5	720	H.Fujikura
L19	MAESAKA	36 46 33.4	138 25 17.4	700	I.Hasegawa
L20	MAESAKA	36 46 31.5	138 25 18.9	690	I.Hasegawa
L21	UGI	36 45 58.1	138 24 36.6	530	T.Sato
D02-C	UGI	36 45 52.9	138 24 35.2	510	T.Sato
L22	HAKOYAMA	36 45 5.1	138 23 52.3	510	S.Tsunomura
D03-A	KAMIODANAKA	36 44 11.8	138 23 0.6	370	M.Kishio
D04-C	SHIMOODANAKA	36 43 33.0	138 22 19.7	340	K.Uhira
L23	KITAOHKUMA	36 42 40.4	138 22 1.3	410	N.Nishide
	S-2	36 42 13.0	138 20 30.8	336	Oyo Co.Ltd.
D05-A	TAKABATAKE	36 40 21.9	138 19 9.1	380	M.Nogoshi
L24	OHYA	36 38 59.2	138 19 39.6	420	T.Hasegawa
L25	YURUYU	36 37 18.3	138 16 48.1	340	K.Miyashita
D06-C	MORI	36 37 19.5	138 16 10.6	340	K.Miyashita
L26	HARUYAMA	36 36 34.3	138 15 48.5	340	K.Kasahara
D07-B	OHMURO	36 35 18.7	138 13 27.9	340	K.Ito
L27	HIGASHITERAO	36 34 18.6	138 12 41.7	360	F.Yamamizu
D08-B	ZOZAN	36 33 13.2	138 11 48.7	360	H.Suzuki
L28	IKIGAYA	36 32 26.7	138 9 20.5	360	Y.Inoue
L29	ISHIKUI	36 31 57.5	138 9 30.8	360	M.Yanagisawa,Y.Inoue
L30	OKAJI	36 31 28.4	138 9 1.1	390	M.Yanagisawa
	S-3	36 29 30.9	138 7 51.2	369	Oyo Co.Ltd.
D09-B	WAKAMIYA	36 29 12.6	138 7 51.5	390	Y.Ichinose
L31	KAMURIKIYAMA	36 27 26.7	138 6 3.0	860	T.Nishiki
L32	YANOGUCHIZAWA	36 27 14.3	138 5 51.3	800	M.Saka
D10-A	NAGAINAKAMURA	36 27 2.7	138 5 39.3	750	M.Saka
D11-B	MICHIHIRA	36 25 48.7	138 4 40.4	720	T.Yoshii
L33	YOYOZAWA	36 25 52.0	138 4 7.0	770	T.Yoshii
L34	YOYOZAWA	36 25 52.8	138 4 15.3	740	T.Yoshii
L35	TOCHIHIRA	36 24 10.2	138 3 7.0	880	S.Suzuki

Table 2. (continued)

D12-B TACHIKAWA	36	23	46.5	138	2	23.8	730	S.Suzuki
D13-B MIDARASHI	36	22	41.9	138	0	52.0	770	Y.Fujii
L36 IWAIDO	36	21	46.2	138	0	4.5	790	H.Miyamachi
D14-A AIDA	36	21	3.2	137	59	46.8	650	S.Kubota,T.Koizumi
S-4	36	20	29.8	137	59	34.2	623	Oyo Co.Ltd.
L37 JOYAMA	36	18	40.8	137	59	0.5	750	S.Kubota,T.Koizumi
L38 OHGUCHIZAWA	36	18	20.7	137	57	9.1	600	S.Kubota,T.Koizumi
L39 YAMADA	36	16	39.9	137	57	33.0	820	S.Kubota,T.Koizumi
L40 SHIMOIIIDA	36	16	2.9	137	56	20.7	570	T.Sasatani
L41 HIMURO	36	14	7.5	137	54	48.6	610	H.Okada
L42 KAMIOHTSUMA	36	13	9.0	137	53	26.9	630	T.Moriya
L43 AZUSAGAWABASHI	36	12	19.1	137	51	17.9	670	T.Moriya
L44 OHNODA	36	11	1.1	137	48	29.2	720	K.Nishigami
L45 INEKOKI	36	9	31.3	137	45	59.5	830	N.Hurukawa
L46 INEKOKI	36	8	11.3	137	44	21.0	880	F.Amaike
L47 IRIYAMA	36	7	16.4	137	43	3.0	1160	K.Matsumura
L48 FURUYADO	36	5	24.4	137	41	4.3	1000	R.Ogawa
L49 SOGURAZAWA	36	3	39.2	137	41	45.8	1180	A.Horie,K.Misawa
L50 SAKAITOGE	36	1	29.0	137	42	8.0	1550	T.Kanazawa,J.Ito
L51 HATAFUKUZAWA	35	59	18.8	137	41	1.4	1400	K.Ito
L52 HATAFUKUZAWA	35	59	13.7	137	40	59.9	1390	K.Ito
L53 HATAFUKURINDO	35	58	35.8	137	39	56.4	1260	H.Murakami
L54 ONOHARA	35	57	31.1	137	39	11.3	1200	F.Sakaguchi,Y.Kawabe
L55 OHYA	35	56	39.9	137	39	13.5	1260	H.Murakami
L56 MASUBUCHI	35	55	21.0	137	37	0.6	1160	I.Yamada
L57 SETONOHARA	35	53	54.2	137	35	35.9	1040	T.Ooida
L58 SHIRANAGI	35	52	17.3	137	34	22.5	1130	A.Ikami
L59 YASHIKINO	35	51	53.9	137	33	55.1	1100	M.Kobayashi,R.Miyajima
S-5	35	50	8.5	137	31	58.8	1217	Oyo Co.Ltd.
L60 KASHIMO	35	41	11.6	137	22	35.7	590	Y.Sasaki
L61 KUSUMI	35	37	4.9	137	18	24.0	380	N.Fukushima,M.Ogawa
L62 NAGOSHITOGE	35	33	37.7	137	13	4.2	340	T.Kakuta

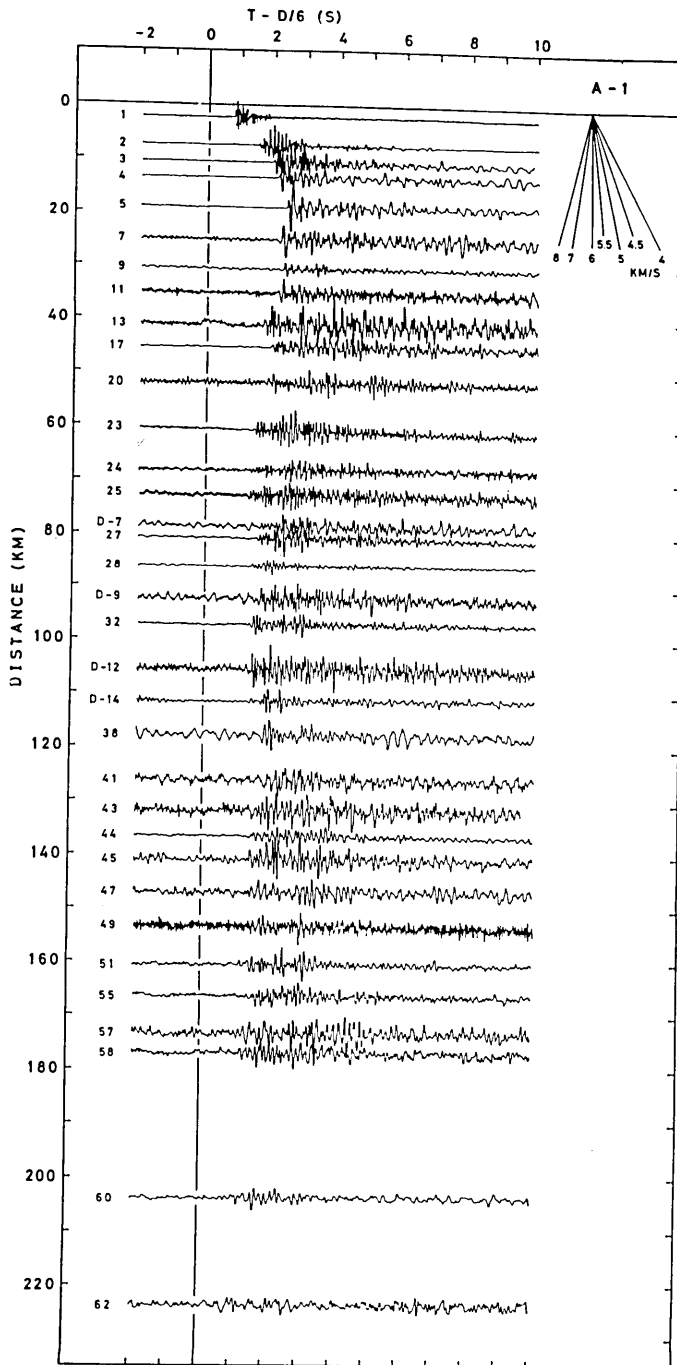


Fig. 3-1. Record section for shot A-1. Time axis is reduced by a velocity of 6.0 km/s.

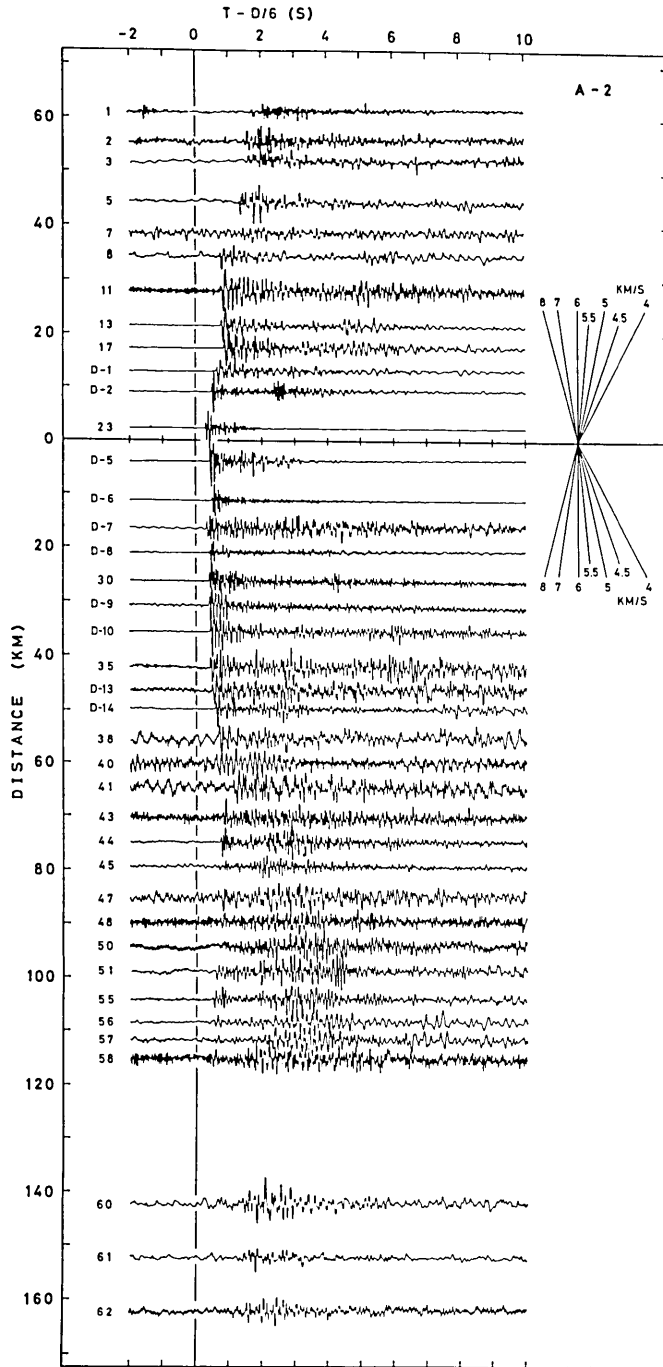


Fig. 3-2. Record section for shot A-2.

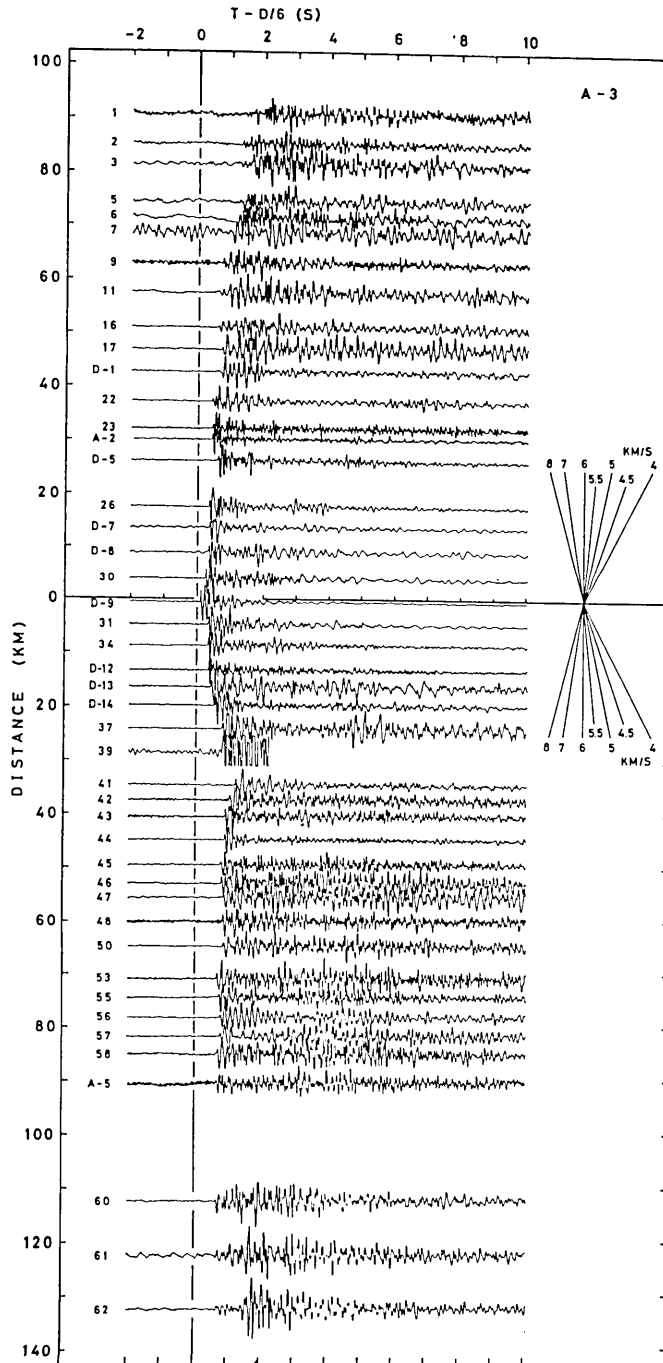


Fig. 3-3. Record section for shot A-3.

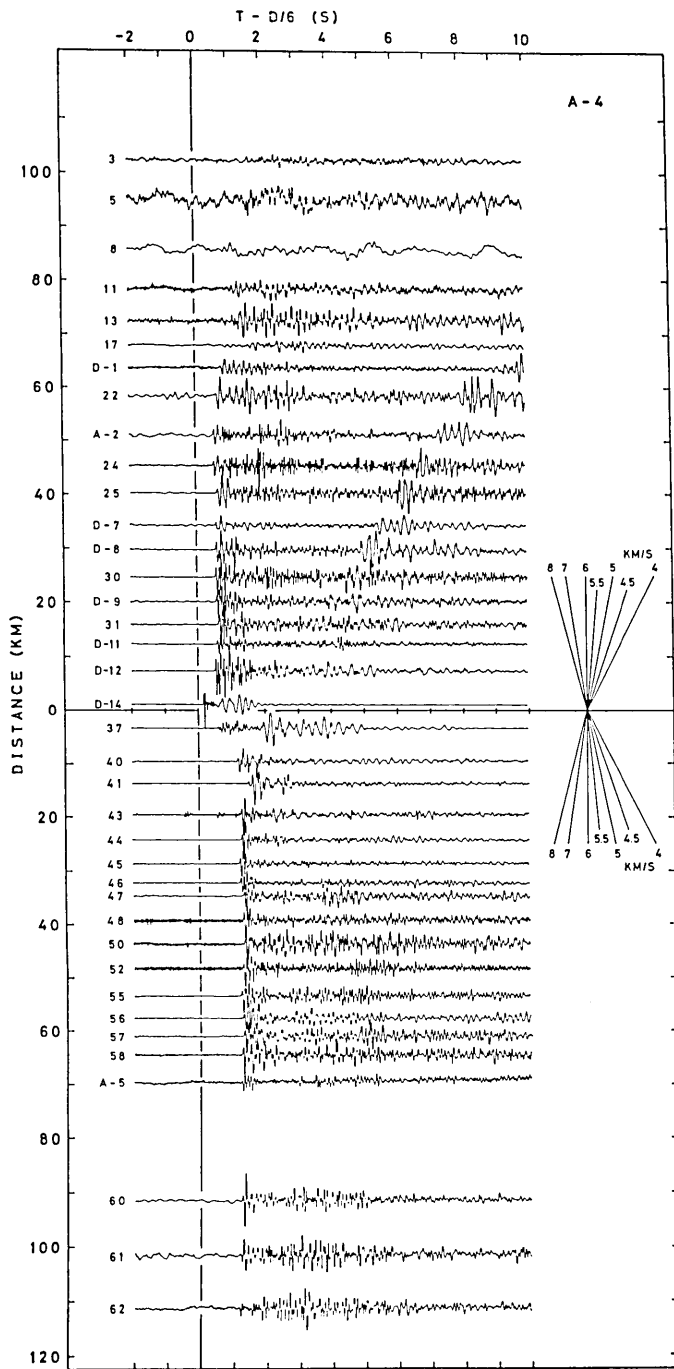


Fig. 3-4. Record section for shot A-4.

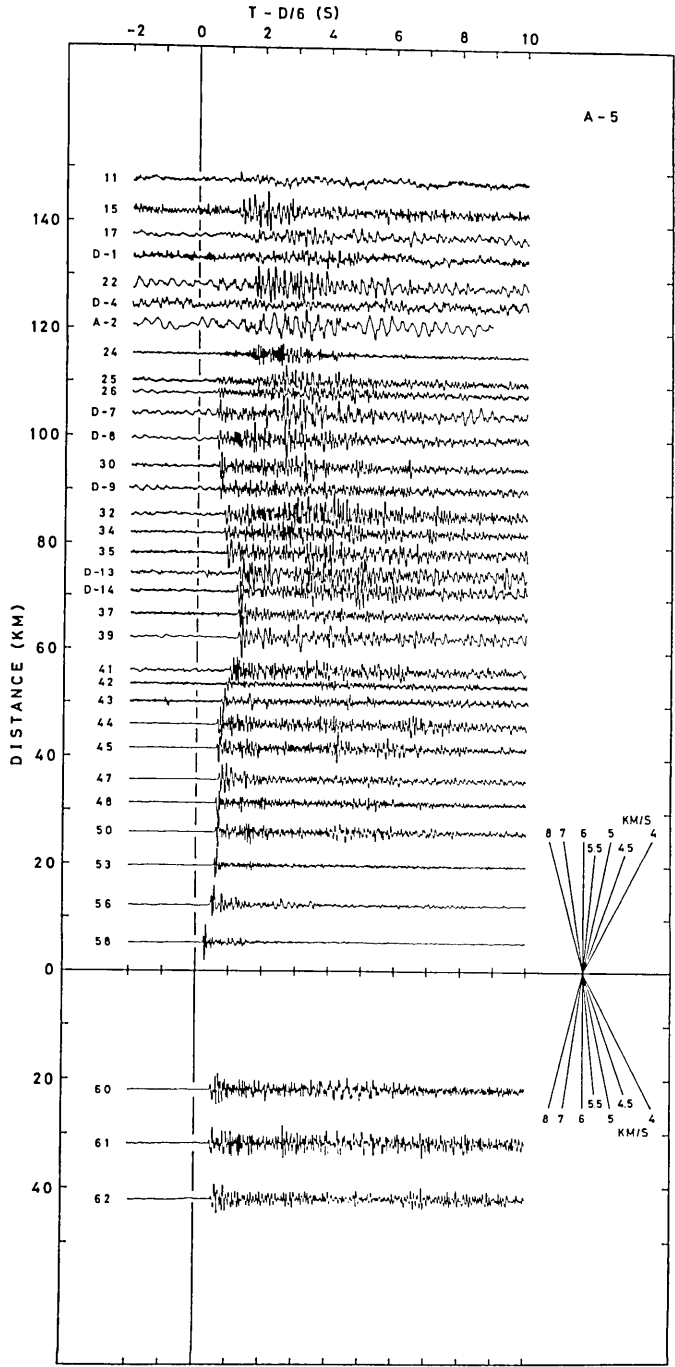


Fig. 3-5. Record section for shot A-5.

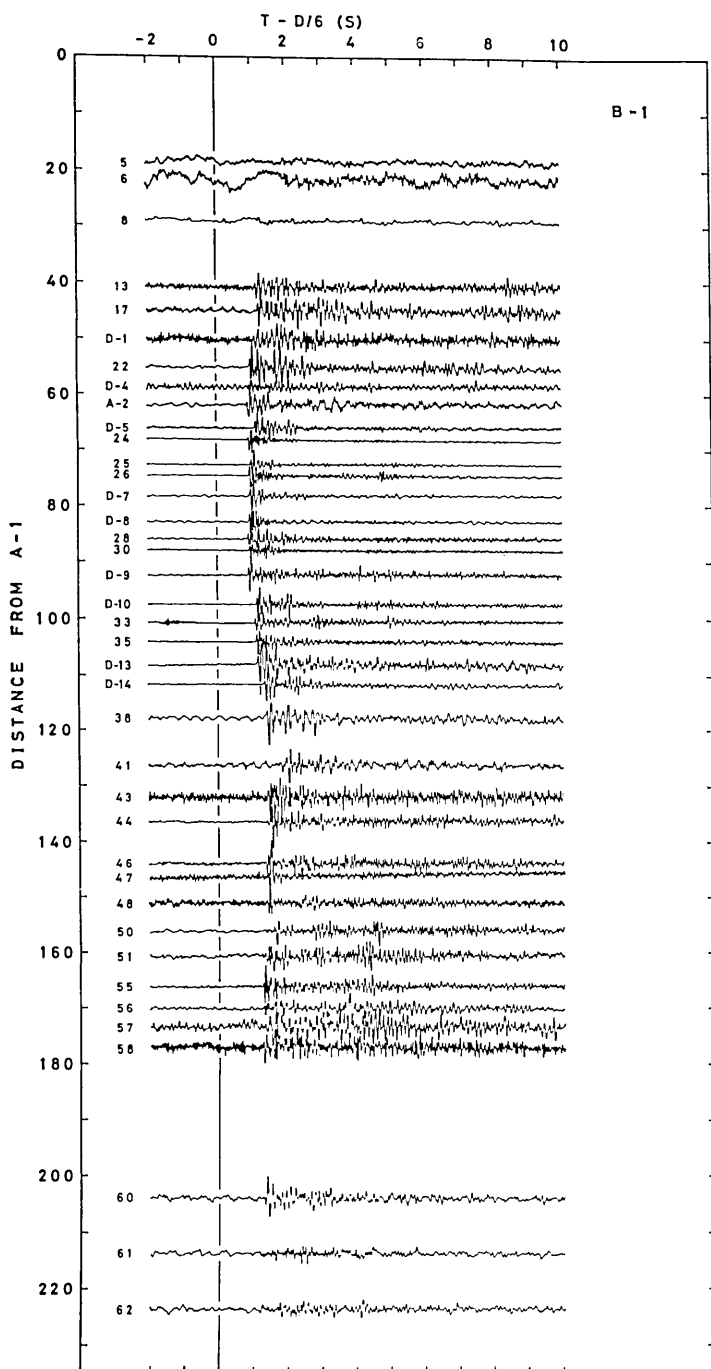


Fig. 3-6. Record section for shot B-1. The records are arranged according to distances from A-1.

Table 3. Travel-time data.

No. STATION	D	D/6	T1-D/6	T2-D/6	T3-D/6
SHOT-1					
L01 MUROJIMA	2.48	0.41	0.77A+		
L02 INUBUSE	6.94	1.16	1.48A+		
L03 KOYAMARU	10.50	1.75	1.96A+		
L04 KANNONJI	13.22	2.20	2.07A+		
L05 TARUDA	18.46	3.08	2.22A+		
L06 UWANO	21.75	3.63	2.36A+		
L07 MIYANOHARA	24.49	4.08	2.27B+	4.21C+	
L08 MAEGO	29.10	4.85	2.19B+	2.82C+	
L09 AMASHIRO	30.10	5.02	2.22B+	3.13C+	
L11 HIKAGEZAWA	34.76	5.79	2.14A+	2.54C+	
L12 MAGUSE	40.50	6.75	1.73C+		
L13 SAKURAGAFUCHI	40.61	6.77	1.71A+	2.75B+	
L14 SAKURAGAFUCHI	40.72	6.79	1.74A+		
L15 SAKURAGAFUCHI	40.80	6.80	1.77C+		
L16 SAKURAGAFUCHI	40.91	6.82	1.75B+		
L17 NAKAJIMA	44.94	7.49	1.90A+		
L18 TARUTAKI	46.53	7.76	1.78C-		
D01-B1 NAKASUGAGAWA	49.52	8.25	1.64C+		
D01-B2 NAKASUGAGAWA	49.60	8.27	1.67C+		
D01-C NAKASUGAGAWA	49.91	8.32	1.77C-		
L19 MAESAKA	51.76	8.63	1.76B+		
L21 UGI	53.18	8.86	1.72B+		
D02-C UGI	53.34	8.89	1.69C+	1.95C-	2.63C-
L22 HAKOYAMA	55.13	9.19	1.67A+	2.74C+	
D03-A KAMIODANAKA	57.17	9.53	1.55B-	2.65C-	
L23 KITAOHKUMA	60.35	10.06	1.44B+	2.44C-	
S-2	62.12	10.35	1.43B+		
L24 OHYA	68.02	11.34	1.33C+	2.17C+	
L25 YURUYU	72.74	12.12	1.33B+	2.18B-	
D07-B OHMUROGA	78.40	13.07	1.68B+		
L27 HIGASHITERAO	80.58	13.43	1.56C+	2.09C+	
D08-B ZOZAN	82.98	13.83	1.51B-	2.02C+	3.86B-
L28 IKIGAYA	86.12	14.35	1.49A+	2.68C+	
L29 ISHIKUI	86.75	14.46	1.50B+	2.35C+	
L30 OKAJI	87.90	14.65	1.38C+	2.41C-	
D09-B WAKAMIYA	92.37	15.40	1.38C-		
L31 KAMURIKIYAMA	96.57	16.10	1.38A+	2.29C-	
L32 YANOBUCHIZAWA	97.04	16.17	1.33B+	2.57C+	
D10-A NAGAINAKAMURA	97.51	16.25	1.33A+	2.11C-	
L33 YOYOZAWA	100.57	16.76	1.25C+		
L35 TOCHIHIRA	104.02	17.34	1.22C+		
D12-B TACHIKAWA	105.21	17.54	1.45B+		
D13-B MIDARASHI	108.12	18.02	1.36L		
D14-A AIDA	111.56	18.59	1.38C-	1.69C-	
L38 OHGUCHIZAWA	117.90	19.65	1.80L		
L41 HIMURO	126.36	21.06	1.47L	2.18C+	
L42 KAMIOHTSUMA	128.98	21.50	1.70C+	1.95B+	3.68C-
L43 AZUSAGAWABASHI	132.02	22.00	1.50C-	3.82C-	
L44 OHNODA	136.35	22.73	1.36C+		
L45 INEKOKI	140.75	23.46	1.50B+	2.18C-	
L47 IRIYAMA	146.69	24.45	1.24C-		
L48 FURUYADO	151.22	25.20	1.43C+		
L49 SOGURAZAWA	153.29	25.55	1.34C+		

Table 3. (continued)

L50	SAKAITOGE	156.31	26.05	1.43C+	2.40B+	
L51	HATAFUKUZAWA	160.58	26.76	1.16B+	2.16C-	2.94C+
L52	HATAFUKUZAWA	160.73	26.79	1.01C+	2.07C+	2.64C+
L53	HATAFUKUZAWA	162.58	27.10	1.08C+		
L54	ONOHARA	164.87	27.48	1.04C-		
L55	OHYA	166.16	27.69	1.13B+	1.40C-	
L56	MASUBUCHI	170.02	28.34	1.28B+	2.35C-	
L57	SETONOHARA	173.42	28.90	1.11C+		
L58	SHIRANAGI	176.93	29.49	1.19C+		
L60	KASHIMO	203.85	33.98	0.59C+		
SHOT-2						
S-1						
L01	MUROJIMA	62.09	10.35	1.46C+		
L02	INUBUSE	60.82	10.14	1.65B+	2.00B+	
L03	KOYAMARU	55.50	9.25	1.39C+	1.87C+	
L05	TARUDA	51.70	8.62	1.48B-		
L06	UWANO	44.45	7.41	1.31A+	1.62B+	
L08	MAEGO	41.56	6.93	1.08A+	1.57C-	
L09	AMASHIRO	34.79	5.80	0.72A+		
L11	AMASHIRO	33.34	5.56	0.70B-		
L11	HIKAGEZAWA	27.68	4.61	0.73B+		
L12	MAGUSE	21.71	3.62	0.76A+		
L13	SAKURAGAFUCHI	21.59	3.60	0.75A+		
L14	SAKURAGAFUCHI	21.48	3.58	0.77A+		
L15	SAKURAGAFUCHI	21.38	3.56	0.77A+		
L16	SAKURAGAFUCHI	21.26	3.54	0.77A+		
L17	NAKAJIMA	17.20	2.87	0.84A+		
L18	TARUTAKI	15.65	2.61	0.74A+		
D01-B1	NAKASUGAGAWA	13.01	2.17	0.62B+		
D01-B2	NAKASUGAGAWA	12.97	2.16	0.59B+		
D01-C	NAKASUGAGAWA	12.65	2.11	0.58B+		
L19	MAESAKA	10.71	1.79	0.57A+		
L20	MAESAKA	10.69	1.78	0.56A+		
L21	UGI	9.23	1.54	0.51A+		
D02-C	UGI	9.08	1.51	0.51A+		
D04-C	SHIMOODANAKA	3.64	0.61	0.31A+		
L23	KITAOHKUMA	2.36	0.39	0.26A+		
D05-A	TAKABATAKE	3.98	0.66	0.39A+		
L24	OHYA	6.08	1.01	0.27A+		
L25	YURUYU	10.63	1.77	0.35A+	1.89C-	
D06-C	MORI	11.12	1.85	0.45A+		
L26	HARUYAMA	12.58	2.10	0.28A+		
D07-B	OHMURO	16.54	2.76	0.30B+		
L27	HIGASHITERAO	18.70	3.12	0.31B+	2.89C+	
D08-B	ZOZAN	21.10	3.52	0.32A+	0.75B+	
L28	IKIGAYA	24.59	4.10	0.36A+		
L29	ISHIKUI	25.08	4.18	0.36A+	1.30B+	
L30	OKAJI	26.25	4.38	0.35A+	2.26C-	
S-3						
D09-B	WAKAMIYA	30.14	5.02	0.39B+		
D09-B	WAKAMIYA	30.58	5.10	0.35A+		
L31	KAMURIKIYAMA	34.81	5.80	0.45A+		
L32	YANOGUCHIZAWA	35.29	5.88	0.43A+		
D10-A	NAGAINAKAMURA	35.76	5.96	0.42A+	2.86C+	
D11-B	MICHIHIRA	38.46	6.41	0.37A+	2.91B+	
L33	YOYOZAWA	38.90	6.48	0.37A+	3.02B-	

Table 3. (continued)

L35 TOCHIHIRA	42.28	7.05	0.38A+	1.60C-	2.69C-
D12-B TACHIKAWA	43.52	7.25	0.34A+	2.61B+	
D13-B MIDARASHI	46.51	7.75	0.43B+	2.56C-	
L36 IWAIDO	48.59	8.10	0.58A+	2.19B-	2.62C-
D14-A AIDA	49.90	8.32	0.54A+	2.31C-	
S-4	50.90	8.48	0.52L	2.52C-	
L38 OHGUCHIZAWA	56.27	9.38	0.63B+		
L41 HIMURO	64.60	10.77	1.03B+		
L42 KAMIOHTSUMA	67.26	11.21	0.88C+	2.36C+	
L43 AZUSAGAWABASHI	70.45	11.74	0.74B+	2.70C+	
L44 OHNODA	74.96	12.49	0.73A+	1.65C+	
L45 INEKOKI	79.49	13.25	0.82C+	1.60C+	
L46 INEKOKI	82.96	13.83	0.62C+		
L47 IRIYAMA	85.51	14.25	0.73C+		
L48 FURUYADO	90.07	15.01	0.63C+		
L50 SAKAITOGE	94.71	15.79	0.59C+		
L51 HATAFUKUZAWA	98.92	16.49	0.48C+	1.81C+	
L52 HATAFUKUZAWA	99.07	16.51	0.52C+		
L53 HATAFUKUZAWA	100.95	16.83	0.38C+		
L54 ONOHARA	103.23	17.21	0.48C+		
L55 OHYA	104.47	17.41	0.45A+	1.77C+	2.68C+
L56 MASUBUCHI	108.40	18.07	0.42C+	2.98C-	
L57 SETONOHARA	111.81	18.64	0.49B+	2.17C-	
L58 SHIRANAGI	115.31	19.22	0.48C-	1.72C+	
S-5	120.65	20.11	2.36C+	3.27C+	
L60 KASHIMO	142.37	23.73	0.53C+	1.27C+	
L61 KUSUMI	152.26	25.38	1.07L		
L62 NAGOSHITOGE	162.24	27.04	0.69L	1.41C+	
SHOT-3					
S-1	91.77	15.30	1.31C+	4.52C+	
L01 MUROJIMA	90.66	15.11	1.36C+	1.91C+	
L02 INUBUSE	85.35	14.23	1.30A+		
L03 KOYAMARU	81.51	13.59	1.18C+	1.61C+	
L05 TARUDA	74.46	12.41	1.17B+		
L06 UWANO	71.62	11.94	1.17B+	3.23C-	
L07 MIYANOHARA	68.46	11.41	1.01C-		
L08 MAEGO	64.87	10.81	0.73C-		
L09 AMASHIRO	63.43	10.57	0.85C-		
L11 HIKAGEZAWA	57.73	9.62	0.54C+		
L12 MAGUSE	51.70	8.62	0.55A+	1.20B+	
L13 SAKURAGAFUCHI	51.57	8.60	0.55B+	1.13C-	
L14 SAKURAGAFUCHI	51.46	8.58	0.56A+		
L15 SAKURAGAFUCHI	51.35	8.56	0.55B+		
L16 SAKURAGAFUCHI	51.22	8.54	0.57A+		
L17 NAKAJIMA	47.13	7.86	0.66A+		
L18 TARUTAKI	45.66	7.61	0.67B-		
D01-B1 NAKASUGAGAWA	43.10	7.18	0.56C+		
D01-B2 NAKASUGAGAWA	43.06	7.18	0.57B+		
D01-C NAKASUGAGAWA	42.74	7.12	0.54C+		
L19 MAESAKA	40.80	6.80	0.54A+		
L20 MAESAKA	40.78	6.80	0.54A+		
L21 UGI	39.32	6.55	0.49B+		
D02-C UGI	39.17	6.53	0.45C+	2.25C-	
L22 HAKOYAMA	37.36	6.23	0.39A+		

Table 3. (continued)

D03-A KAMIODANAKA	35.27	5.88	0.32B+	1.72C+	
D04-C SHIMOODANAKA	33.71	5.62	0.40C+		
L23 KITAOHKUMA	32.18	5.36	0.39A+		
S-2	30.08	5.01	0.39A+		2.31C-
D05-A TAKABATAKE	26.15	4.36	0.58B+		1.40B-
L24 OHYA	24.79	4.13	0.36A+		
L25 YURUYU	19.59	3.27	0.41A+		
D06-C MORI	19.00	3.17	0.43A+		
L26 HARUYAMA	17.59	2.93	0.35A+		
D07-B OHMUROGA	13.55	2.26	0.36A+		
L27 HIGASHITERAO	11.39	1.90	0.38A+		
D08-B ZOZAN	9.00	1.50	0.30A+		1.69C+
L28 IKIGAYA	5.80	0.97	0.30A+		
L29 ISHIKUI	5.10	0.85	0.29A+		
L30 OKAJI	3.96	0.66	0.25A+		
D09-B WAKAMIYA	0.62	0.10	0.12A+		
L31 KAMURIKIYAMA	4.73	0.79	0.33A+		
L32 YANOBUCHIZAWA	5.21	0.87	0.31A+		
D10-A NAGAINAKAMURA	5.68	0.95	0.32A+		
D11-B MICHIHIRA	8.39	1.40	0.32A+		
L34 YOYOZAWA	8.66	1.44	0.32A+		
L35 TOCHIHIRA	12.21	2.04	0.38A+		
D12-B TACHIKAWA	13.43	2.24	0.34A+		
D13-B MIDARASHI	16.42	2.74	0.46A+		1.69C-
L36 IWAIDO	18.50	3.08	0.61A+		
D14-A AIDA	19.81	3.30	0.59A+		2.14C+
L37 JOYAMA	24.06	4.01	0.70A+		
L39 YAMADA	28.37	4.73	0.81A+		
L40 SHIMOIIIDA	30.32	5.05	0.98B+		
L41 HIMURO	34.56	5.76	1.16A+		
L42 KAMIOHTSUMA	37.20	6.20	1.04A+		2.65C+
L43 AZUSAGAWABASHI	40.36	6.73	0.90A+		
L44 OHNODA	44.88	7.48	0.90A+		
L45 INEKOKI	49.41	8.24	0.81A+		3.84C-
L46 INEKOKI	52.89	8.82	0.79A+		
L47 IRIYAMA	55.45	9.24	0.87A+		
L48 FURUYADO	60.01	10.00	0.79A+		
L50 SAKAITOGE	64.63	10.77	0.83A+		4.40C+
L51 HATAFUKUZAWA	68.86	11.48	0.69A+		
L52 HATAFUKUZAWA	69.01	11.50	0.71A+		
L53 HATAFUKUZAWA	70.88	11.81	0.66A+		
L55 OHYA	74.42	12.40	0.71A+		1.68C+
L56 MASUBUCHI	78.33	13.06	0.72A+		3.51C-
L57 SETONOHARA	81.74	13.62	0.72A+		
L58 SHIRANAGI	85.24	14.21	0.67A+		2.31C-
L59 YASHIKINO	86.23	14.37	0.68B+		
S-5	90.58	15.10	0.62B+		3.02C+
L60 KASHIMO	112.29	18.72	0.66A+		1.82C+
L61 KUSUMI	122.17	20.36	0.56B+		1.50C-
L62 NAGOSHITOGE	132.15	22.03	0.47C+		1.38B+
SHOT-4					
S-1	112.51	18.75	1.65C+		3.12C-
L03 KOYAMARU	102.27	17.05	1.61C+		
L05 TARUDA	95.26	15.88	1.42C+		

Table 3. (continued)

L06 UWANO	92.43	15.41	1.36C-		
L08 MAEGO	85.65	14.28	0.86C-		
L11 HIKAGEZAWA	78.53	13.09	0.98B+		
L12 MAGUSE	72.51	12.09	1.29C-		
L13 SAKURAGAFUCHI	72.38	12.06	0.78C+	1.33C+	
L14 SAKURAGAFUCHI	72.26	12.04	0.84C+	1.37C+	
L15 SAKURAGAFUCHI	72.15	12.03	0.78C+	1.37C+	
L16 SAKURAGAFUCHI	72.02	12.00	0.71C+	1.34C-	
L17 NAKAJIMA	67.93	11.32	0.69C+	1.53C+	2.38C+
D01-B1 NAKASUGAGAWA	63.88	10.65	0.67C+		
D01-B2 NAKASUGAGAWA	63.84	10.64	0.68C+		
D01-C NAKASUGAGAWA	63.52	10.59	0.72B+		
L19 MAESAKA	61.58	10.26	0.71B+		
L21 UGI	60.10	10.02	0.66C+		
D02-C UGI	59.96	9.99	0.64C-		
L22 HAKOYAMA	58.14	9.69	0.57A+	7.87B+	
D03-A KAMIODANAKA	56.06	9.34	0.53C-		
S-2	50.88	8.48	0.53A+	1.93C+	2.41C-
D05-A TAKABATAKE	46.93	7.82	0.74B+		
L24 OHYA	45.47	7.58	0.55A+	1.86C+	6.70B-
L25 YURUYU	40.33	6.72	0.60A+	3.43C+	6.01C+
D06-C MORI	39.77	6.63	0.63B+	2.88C-	
L26 HARUYAMA	38.35	6.39	0.54A+	3.55C+	5.79C+
D07-B OHMURO	34.35	5.73	0.59A+		
L27 HIGASHITERAO	32.18	5.36	0.60A+	5.29C-	
D08-B ZOZAN	29.78	4.96	0.58A+		
L28 IKIGAYA	26.47	4.41	0.59A+	4.43C+	
L29 ISHIKUI	25.87	4.31	0.60A+	4.90C+	
L30 OKAJI	24.71	4.12	0.59A+	4.42C-	
S-3	20.76	3.46	0.58B+		
D09-B WAKAMIYA	20.31	3.39	0.57A+		
L31 KAMURIKIYAMA	16.07	2.68	0.65A+		
L32 YANOBUCHIZAWA	15.59	2.60	0.63A+		
D10-A NAGAINAKAMUA	15.13	2.52	0.60A+		
D11-B MICHIIHARA	12.42	2.07	0.56A+		
L34 YOYOZAWA	12.16	2.03	0.56A+	1.41C+	
L35 TOCHIIHARA	8.60	1.43	0.50A+		
D12-B TACHIKAWA	7.37	1.23	0.52A+		
D13-B MIDARASHI	4.50	0.75	0.55A+		
L36 IWAIDO	2.46	0.41	0.35A+		
D14-A AIDA	1.07	0.18	0.17A+		
L37 JOYAMA	3.47	0.58	0.57A+	1.93B+	
L39 YAMADA	7.72	1.29	0.83A+		
L40 SHIMOIIIDA	9.55	1.59	1.14A+		
L41 HIMURO	13.79	2.30	1.45A+	2.45B-	
L42 KAMIOHTSUMA	16.40	2.73	1.44A+	2.32B+	
L43 AZUSAGAWABAHI	19.57	3.26	1.30A+	2.22C+	
L44 OHNODA	24.16	4.03	1.30A+		
L45 INEKOKI	28.75	4.79	1.23A+		
L46 INEKOKI	32.24	5.37	1.24A+	3.65C+	
L47 IRIYAMA	34.81	5.80	1.31A+	3.70C-	
L48 FURUYADO	39.35	6.56	1.27A+		
L50 SAKAITOGE	43.83	7.31	1.32A+		
L51 HATAFUKUZAWA	48.06	8.01	1.20A+	2.20C+	4.59C+
L52 HATAFUKUZAWA	48.21	8.04	1.22A+	2.21C+	4.59C+

Table 3. (continued)

L53 HATAFUKUZAWA	50.08	8.35	1.19A+		
L55 OHYA	53.62	8.94	1.20A+	1.66B+	
L56 MASUBUCHI	57.53	9.59	1.25A+	2.69C+	
L57 SETONOHARA	60.94	10.16	1.27A+	2.90C+	
L58 SHIRANAGI	64.44	10.74	1.21A+		
L59 YASHIKINO	65.43	10.91	1.23B+		
S-5	69.77	11.63	1.17A+	2.85C+	3.30C+
L60 KASHIMO	91.49	15.25	1.26A+		
L61 KUSUMI	101.38	16.90	1.10A+		
L62 NAGOSHITOGI	111.37	18.56	1.06B+	1.77C-	
SHOT-5					
L05 TARUDA	165.00	27.50	1.37C-		
L06 UWANO	162.16	27.03	0.89C+		
L11 HIKAGEZAWA	148.27	24.71	1.21C+		
L12 MAGUSE	142.24	23.71	1.31L		
L13 SAKURAGAFUCHI	142.11	23.69	0.73C+	1.27B+	
L14 SAKURAGAFUCHI	141.99	23.67	0.65C+	1.28B+	
L15 SAKURAGAFUCHI	141.88	23.65	1.31B+		
L16 SAKURAGAFUCHI	141.75	23.63	0.63C+	1.29B+	
L17 NAKAJIMA	137.66	22.94	0.72C+	1.58C+	
D01-C NAKASUGAGAWA	133.24	22.21	1.17L-		
L19 MAESAKA	131.31	21.89	0.99L	1.66C+	2.77C-
L20 MAESAKA	131.28	21.88	0.94L	1.70C+	2.76C-
L22 HAKOYAMA	127.86	21.31	0.48C+	1.66C+	
D03-A KAMIODANAKA	125.78	20.96	1.71L		
S-2	120.61	20.10	0.47B+	1.88C+	
L24 OHYA	115.12	19.19	0.58C+		
L25 YURUYU	110.04	18.34	0.57B+	1.84C+	
L26 HARUYAMA	108.06	18.01	0.56B+		
D07-B OHMURO	104.09	17.35	0.50A+	2.55C+	
L27 HIGASHITERAO	101.92	16.99	0.54B+		
D08-B ZOZAN	99.52	16.59	0.54A+	1.61C-	2.55C+
L28 IKIGAYA	96.17	16.03	0.62A+	1.39B-	
L29 ISHIKUI	95.60	15.93	0.59C+	0.67B-	
L30 OKAJI	94.44	15.74	0.62B+		
D09-B WAKAMIYA	90.04	15.01	0.63A+		
L31 KAMURIKIYAMA	85.81	14.30	0.78B+		
L32 YANOGUCHIZAWA	85.33	14.22	0.77A+		
D10-A NAGAINAKAMURA	84.87	14.15	0.75A+		
D11-B MICHIHIRA	82.16	13.69	0.79B+	2.01C+	
L34 YOYOZAWA	81.89	13.65	0.82A+	1.93C+	
L35 TOCHIHIRA	78.34	13.06	0.86A+	3.13C+	
D12-B TACHIKAWA	77.11	12.85	0.88B+		
D13-B MIDARASHI	74.15	12.36	1.19B+	3.28C-	4.69C+
L36 IWAIDO	72.07	12.01	1.21A+		
D14-A AIDA	70.73	11.79	1.18A+	4.61C+	
S-4	69.72	11.62	1.24L		
L37 JOYAMA	66.54	11.09	1.21A+		
L39 YAMADA	62.25	10.38	1.20A+		
L41 HIMURO	56.03	9.34	0.98A+		
L42 KAMIOHTSUMA	53.35	8.89	0.88A+	1.40C+	3.68C+
L43 AZUSAGAWABASHI	50.20	8.37	0.74A+		
L44 OHNODA	45.85	7.64	0.65A+		
L45 INEKOKI	41.53	6.92	0.60A+	4.09C+	

Table 3. (continued)

L46 INEKOKI	38.16	6.36	0.62A+		
L47 IRIYAMA	35.74	5.96	0.71A+	1.39C-	
L50 SAKAITOGE	25.91	4.32	0.58A+	1.35C-	3.99C+
L51 HATAFUKUZAWA	21.71	3.62	0.50A+		
L52 HATAFUKUZAWA	21.57	3.60	0.51A+		
L53 HATAFUKUZAWA	19.66	3.28	0.54A+		
L55 OHYA	16.23	2.71	0.50A+		
L56 MASUBUCHI	12.22	2.04	0.44A+		
L58 SHIRANAGI	5.34	0.89	0.25A+		
L59 YASHIKINO	4.34	0.72	0.24A-		
L60 KASHIMO	21.79	3.63	0.47A+		
L61 KUSUMI	31.69	5.28	0.44A+	0.85C+	
L62 NAGOSHITOGI	41.81	6.97	0.50A+		

D and L in the station number indicate stations for the study of change in seismic-wave velocity and stations for the study of the crustal structure, respectively.

D: distance in km, T-D/6: reduced travel time in seconds. Ranks A, B and C indicate "very good", "good", and "fairly good", respectively. L denotes that a signal can be recognized at least at this time. Plus or minus signs attached to reduced times show that the direction of movement in the identified arrival is upward or downward.

結果が示されている。なお、この表で SHOT-1 等とあるのは、爆破点 A-1 等のことである。

Figure 4 は読みとり結果に基づく走時図である。これらの走時図はいずれもたいへん複雑であるが、とくに A-4 の走時図からは、爆破点直下に大きな地下の断層の存在が推定される。後続波の中には下部地殻からの屈折波あるいは反射波と思われるものも認められるが、観測点間の対応はあまりよくない。

4. 結 び

第4次地震予知計画における3年度目の爆破地震実験として、新潟県中魚沼郡川西町から岐阜県加茂郡白川町に至る測線上で観測が行なわれた。地下構造決定のほか、地震波速度変化を検出することを目的としたため、観測点と爆破点の一部は1967年の実験と同一の場所に設置された。

得られた記録は良好であり、松本盆地のやや東における大規模な断層状の構造など、この測線下の複雑な構造が明らかになるものと期待される。これら精度のよい観測データに基づく地殻構造の解析結果については、IKAMI *et al.* (1986) によって別に発表される。

謝 辞

この実験は下記の多数の機関、または個人の協力を得て実施することができた。記して感謝の意を表する。

新潟県総務部消防防災課、長野県生活環境部消防防災課；新潟県中魚沼郡川西町；長野県上高井郡小布施町、埴科郡戸倉町、東筑摩郡四賀村、木曾郡王滝村、上田市の爆破点所在

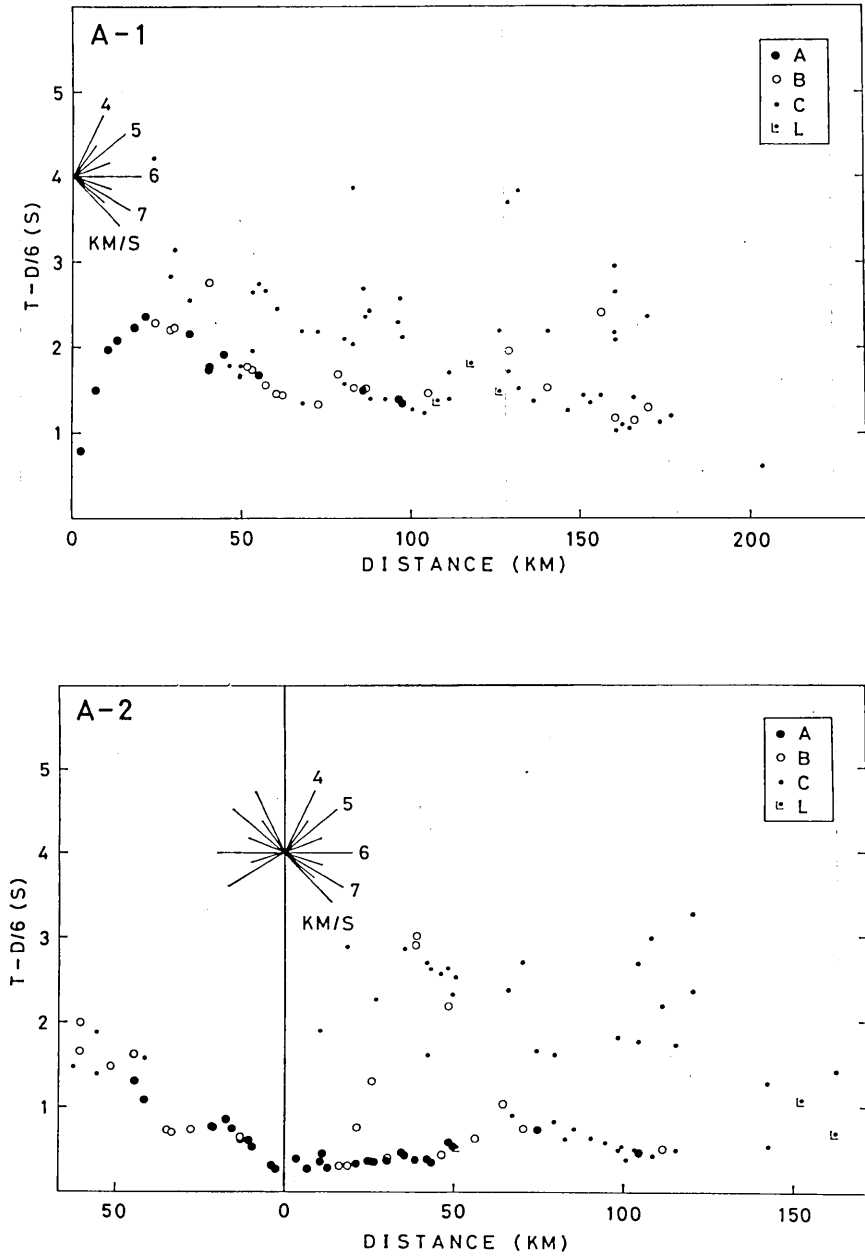


Fig. 4. Reduced travel-time diagrams. A, B, C and L mean the ranks of accuracy in the reading and their definitions are given in the footnote of Table 3.

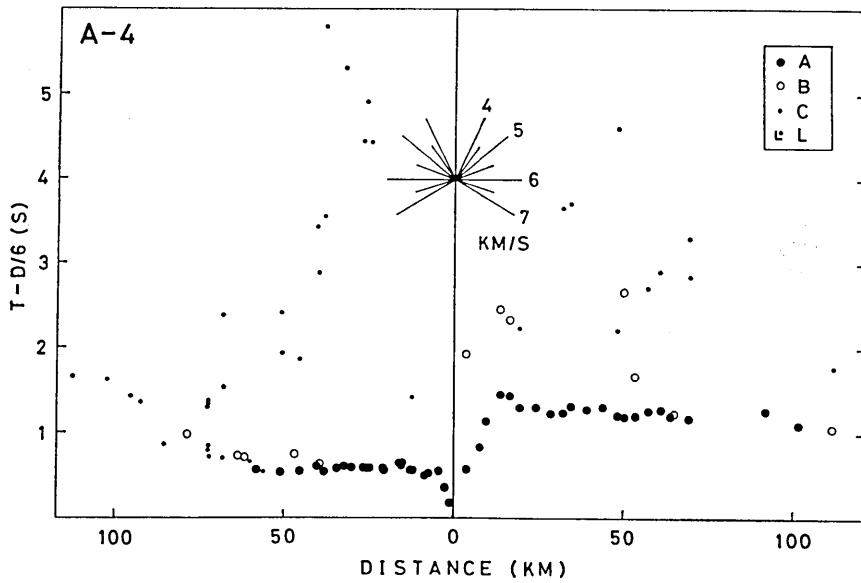
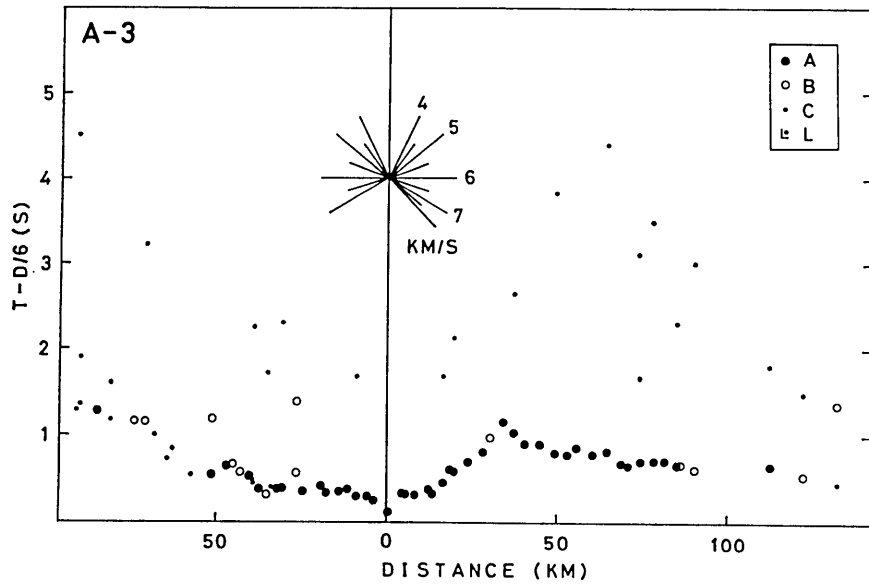


Fig. 4. (continued)

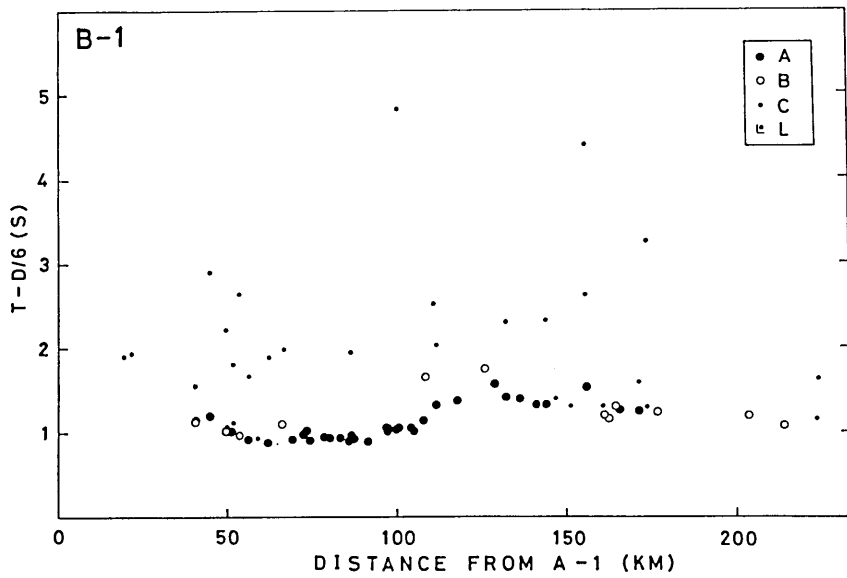
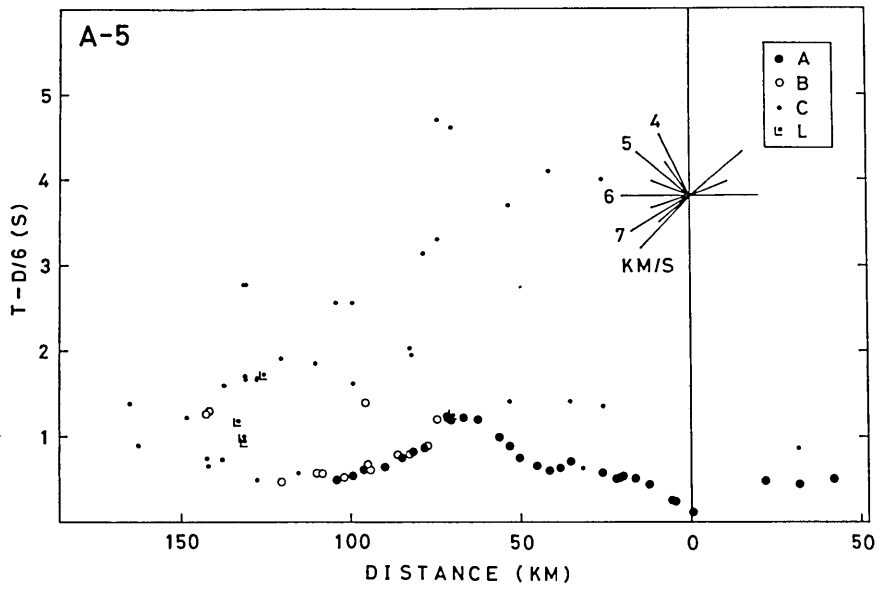


Fig. 4. (continued)

市町村役場；その他観測点所在市町村役場；堀重清，中村善太郎，竹内民太郎，細田時子。
本実験は東京大学地震研究所特別事業費によって実施された。

参 考 文 献

- ASANO, S., K. ICHIKAWA, H. OKADA, S. KUBOTA, H. SUZUKI, M. NOGOSHI, H. WATANABE, K. SEYA, K. NORITOMI and K. TAZIME, 1969a, Explosion seismic observations in the Matsushiro Earthquake Swarm area, *Spec. Rep., Geological Survey of Japan* 5, 3-162.
- ASANO, S., S. KUBOTA, H. OKADA, M. NOGOSHI, H. SUZUKI, K. ICHIKAWA and H. WATANABE, 1969b, Underground structure in the Matsushiro Earthquake Swarm area as derived from explosion seismic data, *Spec. Rep., Geological Survey of Japan* 5, 165-203.
- ASANO, S., S. KUBOTA, H. OKADA, M. NOGOSHI, H. SUZUKI, K. ICHIKAWA and H. WATANABE, 1969c, Explosion seismic studies of the underground structure in the Matsushiro Earthquake Swarm area, *J. Phys. Earth*, 17, 77-90.
- 浅野周三，窪田 将，大竹政和，岡田 広，鈴木貞臣，1970，地震波速度変化について（1）松代地域における実験，1970年地震学会春季大会講演要旨，22，1970。
- 爆破地震動研究グループ，1981，伊豆半島における爆破地震動の観測，（I）三島一下田測線，地震研究所彙報，56，485-534。
- 爆破地震動研究グループ，1982，伊豆半島における爆破地震動の観測，（II）伊東一松崎測線，地震研究所彙報，57，701-738。
- IKAMI, A., T. YOSHII, S. KUBOTA, Y. SASAKI, A. HASEMI, T. MORIYA, H. MIYAMACHI, R.S. MATSU'URA and K. WADA, 1986, A seismic refraction profile in and around Nagano Prefecture, Central Japan, (in preparation).
- OKADA, H., S. SUZUKI and S. ASANO, 1970, Anomalous underground structure in the Matsushiro Earthquake Swarm area as derived from a fan shooting technique, *Bull. Earthq. Res. Inst., Univ. Tokyo*, 48, 811-833.
- SUZUKI, S., 1972, Anomalous attenuation of P-waves in the Matsushiro Earthquake Swarm area, *J. Phys. Earth*, 20, 1-21.

*Explosion Seismic Observation in and around Nagano
Prefecture, Central Japan*

RESEARCH GROUP FOR EXPLOSION SEISMOLOGY

The experiment of explosion seismic observations in and around Nagano Prefecture, under the Japanese Earthquake Prediction program, was conducted in November, 1981 along the profile from Kawanishi, Niigata Prefecture, to Shirakawa, Gifu Prefecture, crossing the Nagano and the Matsumoto basins. The profile includes the 1967 profile, in which the explosion seismic experiment was conducted when the seismic activity of the Matsushiro Earthquake Swarm decreased. Five shot points and about 80 temporary observation stations were arranged along the profile. Another shot point was located to the southeast of the profile. In this paper, an outline of the experiment and some fundamental data such as seismograms and travel times are presented.