

# 1988年爆破地震動観測による伊豆諸島・ 新島火山下の浅部地殻構造

東京大学地震研究所\* 勝俣 啓・卜部 卓  
森谷正義†・中村正夫  
瀬戸憲彦・中村 功  
溝上 恵

## Shallow Crustal Structure in the Island of Nii-jima, Northern Part of Izu-Bonin Island Arc, Japan as Derived from Seismic Observations of Explosions in 1988

Kei KATSUMATA, Taku URABE, Masayoshi MORIYA, Masao NAKAMURA,  
Norihiro SETO, Isao NAKAMURA and Megumi MIZOUE

Earthquake Research Institute, University of Tokyo, Yayoi 1-1-1, Bunkyo-ku, Tokyo-to 113, Japan

(Received July 27, 1990; Accepted December 5, 1990)

Explosion seismic refraction experiments were carried out in 1988 for the investigation of the shallow crustal structure in the volcanic island of Nii-jima, northern part of Izu-Bonin island arc, Japan. One hundred and eight seismograms were obtained at 54 temporary stations aligned on the three profiles arranged like a triangle on the island. The main features of the shallow crustal velocity structure revealed by the travel time analysis are as follows:

- 1) Surfaces of high velocity layers are raised beneath volcanos in the island of Nii-jima.
- 2) The structure mostly consists of three layers with P-wave velocities of 1.9 km/s, 2.8 km/s and 4.5 km/s, respectively.
- 3) A layer with a velocity of 1.5 km/s exists over the 1.9 km/s layer at two explosion sites in shore.
- 4) There is no 1.9 km/s layer beneath Mt. Acchi volcano in the northern part of the island.
- 5) The top of the 2.8 km/s layer is much shallower beneath Mt. Mineji volcano in the central part of the island and beneath Ajiaiso beach in the northwestern part of the island.
- 6) Both top of the 2.8 km/s layer and that of the 4.5 km/s layer are much shallower beneath Mt. Acchi volcano in the northern part of the island.
- 7) The 1.9 km/s layer is thicker beneath the small plain in the central part of the inland, beneath the place between Mt. Mineji and Ajiaiso beach, and beneath Wakago village in the northern part of the island.

Key words: Explosion seismic refraction experiments, Nii-jima, Shallow crustal structure, Travel time analysis, Volcano.

### § 1. はじめに

火山の内部構造探査は次の2点において重要である。

第一に火山の形成過程を知る手がかりが得られること、  
第二に噴火予知のための基礎資料となることである。例  
えば噴火の直前に内部構造に変化が生じるのかどうかと  
いう点を明らかにするためには噴火よりかなり前の状態  
を把握しておく必要がある。また火山性地震の震源を正

\* 〒113 文京区弥生 1-1-1

† 現在、富士通株式会社

確に決定するには地震波速度構造が不可欠である。伊豆諸島北部の火山島・新島では、これまで地震波速度構造は全く調べられていない。そこで我々は、この火山の浅部地殻構造を明らかにすることを目的として爆破地震動観測を実施した。

新島は南北 11 km・東西 2.5 km で複数の単成火山から成り立ち、噴火すれば熱雲・泥流が生じやすい危険な火山島である。北の宮塚山(429 m)と南の向山(301 m)の間は平地である。新島は第 4 紀更新世後半(数万年~10 万年前)に活動が始まったと考えられており、溶岩は流紋岩を多く含む。前回の噴火は向山の 886 年である[気象庁(1984)]が、平地以外は過去の噴火による溶岩でモザイク状に覆われており、活動域はほとんど重複し

ていないのが特徴である。市街地がある平地には噴火の形跡はない。ちなみに新島本村(新島および式根島)の人口は約 3000 人である。

## § 2. 測線及び爆破点

### 2.1 爆破点

Fig. 1 に観測点配置と爆破点の位置等を示す。爆破点は A 測線の北西端のアジア磯(Sp-1)と南東端の羽伏浦(Sp-2)の 2 カ所である。爆破点の選択には漁業権等の問題により制限があった。Sp-1 付近は岩礁で岩質は主に流紋岩である[地質調査所(1987)]。薬量 50 kg のダイナマイトをアジア磯の沖合約 50 m、水深 8.5 m の海底に設置した。羽伏浦は遠浅の砂浜で、薬量 50 kg のダイナマイトを沖合 200 m、水深 11 m の海底に設置した。爆破は Sp-1 と Sp-2 で各 1 回、いずれも 1988 年 10 月 23 日の昼間に行われた。爆破点の位置は島の地形や水深を基にして 2500 分の 1 地形図上に現地でプロットした。爆破点位置の決定精度は ±20 m 程度である。また電線を巻いた雷管を、海底に設置したダイナマイトと同時に爆発させて、電線を通る電流が途絶えた瞬間を爆破時刻とした。爆破時刻の決定精度は 1 ms 以内である。Table 1 に爆破の時刻、位置等を示す。

### 2.2 測線

測線は島の平地を北西から南東方向に横切る A 測線と、宮塚山の北西を南西-北東方向に走る B 測線。それに島の東海岸を南北に走る C 測線の 3 本である(Fig. 1)。A 測線と C 測線の南端付近が重複しており、B 測線の北東端と C 測線の北端も重複している。A 測線は長さ 6.4 km・観測点数 27 点、B 測線は長さ 3.3 km・観測点数 10 点、C 測線は長さ 9 km・観測点数 36 点である。A 測線は尚端に爆破点があり、今回の観測の主測線である。B 測線と C 測線は片測線である。A 測線の観測点間隔は平均約 200 m、B 測線および C 測線は平均約 300 m である。観測点の位置は地形や構造物を基にして 2500 分の 1 地形図上に現地でプロットした。観測点位置の決定精度は ±10 m 程度である。使用した地震計はいずれも上下動で、L-28LBV(固有振動数 4.5 Hz、MARK PRODUCTS 社製)、L-22D(固有振動数 2 Hz、MARK PRODUCTS 社製)、GSC-11D(固有振動数 4.5 Hz、

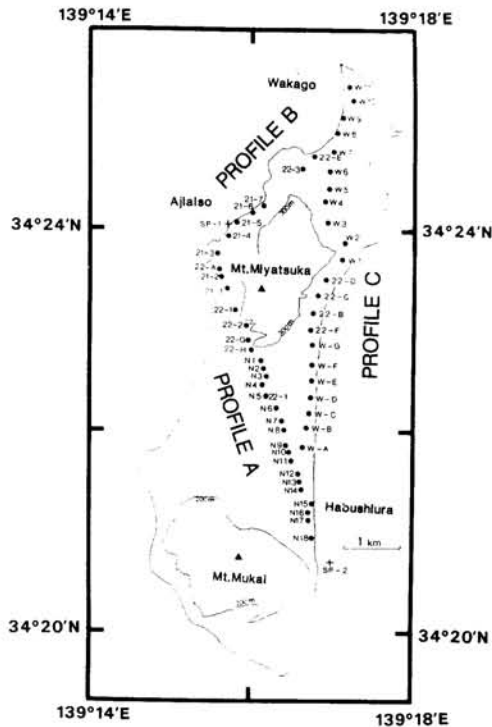


Fig. 1. Locations of shots and observation points. Plus signs indicate shot points at Ajiaiso (Sp-1) and Habushihura (Sp-2). Solid circles are observation points along the profile A, the profile B and the profile C.

Table 1. Shot times, charge sizes and location of shot points. Sp-1, Ajiaiso; Sp-2, Habushihura.

Name	Shot time						Charge kg	Lat. (N)			Long. (E)			Depth m
	Y	M	D	H	M	S		°	'	"	°	'	"	
Sp-1	1988	10	23	11	02	0.403	50	34	24	2.2	139	15	45.0	8.5
Sp-2	1988	10	23	14	02	0.145	50	34	20	44.2	139	16	56.2	11.0

Table 2. Locations of observation points. A, main profile; B, sub profile; C, sub profile (see Fig. 1).

No.	Name	Prof.	Location						Altitude
			Lat. (N)			Long. (E)			
1	21-1	A	34°	23′	25.3″	139°	15′	45.4″	50 m
2	21-2	A	34	23	31.6	139	15	41.2	150
3	21-3	A	34	23	45.7	139	15	38.2	100
4	21-4	A	34	23	56.1	139	15	45.8	5
5	21-5	B	34	24	3.6	139	15	51.4	5
6	21-6	B	34	24	9.0	139	16	2.0	5
7	21-7	B	34	24	13.3	139	16	10.2	5
8	22-1	A	34	23	12.7	139	15	50.1	170
9	22-2	A	34	23	3.1	139	15	58.4	250
10	22-3	B	34	24	33.9	139	16	37.3	40
11	22-A	A	34	23	36.6	139	15	39.5	145
12	22-B	C	34	23	10.8	139	16	45.1	60
13	22-C	C	34	23	21.1	139	16	48.2	75
14	22-D	C	34	23	29.8	139	16	54.2	95
15	22-E	B C	34	24	41.4	139	16	45.3	30
16	22-F	C	34	23	0.4	139	16	43.2	40
17	22-G	A	34	22	54.7	139	15	59.4	260
18	22-H	A	34	22	49.0	139	16	1.4	240
19	22-I	A	34	22	22.4	139	16	11.8	125
20	W-1	C	34	23	41.4	139	17	4.9	115
21	W-2	C	34	23	51.3	139	17	7.2	151
22	W-3	C	34	24	3.1	139	16	55.2	165
23	W-4	C	34	24	15.1	139	16	53.3	100
24	W-5	C	34	24	22.6	139	16	55.8	75
25	W-6	C	34	24	32.7	139	16	56.4	55
26	W-7	B C	34	24	43.7	139	16	59.0	55
27	W-8	B C	34	24	54.4	139	17	1.3	20
28	W-9	B C	34	25	3.8	139	17	5.1	15
29	W-10	B C	34	25	13.6	139	17	12.5	20
30	W-11	B C	34	25	22.0	139	17	9.3	90
31	W-A	C	34	21	52.1	139	16	37.7	30
32	W-B	C	34	22	3.2	139	16	40.4	26
33	W-C	C	34	22	11.9	139	16	42.0	19
34	W-D	C	34	22	20.3	139	16	43.2	14
35	W-E	C	34	22	30.2	139	16	43.8	8
36	W-F	C	34	22	39.9	139	16	44.1	8
37	W-G	C	34	22	52.0	139	16	44.1	13
38	N-1	A	34	22	42.4	139	16	8.1	192
39	N-2	A	34	22	37.8	139	16	10.0	185
40	N-3	A	34	22	33.3	139	16	12.5	175
41	N-4	A	34	22	28.2	139	16	9.6	152
42	N-5	A	34	22	22.3	139	16	11.8	125
43	N-6	A	34	22	15.0	139	16	19.5	30
44	N-7	A C	34	22	7.7	139	16	23.0	30
45	N-8	A C	34	22	2.4	139	16	25.1	30
46	N-9	A C	34	21	53.5	139	16	26.2	30
47	N-10	A C	34	21	49.2	139	16	28.3	32
48	N-11	A C	34	21	44.1	139	16	29.5	33
49	N-12	A C	34	21	37.0	139	16	34.5	36
50	N-13	A C	34	21	32.1	139	16	35.7	37
51	N-14	A C	34	21	27.3	139	16	37.1	38
52	N-15	A C	34	21	19.0	139	16	43.9	2
53	N-16	A C	34	21	14.1	139	16	41.5	2
54	N-17	A C	34	21	9.2	139	16	41.5	2
55	N-18	A C	34	20	58.8	139	16	44.0	2

GEOSPACE社製の3種類である。Table 2に観測点の位置等を示す。

### § 3. 観測結果

センサーからの信号はDR（アナログ直接記録）による連続記録方式またはFM方式またはFM-FDM方式〔瀬戸（1986）〕のレコーダーで磁気テープに記録された。

Table 3. Quality of data, sensors, recording systems, time tones and observers. Accuracy of the data are, A: within  $\pm 0.01$  s, B: within  $\pm 0.03$  s, C: within  $\pm 0.1$  s, and L: first onset is prior to the reading. The name of deployed sensors are, L28: L-28LBV, L22: L-22D, and 11D: GSC-11D. Recorders are, ERI-TKY: T. Urabe; K. Nakamura; K. Katsumata and M. Moriya; ERI-WKY: M. Nakamura and N. Seto; NGP: Nippon Geophysical Prospecting Co., Ltd.

No.	Name	Observed Data		Sensor	Recorder	Time	Obs.
		S-1	S-2				
1	21-1	A	B	L28	DR	NHK	ERI-TKY
2	21-2	A	A	L28	DR	NHK	ERI-TKY
3	21-3	A	C	L28	DR	NHK	ERI-TKY
4	21-4	A	B	L28	DR	NHK	ERI-TKY
5	21-5	A	—	L28	DR	NHK	ERI-TKY
6	21-6	A	—	L28	DR	NHK	ERI-TKY
7	21-7	A	—	L28	DR	NHK	ERI-TKY
8	22-1	A	B	L28	DR	NHK	ERI-TKY
9	22-2	A	B	L28	DR	NHK	ERI-TKY
10	22-3	B	—	L28	DR	NHK	ERI-TKY
11	22-A	B	B	L28	DR	NHK	ERI-TKY
12	22-B	—	—	L28	DR	NHK	ERI-TKY
13	22-C	—	B	L28	DR	NHK	ERI-TKY
14	22-D	—	L	L28	DR	NHK	ERI-TKY
15	22-E	A	C	L28	DR	NHK	ERI-TKY
16	22-F	—	—	L28	DR	NHK	ERI-TKY
17	22-G	A	B	L28	DR	NHK	ERI-TKY
18	22-H	B	A	L28	DR	NHK	ERI-TKY
19	22-I	—	—	L28	DR	NHK	ERI-TKY
20	W-1	—	B	11D	FM	—	ERI-WKY
21	W-2	—	B	11D	FM	—	ERI-WKY
22	W-3	—	C	11D	FM	—	ERI-WKY
23	W-4	—	B	11D	FM	—	ERI-WKY
24	W-5	—	B	11D	FM	—	ERI-WKY
25	W-6	—	A	11D	FM	—	ERI-WKY
26	W-7	B	C	11D	FM	—	ERI-WKY
27	W-8	A	—	11D	FM	—	ERI-WKY
28	W-9	A	—	11D	FM	—	ERI-WKY
29	W-10	A	—	11D	FM	—	ERI-WKY
30	W-11	A	—	11D	FM	—	ERI-WKY
31	W-A	—	C	L22	FM, FDM	JJY	ERI-WKY
32	W-B	—	A	L22	FM, FDM	JJY	ERI-WKY
33	W-C	—	C	L22	FM, FDM	JJY	ERI-WKY
34	W-D	—	A	L22	FM, FDM	JJY	ERI-WKY
35	W-E	—	A	L22	FM, FDM	JJY	ERI-WKY
36	W-F	—	C	L22	FM, FDM	JJY	ERI-WKY
37	W-G	—	A	L22	FM, FDM	JJY	ERI-WKY
38	N-1	B	C	11D	FM	JJY	NGP
39	N-2	B	C	11D	FM	JJY	NGP
40	N-3	B	B	11D	FM	JJY	NGP
41	N-4	B	A	11D	FM	JJY	NGP
42	N-5	C	C	11D	FM	JJY	NGP
43	N-6	—	C	11D	FM	JJY	NGP
44	N-7	C	A	11D	FM	JJY	NGP
45	N-8	C	A	11D	FM	JJY	NGP
46	N-9	C	A	11D	FM	JJY	NGP
47	N-10	C	B	11D	FM	JJY	NGP
48	N-11	C	A	11D	FM	JJY	NGP
49	N-12	C	A	11D	FM	JJY	NGP
50	N-13	C	A	11D	FM	JJY	NGP
51	N-14	C	A	11D	FM	JJY	NGP
52	N-15	C	A	11D	FM	JJY	NGP
53	N-16	C	A	11D	FM	JJY	NGP
54	N-17	C	A	11D	FM	JJY	NGP
55	N-18	C	A	11D	FM	JJY	NGP

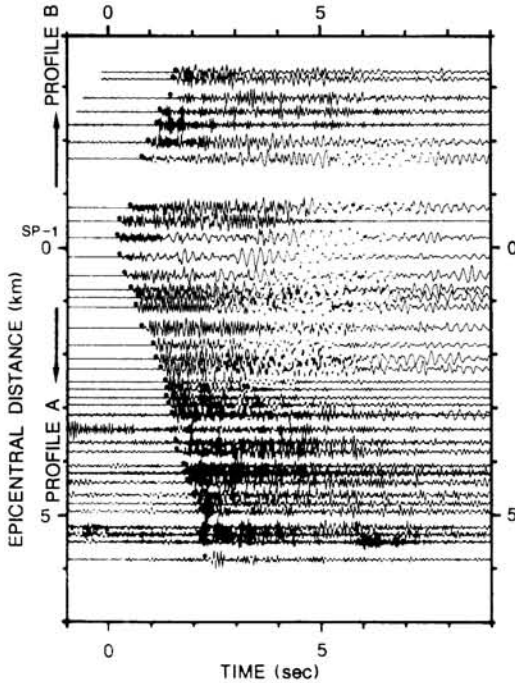


Fig. 2. Record section of the Ajiaino explosion (Sp-1) along the profile A and the profile B in Fig. 1. Solid circles indicate first arrivals.

記録波形は150~200 HzのサンプリングレートでAD変換され、パソコン(NEC, PC-9801)上で処理された。DR連続記録方式のレコーダーの場合はタイムコードジェネレーター(TCG)によって時刻を決定した。TCGに対する時刻補正はNHKのラジオ第一放送の時報を基準にして毎3時に行った。FMおよびFM-FDM方式のレコーダーの場合はJYYにより時刻を決定した。時刻精度は、DR方式の場合50 msec以内、FMおよびFM-FDM方式の場合10 msec以内である。Table 3に各観測点の記録方式、時刻の校正方法、地震計の種類および設置担当者等を示す。Fig. 2~4は各測線のレコードセクションである。Fig. 2はSp-1での爆破をA測線とB測線で観測したもの、Fig. 3はSp-2での爆破をA測線で観測したもの、Fig. 4はSp-2での爆破をC測線で観測したものである。

各々の観測点で得られた記録から、初動および後続波の到着時を読み取った。Table 4~6に2回つ爆破で得られた走時を示す。

#### § 4. 解析と結果

両端に爆破点があるA測線の場合は、まずはき取り法によっておおまかな構造モデルを求めた(Fig. 5)。は

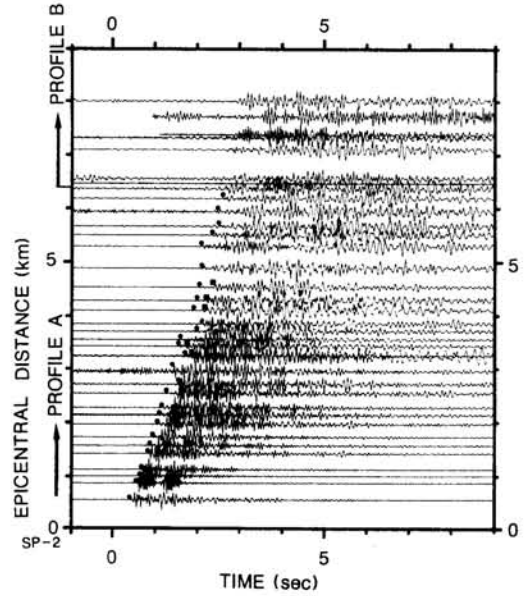


Fig. 3. Record section of the Habushiura explosion (Sp-2) along the profile A and the profile B in Fig. 1. Solid circles and solid squares indicate first arrivals and later arrivals, respectively. Note that the profile B is not on the extension of the profile A.

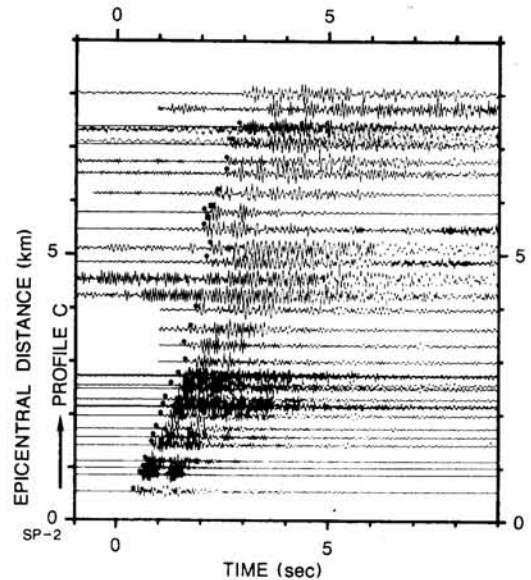


Fig. 4. Record section of the Habushiura explosion (Sp-2) along the profile C in Fig. 1. Symbols are the same as in Fig. 3.

き取り法によって求められた速度は、第一層が1.7~2.1 km/s、第二層が2.7~2.9 km/sである。その後波線追跡を行って理論走時を計算し、観測走時に合うようにモ

Table 4. Travel time data along the profile A and the profile B for the Sp-1 explosion. A, B, C, L: Quality of data (see footnotes in Table 3).

No.	Name	Shot Distance km	D/3 sec	First Arrival		Later Arrival	
				T1 sec	T1-D/3 sec	T2 sec	T2-D/3 sec
4	21-4	0.19	0.06	0.22 A	0.16		
3	21-3	0.54	0.18	0.32 A	0.14		
11	22-A	0.80	0.27	0.43 B	0.16		
2	21-2	0.95	0.32	0.67 A	0.35		
1	21-1	1.13	0.38	0.55 A	0.17		
8	22-1	1.52	0.51	0.73 A	0.22		
9	22-2	1.85	0.62	0.97 A	0.35		
17	22-G	2.11	0.70	1.07 A	0.37		
18	22-H	2.29	0.76	1.15 B	0.39		
38	N-1	2.53	0.84	1.28 B	0.44		
39	N-2	2.67	0.89	1.28 B	0.39		
40	N-3	2.83	0.94	1.33 B	0.39		
41	N-4	2.96	0.99	1.35 B	0.36		
42	N-5	3.15	1.05	1.39 C	0.34		
43	N-6	3.42	1.14				
44	N-7	3.66	1.22	1.53 C	0.31		
45	N-8	3.83	1.28	1.60 C	0.32		
46	N-9	4.10	1.37	1.74 C	0.37		
47	N-10	4.24	1.41	1.77 C	0.36		
48	N-11	4.41	1.47	1.84 C	0.37		
49	N-12	4.64	1.55	1.96 C	0.41		
50	N-13	4.80	1.60	2.10 C	0.50		
51	N-14	4.95	1.65	2.16 C	0.51		
52	N-15	5.25	1.75	2.18 C	0.43		
53	N-16	5.38	1.79	2.07 C	0.28		
54	N-17	5.52	1.84	2.19 C	0.35		
55	N-18	5.84	1.95	2.21 C	0.26		
5	21-5	0.17	0.06	0.22 A	0.16		
6	21-6	0.48	0.16	0.25 A	0.09		
7	21-7	0.73	0.24	0.52 A	0.28		
10	22-3	1.65	0.55	0.78 B	0.23		
15	22-E	1.95	0.65	0.93 A	0.28		
26	W-7	2.28	0.76	1.18 B	0.42		
27	W-8	2.53	0.84	1.25 A	0.41		
28	W-9	2.79	0.93	1.37 A	0.44		
29	W-10	3.14	1.05	1.54 A	0.49		
30	W-11	3.27	1.09	1.58 A	0.49		

デルを逐次的に修正して行った。片測線の B 測線および C 測線では、A 測線で得られた構造を参考にして作った初期モデルを波線追跡法によって逐次的に修正して行った。なお計算プログラムの都合で各層内の速度は一定とした。ある測線において観測された初動および後続相の観測走時の内、理論走時との差が±0.1 秒以内のもの数と観測走時の総数との比を合致率と定義する。観測走時を以下の測線毎の説明にあるように解釈した場合、A 測線の合致率は Sp-1 での爆破で 90% (観測走時 26 個中 23 個)、Sp-2 での爆破で 88% (観測走時 33 個中 29

個)である。今回得られたモデルの他にもいくつかのモデルを検討してみたが、いずれも合致率が 80% よりは低かった。

Fig. 6~8 は初動と後続波の観測走時と波線追跡による理論走時および波線を表している。Fig. 6 は Sp-1 での爆破を A 測線と B 測線で観測したもの、Fig. 7 は Sp-2 での爆破を A 測線で観測したもの、Fig. 8 は Sp-2 での爆破を C 測線で観測したものである。

#### 4.1 A 測線

地震波速度構造は Sp-2 付近で 3 層、それ以外の場所

Table 5. Travel time data along the profile A for the Sp-2 explosion. A, B, C, L: Quality of data (see footnotes in Table 3).

No.	Name	Shot Distance km	D/3 sec	First Arrival		Later Arrival	
				T1 sec	T1-D/3 sec	T2 sec	T2-D/3 sec
55	N-18	0.55	0.18	0.43 A	0.25		
54	N-17	0.86	0.29	0.57 A	0.28		
53	N-16	1.00	0.33	0.64 A	0.31		
52	N-15	1.12	0.37	0.70 A	0.33		
51	N-14	1.42	0.47	0.84 A	0.37		
50	N-13	1.57	0.52	0.87 A	0.35		
49	N-12	1.72	0.57	0.93 A	0.36		
48	N-11	1.96	0.65	1.03 A	0.38		
47	N-10	2.13	0.71	1.12 B	0.41		
31	W-A	2.15	0.72	1.29 L	0.57		
46	N-9	2.27	0.76	1.18 A	0.42		
45	N-8	2.54	0.85	1.20 A	0.35		
44	N-7	2.71	0.90	1.53 A	0.63		
43	N-6	2.95	0.98	1.46 C	0.47		
42	N-5	3.24	1.08	1.63 B	0.55	1.79 B	0.71
41	N-4	3.42	1.14	1.50 A	0.36	1.73 B	0.59
40	N-3	3.54	1.18	1.56 B	0.38		
39	N-2	3.70	1.23	1.99 C	0.76		
38	N-1	3.84	1.28	2.06 C	0.78		
18	22-H	4.09	1.36	1.88 A	0.52	2.14 B	0.78
17	22-G	4.28	1.43	1.96 B	0.53	2.24 B	0.81
9	22-2	4.53	1.51	2.03 B	0.52	2.36 B	0.85
8	22-1	4.88	1.63	2.10 B	0.47		
1	21-1	5.29	1.76	2.14 B	0.38		
2	21-2	5.50	1.83	2.39 A	0.56		
11	22-A	5.66	1.89	2.44 B	0.55		
3	21-3	5.94	1.98	2.43 C	0.45		
4	21-4	6.18	2.06	2.56 B	0.50		

て2層となっている (Fig. 9a)。爆破点付近は Sp-1, Sp-2 共に 1.5 km/s の表層があり、厚さは Sp-1 で約 0.07 km, Sp-2 で約 0.3 km である。この層からの波は海岸付近以外では初動に現れていない。Sp-2 付近では 1.5 km/s 層の下に 1.9 km/s の第2層がある。それ以外の場所では 1.5 km/s 層があるかどうかは分からないので 1.9 km/s 層が表層であると仮定した。Sp-2 付近の第3層と Sp-2 以外の場所の第2層は、2.8 km/s 層である。正逆両測線共に爆破点から約 1 km 以上離れた観測点では 2.8 km/s 層からの波が初動であると解釈した。Sp-2 の爆破では距離 3 km 以上の 5 観測点で顕著な後続相 (Fig. 7a の□印) が観測された。2.8 km/s 層の上には測線のはは中央を軸とする線対称な凹凸があり、峰路山と Sp-1, Sp-2 両爆破点付近は凸部となっている。Sp-2 付近の 2.8 km/s 層上面は深さ約 0.3 km であるが、島内に向かって傾斜角約 25° で急激に深くなり市街地がある平地の下では約 0.8 km である。Sp-2 の爆破で観測さ

れた 3 km 以遠の後続相は、2.8 km/s 層内を伝播してきた波がこの斜面で 1.9 km/s 層に入射し、到達したものであると解釈した。2.8 km/s 層上面は平地から峰路山にかけては傾斜角平均 15° で盛り上がって約 0.3 km になり、さらに後方で再び傾斜角約 25° で急激に深くなり約 0.6 km に達する。ここから Sp-1 にかけては傾斜角約 20° で浅くなり爆破点付近では 0.07 km である。Sp-1 付近では 1.5 km/s 層の下に 1.9 km/s 層が存在しておらず、すぐに 2.8 km/s 層となっている。

#### 4.2 B 測線

片測線なので構造は一意には決まらないが、A 測線で得られた各層の速度値と B 測線の各層の速度値が等しいと仮定した。従って表層の速度は 1.9 km/s で、第2層の速度は 2.8 km/s と仮定した (Fig. 9a)。波線追跡法により、第2層上面の深さを決めた。

第2層の上面は Sp-1 から遠くなるにしたがい深くなっている。Sp-1 付近で深さ 0.07 km まで浅くなって

Table 6. Travel time data along the profile C for the Sp-2 explosion. A, B, C, L: Quality of data (see footnotes in Table 3).

No.	Name	Shot Distance km	D/3 sec	First Arrival		Later Arrival	
				T1 sec	T1-D/3 sec	T2 sec	T2-D/3 sec
55	N-18	0.55	0.18	0.43 A	0.25		
54	N-17	0.86	0.29	0.57 A	0.28		
53	N-16	1.00	0.33	0.64 A	0.31		
52	N-15	1.12	0.37	0.70 A	0.33		
51	N-14	1.42	0.47	0.84 A	0.37		
50	N-13	1.57	0.52	0.87 A	0.35		
49	N-12	1.72	0.57	0.93 A	0.36		
48	N-11	1.96	0.65	1.03 A	0.38		
47	N-10	2.13	0.71	1.12 B	0.41		
31	W-A	2.15	0.72	1.29 L	0.57		
46	N-9	2.27	0.76	1.18 A	0.42		
32	W-N	2.47					
45	N-8	2.54	0.85	1.20 A	0.35		
44	N-7	2.71	0.90	1.53 A	0.63		
33	W-C	2.73	0.91	1.42 C	0.51		
34	W-D	2.98	0.99	1.62 A	0.63		
35	W-E	3.29	1.10	1.56 A	0.46		
36	W-F	3.59	1.20	1.72 C	0.52		
37	W-G	3.95	1.32	1.84 A	0.52		
16	22-F	4.22	1.41				
12	22-B	4.52	1.51				
13	22-C	4.84	1.61	2.10 B	0.49		
14	22-D	5.10	1.70	2.19 L	0.49		
20	W-1	5.46	1.82	2.03 B	0.21	2.09 B	0.27
21	W-2	5.77	1.92	2.07 B	0.15	2.23 B	0.31
22	W-3	6.12	2.04	2.35 C	0.31		
23	W-4	6.50	2.17	2.59 B	0.42		
24	W-5	6.72	2.24	2.64 B	0.40		
25	W-6	7.04	2.35	2.86 A	0.51		
10	22-3	7.09	2.36				
15	22-E	7.31	2.44	2.82 C	0.38		
26	W-7	7.38	2.46	2.91 C	0.45		
27	W-8	7.71	2.57				
28	W-9	8.00	2.67				
29	W-10	8.31	2.77	2.85 C	0.08		
30	W-11	8.56	2.85	2.90 B	0.05		

いる第2層上面は、傾斜角約 $20^\circ$ で0.8km付近まで深くなり、その後傾斜は緩やかになり傾斜角約 $5^\circ$ で深さ1 kmに達する。A測線とあわせて見ると、2.8 km/s層がSp-1付近で盛り上がっていることがよく分かる。

#### 4.3 C測線

この測線の速度構造をFig. 9bに示した。

片測線なので構造は一意には決まらないが、B測線と同様にして各層の地震波速度を仮定した。また2.8 km/s層上面の形状は、測線の北部はB測線と同じであると仮定し、その他の部分はA測線と同じであると仮定し

た。以上のような初期モデルから出発して波線追跡法によりモデルの逐次修正を行った。

表層の速度は、Sp-2付近で1.5 km/s、北部の阿土山付近で2.8 km/s、それ以外の所は1.9 km/sである。阿土山付近は1.9 km/s層が存在しておらず、1.9 km/s層の下にある2.8 km/s層が大きく盛り上がり地表に達しているモデルを得た。距離1 km付近から5 km付近の観測点までは2.8 km/s層からの波が初動であると解釈した。またW-1, W-2, W-10 およびW-11では2.8 km/s層より下の4.5 km/s層からの波が初動であり、



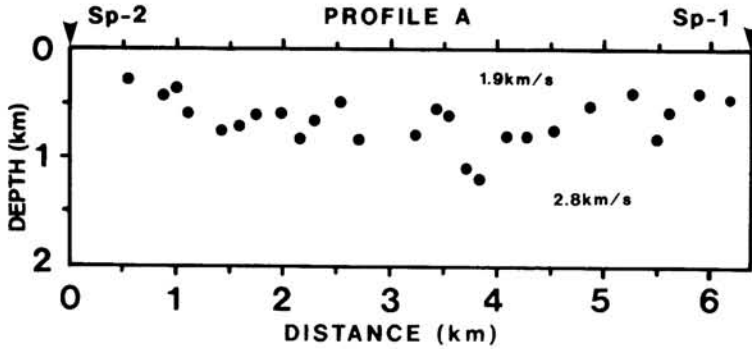


Fig. 5. A preliminary model for the compressional wave velocity along the profile A obtained by a method of differences.

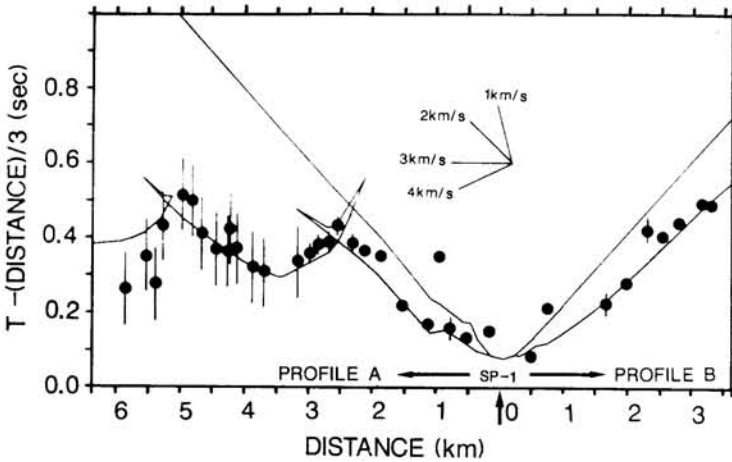


Fig. 6(a).

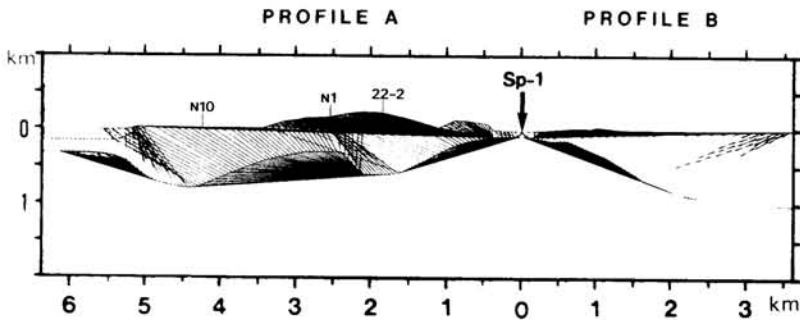


Fig. 6(b).

Fig. 6. (a) Observed and calculated travel time plots for the Ajiiso explosion (Sp-1) along the profile A and the profile B. Note that profile B is not on the extension of the profile A. Solid circles with error bars are observed travel times and solid profiles are calculated travel time curves. A bold arrow indicates a shot point. (b) A plot of the ray paths computed for the model shown in Fig. 9a. No velocity gradient in each layer was assumed.

それ以外の5 km 以遠の観測点では2.8 km/s層からの波が初動であると解釈した

Sp-2 からの距離2 km 付近までの2.8 km/s層上面の

形状はA 測線と共通である。1.9 km/s層が0.8 km と厚くなっている所から、すなわち2.8 km/s層上面が深くなっている所から、2.8 km/s層上面は北に向かって

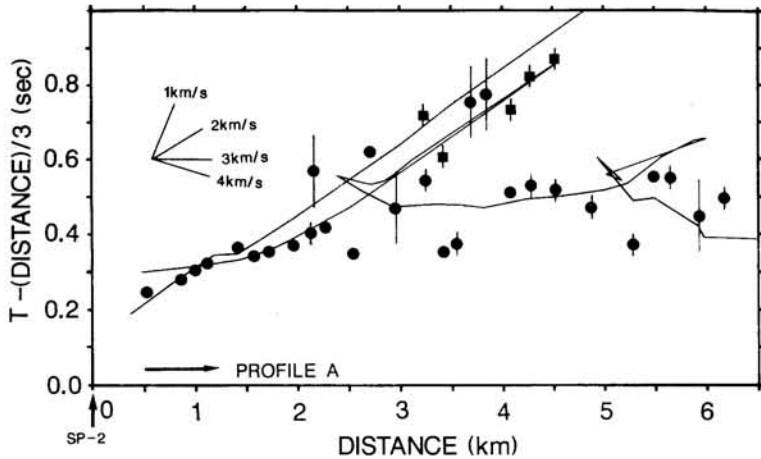


Fig. 7(a).

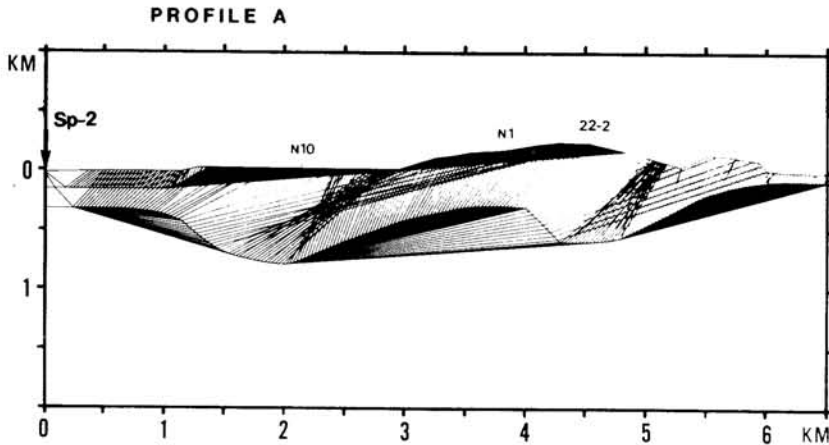


Fig. 7(b).

Fig. 7. (a) Observed and calculated travel time plots for the Habushiura explosion (Sp-2) along the profile A. Symbols are the same as in Fig. 6. Closed squares indicate a later phase. (b) A plot of the ray paths computed for the model shown in Fig. 9a. No velocity gradient in each layer was assumed.

傾斜角約  $20^\circ$  で浅くなり約  $0.4$  km に達する。そこから阿土山の手前までほとんど起伏がなく深さに変化がみられないが、阿土山の下では傾斜角約  $30^\circ$  で急激に浅くなり地表に出る。阿土山を過ぎると再び  $1.9$  km/s 層が厚くなる。

Sp-2 から距離  $4$  km 付近までの  $4.5$  km/s 層上面の深さは約  $1.5$  km とした。この部分は初動に現れておらず、後続相もはっきりしないので面の形状は分からない。阿土山の下では傾斜角平均  $25^\circ$  で約  $0.8$  km 盛り上げたが、これは阿土山付近に設置した2つの観測点のデータを説明するためである。 $4.5$  km/s 層からの波が初動になると期待される観測点は Sp-2 からの距離が  $5$  km 以上の合計  $12$  点であるが、実際に初動として観測された

のは4点のみである。その他の点での初動は  $2.8$  km/s 層内を伝播して来た波だと思われる。 $4.5$  km/s 層からの波が観測されなかったのは  $4.5$  km/s 層が盛り上がっているために地震波エネルギーの散逸が起こったこと、ノイズレベルが高く S/N 比が悪かったことによると思われる。

## § 5. 議 論

今回の爆破地震動観測によって得られた伊豆諸島・新島の浅部地震波速度構造は表層の地質 [地質調査所 (1987)] とよく対応している。Fig. 9c に流紋岩溶岩の分布を示す。以下に4例を示すように、火山活動により地殻内物質を噴出した火口付近、特に溶岩円頂丘の下では

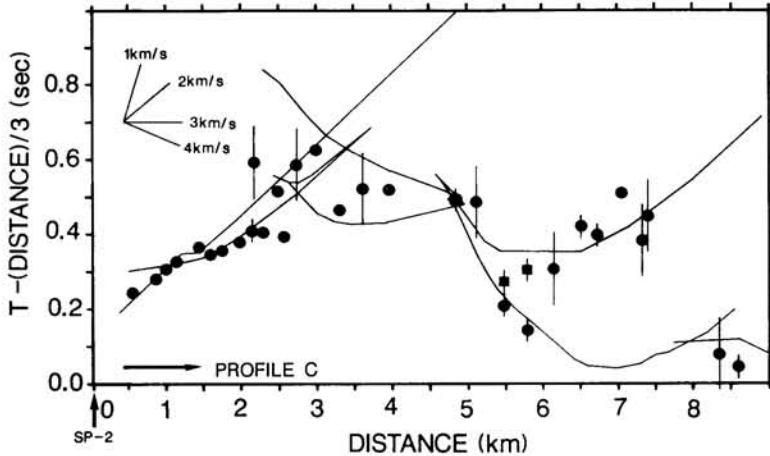


Fig. 8(a).

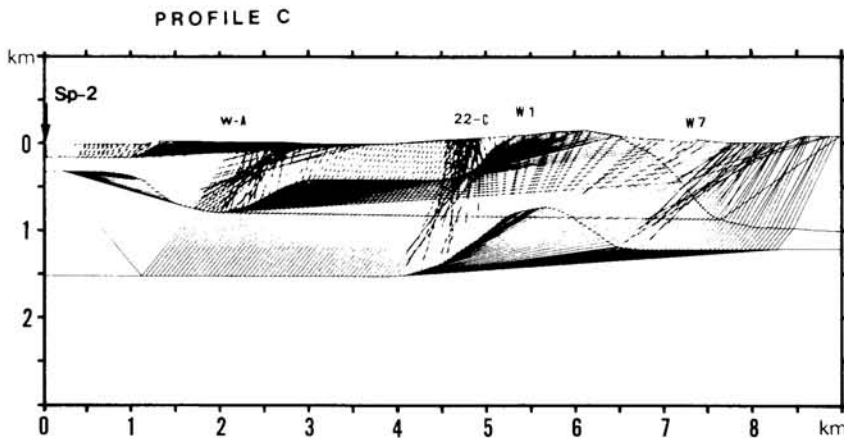


Fig. 8(b).

Fig. 8. (a) Observed and calculated travel time plots for the Habushiura explosion along the profile C. Symbols are the same as in Fig. 6. Closed squares indicate a later phase. (b) A plot of the ray paths computed for the model shown in Fig. 9b. No velocity gradient in each layer was assumed.

高速度層が大きく盛り上がっていることが判明した。(1) A 測線の N1 付近は南北及び東西径ともに 1km, 平面形がほぼ四角, 厚さ 100 m の低平な溶岩円頂丘である [地質調査所 (1987)]. この部分は峰路山火山と呼ばれている。今回得られた結果によると峰路山火山の下では 2.8 km/s 層が盛り上がっている。(2) C 測線の W1 付近は南北径 1.3 km, 東西径 1.1 km, 平面形は長円, 厚さ約 150 m の溶岩円頂丘である [地質調査所 (1987)]. この部分は阿土山火山と呼ばれている。今回得られた結果によると阿土山火山の下では 1.9 km/s 層がなく, 2.8 km/s 層および 4.5 km/s 層が大きく盛り上がっている。(3) アジア磯爆破点付近の海食崖には流紋岩溶岩が露出しており, 南北 1.5 km, 東西 1 km, 平面形が長円, 海面上の厚さが約 100 m の溶岩円頂丘と推定される [地

質調査所 (1987)]. この部分は大磯火山と呼ばれている。今回得られた結果によると大磯火山の下では 1.9 km/s 層がなく, 2.8 km/s 層が盛り上がっている。(4) 新島の南半部を構成する火砕サージ堆積物・火砕丘及び溶岩円頂丘を向山火山と呼ぶ。山頂火口は少なくとも 5 個あり, 北西-南東に配列している。東部の亀見森にある火口は火口縁を 1978 年現在 130 m 以上も海食されている。亀見森火口からは溶岩の流出はなく, 軽石質火山灰や火山岩塊を噴出した [地質調査所 (1987)]. Sp-2 はこの火口の極めて近くに位置している。今回得られた結果によると Sp-2 では 2.8 km/s 層が約 0.3 km の深さまで盛り上がっている。

逆に高速度層の盛り上がりが見られない場所では溶岩円頂丘が形成されていないことも分かった。以下に 2 例

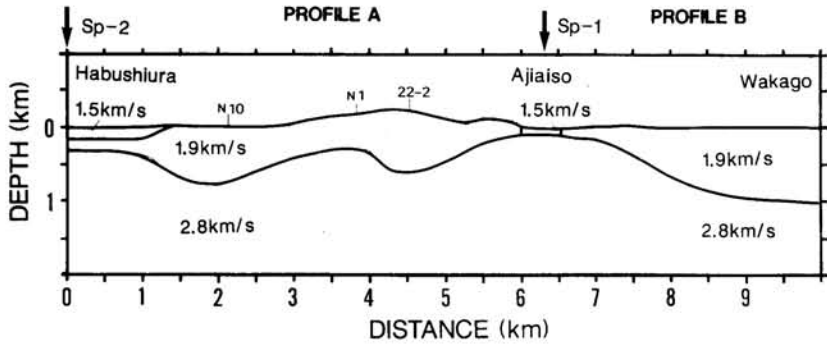


Fig. 9(a).

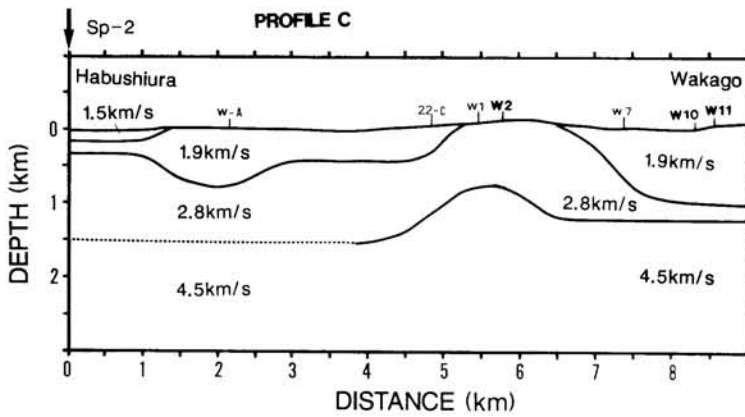


Fig. 9(b).

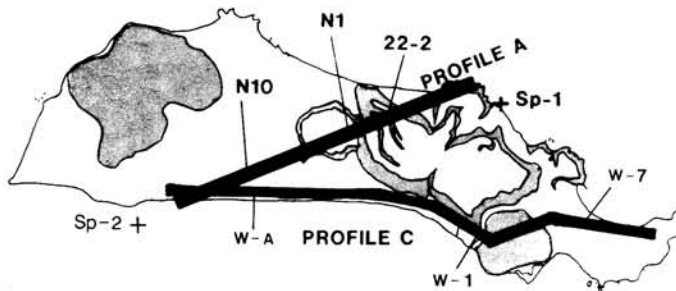


Fig. 9(c).

Fig. 9. (a) A shallow crustal model for the compressional wave velocity along the profile A and the profile B. Note that profile B is not on the extension of the profile A. The surface of the second layer gets shallower beneath the station N1 and beneath the Ajiaino explosion point. This corresponds to past volcanic activities. (b) A shallow crustal model for the compressional wave velocity along the profile C. The surfaces of the second layer and the third layer gets shallower beneath the station W1. This corresponds to past volcanic activities. (c) Shaded areas and bold profiles indicate rhyolite lava and the profiles, respectively.

を示す。(1) A 測線の N10 付近では、向山火山からの火砕サージ堆積物が現海面からの高さ約 100 m のフライパンを伏せたような低平な丘を形成している [地質調査所 (1987)]。今回得られた結果によるとこの堆積物の下

では 1.9 km/s 層が厚さ 500 m 以上存在していて、2.8 km/s 層の盛り上がりは見られない。(2) 22-2 付近には赤崎峰火山の溶岩が存在するが、溶岩の流出口は溶岩円頂丘の北東部にあつて、南西方向に多少流下したものと

推定される [地質調査所(1987)]. したがって A 測線は溶岩の流出口付近を通過していないことになる. 今回得られた結果によると 22-2 付近の 1.9 km/s 層は厚さ約 500 m あり, 2.8 km/s 層の盛り上がりは見られない.

これら溶岩円頂丘や火口の下に見られる高速度層の盛り上がり原因としては火山活動に際してのマグマの貫入が考えられる. 乾燥した花崗岩の P 波速度は封圧が 0~100 MPa の場合, 3~6 km/s である [NUR and SIMMONS (1969)]. 流紋岩は花崗岩と組成がほとんど等しいので, 新島の場合は深さ 0~数 km において流紋岩の P 波速度は 3~6 km/s だと思われる. 従って 2.8 km/s 層の盛り上がり一本の太い貫入岩に対応するとするならば, 2.8 km/s という値は遅すぎる. マグマの貫入路が幾つかに分かれていて, 屈折法で求められる火山の直下全体を平均した速度はマグマそのものの速度より遅くなっていると解釈が成り立つ. 火山直下に貫入したマグマの一部は溶岩や火砕物として噴出し溶岩円頂丘や火砕丘を形成したが, 大部分は地下数 100 m で冷えて固結した. この固結したマグマの痕跡が速度不連続面の盛り上がりとして観測されたと考えられる. したがって峰路山や Sp-1, 阿土山等と同規模の火山活動の発生を想定すると, 溶岩円頂丘を形成するような激しい溶岩の噴出が起こるかなり前に, 微小地震の増大・地震波速度構造の変化・地震波の減衰の増大・地殻の隆起および地磁気全磁力成分の低下等の前兆現象が現れる可能性がある.

今後は新島付近の地下に溶融体が存在するのか, 存在するとすれば位置・広がりほどの程度か調査する必要がある. これは新島火山の活動状況を把握するために重要である. 具体的には海底地震計を利用して測線を海域にも延長し, 反射法探査を行うことが有効であろう. 今回得られた構造は各層内で速度一定と仮定しているが速度勾配を入れたモデルも考えられる. より長距離の測線上に発震点および観測点を密に配置し, 屈折法探査を行うことにより, 更に詳細な構造が求められるであろう. また今回得られたモデルの妥当性を評価するために高密度の重力測定を実施し, 比較・検討する必要がある.

## § 6. ま と め

爆破地震動の観測から, 伊豆諸島・新島の浅部地殻構造が以下のように明らかとなった.

1. Sp-1 及び Sp-2 付近以外では, 深さ約 0~1 km までが第 1 層で速度は 1.9 km/s, 約 0~1.5 km までが第 2 層で 2.8 km/s, 約 1.5 km 以深が第 3 層で 4.5 km/s である.
2. Sp-1 と Sp-2 付近では厚さ 70~300 m の 1.5 km/s 層が 1.9 km/s 層の上に存在する. 他の場所に 1.5 km/s 層が存在するかどうかは分からない.
3. 阿土山付近には 1.9 km/s 層が存在しない.
4. 峰路山, Sp-1 の下では 2.8 km/s 層が大きく盛り上がっている. 阿土山の下では 2.8 km/s 層と 4.5 km/s 層が大きく盛り上がっている.
5. 市街地がある平地, 峰路山と Sp-1 の間および若郷の下では 1.9 km/s 層が他の部分に比べて厚い.

更に, 速度構造と地質図との比較によって, 2.8 km/s 層および 4.5 km/s 層が大きく盛り上がっている場所は過去に活動した火山に対応していることが分かった.

今後は, より長距離の測線で人工地震の観測を実施し, 新島火山のより深部の構造を求めることや, 高密度重力測定を実施し, 速度構造モデルの任意性を小さくすること等が望まれる.

## 謝 辞

本研究は, 東京都防災会議火山部会による調査研究の一環として行われた. 実験の実施にあたっては東京都総務局災害対策部, 新島本村役場および新島漁業共同組合の協力を得た. またデータ収録・再生の一部は日本物理探査株式会社によって行われた. これらの方々へ感謝します.

## 文 献

- 気象庁, 1984, 日本活火山総覧, 291-294.  
 NUR, A. and G. SIMMONS, 1969, The effect of saturation on velocity in low porosity rocks, *Earth Planet. Sci. Lett.*, **7**, 183-193.  
 瀬戸憲彦, 1986, 簡易平行ケーブルによる FM-FDM 伝送システム, 地震学会講演予稿集, 昭和 61 年秋期大会, C49.  
 地質調査所, 1987, 新島地域の地質.