

# 人工地震による神奈川県東部地域の地下構造調査

鈴木宏芳\*

防災科学技術研究所

広部良輔\*\*

国際協力事業団

渡辺 健

大和探査技術株式会社

## Underground Structure in the Eastern Part of Kanagawa Prefecture Inferred from Explosion Seismic Observations

By

**Hiroyoshi SUZUKI**

*National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention*

**Ryosuke HIROBE**

*Japan International Cooperation Agency*

and

**Takeshi WATANABE**

*Daiwa Exploration and Consulting Co., Ltd.*

### Abstract

For the purpose of studying the underground structure in the south-eastern part of the Kanto plain and the Miura peninsula, a seismic prospecting survey traverse with

---

\* 地圏地球科学技術研究部総合地震予知研究室  
\*\* 元国立防災科学技術センター第2研究部

a length of 42 km was carried out between Midori Ward in Yokohama City and Miura City, Kanagawa Prefecture. The explosion sites were three in number, and the observation sites were sixty. The main results of this survey are summarized as follows:

(1) The underground structure of the investigated area is approximately divided into two parts: the south and the north near the roots of the Miura Peninsula, (2) The north is characterized by a simple structure consisting of three gently sloping, almost horizontal layers with P-wave seismic velocities of 2.0, 2.3, and 3.0 km/s respectively (top to bottom), and a layer with a P-velocity of 4.7 km/s under these layers. The 4.7 km/s layer, whose lowermost point is 4 km deep beneath the surface, is located in the vicinity of Konan Ward in Yokohama City, (3) In the south, there are three layers with P-wave velocities of 2.3-2.4, 3.6 and 4.7 km/s respectively. The 3.0 km/s layer found in the north disappears can be assumed to change to the 3.6 km/s layer instead. The uppermost depth of the 3.6 km/s layer is about 0.5 km, which displays upheaval structure near the middle of the Miura Peninsula. The P-wave velocity of 3.6 km/s is comparable to that of the Hayama group in the Paleogene period or the Miocene. The upheaval structure of the 3.6 km/s layer corresponds with that in the geological structure of the Hayama Group, (4) The underground structure obtained from the P-wave velocity profile in this study is in harmony with the supposed geological structure.

**Key words:** explosion seismic prospecting, underground structure, eastern Kanagawa Prefecture.

キーワード：爆破地震探査，地下構造，神奈川東部

## 1. はじめに

首都圏地域の地下構造の調査は、地盤の震動性状の予測、堆積層の下に潜在する断層の検知及び地質構造の研究等に基礎的なデータを提供するものであり、本地域の地震予知や地震防災研究にとって、その解明は重要な意義を持っている。首都圏南西部では、首都圏基盤構造研究グループ等により、かなりの数の人工地震探査が行われ、地下構造の様相が明らかになりつつある（瀬尾・小林，1980；山中・他，1986，1988，1991；首都圏基盤構造研究グループ，1989）。しかし、横浜市南部から三浦半島にかけての神奈川県南東部に関しては、市街地であるための観測条件の悪さや、地質構造の複雑さのために、十分な解析は行われていない。

本報告では1984年11月25日に横浜市緑区と三浦半島先端部を結ぶ測線において国立防災科学技術センター（当時）が実施した、人工地震による屈折波地下構造探査の解析結果と、地質構造等との関連について述べる。

## 2. 人工地震の観測

主探査測線は、図1に示すように、横浜市緑区荏田町と三浦市初声町を結びほぼ南北に延長する長さ約42 kmの測線で、北からA, B, Cの3爆破点を持つ。この主測線とは別に、B点（逗子市池子町）から北北東方向（東京都夢の島方向）に横浜市金沢区幸浦町にまで延

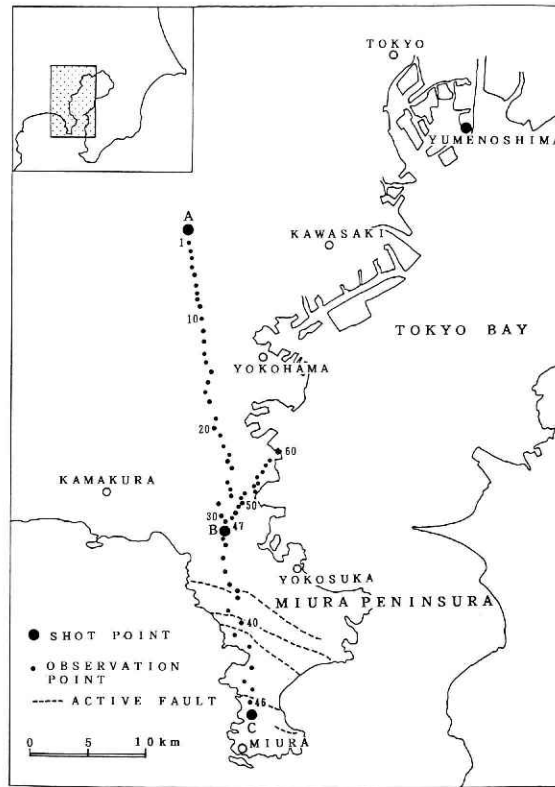


図1 探査測線位置図。数字は観測点番号を示す（表2及び3参照）。

Fig. 1 Location of the survey line. Numerals show observation point number (see Table 2 and 3).

びる長さ約8 kmの副測線を設け、B点爆破及び1984年11月11日に行われた夢の島爆破（首都圏基盤構造研究グループ，1989）を観測した。副測線は東京湾側への構造変化を調べるために設けたものである。爆破の諸元は表1に示されている。観測点は主測線46、副測線14の合計60点である。各観測点では固有周期2 Hz及び4.5 Hzの上下動地震計を1台ずつ約50 m離して設置した。これとは別に、各爆破点の近傍では約100 m間隔で6個の地震計を設置して観測した。観測点及び爆破点の位置は図1と表2及び3に示されている。主探査測線は後に示すように、いままで本地域で実施されたいくつかの爆破探査測線と交差している。また、三浦半島中央部を北西-南東に横断する葉山隆起帯（三梨・矢崎，1968）及び数本の活断層（太田・他，1982；活断層研究会，1991）を横断している。

表2及び3には爆破点からの距離、初動走時も示す。図2～4に得られた観測波形のいくつかを示す。各トレースの振幅は任意のスケールである。爆破点B及びCからの爆破ではか

表1 爆破点位置及び爆破時間.

Table. 1 Locations and origin times of explosions.

NAME	LATITUDE	LONGITUDE	HEIGHT (m)	DEPTH (m)	CHARGE (kg)	ORIGIN TIME					
						Y	M	D	H	M	S
A	35° 32' 22.7"	139° 34' 13.1"	41	112	450	1984	11	25	02	02	00.166
B	35 18 31.1	139 36 23.4	28	111	300	1984	11	25	02	12	00.537
C	35 09 57.8	139 37 56.3	38	111	450	1984	11	25	02	22	00.337

表2 主測線における観測点位置及び初動走時.

Table. 2 Locations of observation points and travel times of initial motions for the main survey line.

NO	STATION	LOCATION			A-EXPLOSION		B-EXPLOSION		C-EXPLOSION	
		LATITUDE	LONGITUDE	H(m)	Δ(km)	T(s)	Δ(km)	T(s)	Δ(km)	T(s)
A-1	港北ニュータウン	35° 32' 22.6"	139° 34' 13.2"	43	0.00	0.05	25.81	7.28	41.82	
A-2	"	35 32 20.6	139 34 13.2	44	0.09	0.08	25.72		41.73	
A-3	"	35 32 18.5	139 34 19.2	44	0.16	0.11	25.65	7.28	41.66	
A-4	"	35 32 16.4	139 34 22.4	47	0.20	0.14	25.61	7.26	41.62	
A-5	"	35 32 14.3	139 34 25.4	48	0.28	0.18	25.53	7.26	41.54	
A-6	"	35 32 12.2	139 34 28.5	52	0.36	0.21	25.45		41.46	
1-1	東方公園	35 31 47.8	139 34 23.0	62	1.10	0.61	24.71	7.16	40.72	
1-2	"	35 31 46.3	139 34 25.1	62	1.15	0.62	24.66		40.67	
2-1	池辺町	35 31 25.7	139 34 20.3	41	1.75	0.94	24.06		40.07	
2-2	"	35 31 24.7	139 34 18.1	41	1.80	0.95	24.01	6.95	40.02	
3-1	都田中学校	35 31 12.9	139 34 25.2	28	2.17	1.16	23.64	6.84	39.65	
3-2	"	35 31 12.1	139 34 23.3	26	2.19	1.17	23.62		39.63	
4-1	鶴見川堤防	35 30 38.6	139 34 25.0	8	3.20	1.68	22.61		38.62	
4-2	"	35 30 38.5	139 34 25.9	8	3.20	1.70	22.61	6.72	38.62	
5-1	東本郷第一公園	35 30 15.1	139 34 32.4	46	3.96	2.06	21.85		37.86	
5-2	"	35 30 14.4	139 34 31.8	46	3.98		21.83		37.84	
6-1	鴨居赤坂団地	35 29 55.5	139 34 38.9	40	4.58	2.38	21.23	6.46	37.24	
6-2	"	35 29 53.7	139 34 37.7	41	4.63	2.39	21.18	6.44	37.19	
7-1	西善田団地	35 29 38.1	139 34 41.5	40	5.12	2.61	20.69		36.70	
7-2	"	35 29 37.0	139 34 41.8	40	5.16	2.61	20.65	6.39	36.66	
8-1	羽沢稲荷公園	35 29 16.4	139 34 40.6	60	5.76	2.91	20.05	6.27	36.06	
8-2	"	35 29 13.6	139 34 39.8	60	5.85	2.96	19.96	6.24	35.97	
9-1	上善田町	35 28 54.6	139 34 47.6	68	6.47	3.19	19.34		35.37	
9-2	"	35 28 53.7	139 34 47.0	72	6.48	3.20	19.33		35.34	
10-1	上星川小学校	35 28 21.0	139 34 51.6	65	7.50	3.57	18.31	6.00	34.32	
10-2	"	35 28 19.4	139 34 49.7	65	7.54	3.58	18.27	5.98	34.28	
11-1	坂本小学校	35 27 40.0	139 34 56.4	17	8.77	4.01	17.04	5.73	33.05	
11-2	"	35 27 39.2	139 34 59.7	17	8.80	4.02	17.01	5.72	33.02	
12-1	仏向町	35 27 18.4	139 35 08.0	48	9.48	4.22	16.33	5.59	32.34	8.91
12-2	"	35 27 18.1	139 35 10.4	48	9.50		16.31		32.32	
13-1	初音ヶ丘	35 26 39.6	139 35 12.8	44	10.68	4.63	15.13	5.41	31.14	8.68
13-2	"	35 26 39.6	139 35 15.4	34	10.69	4.63	15.12	5.40	31.13	8.67
14-1	狩場町	35 26 19.4	139 35 35.1	48	11.36	4.85	14.45	5.20	30.46	
14-2	"	35 26 18.9	139 35 33.0	48	11.38	4.89	14.43	5.20	30.44	
15-1	永田中学校	35 25 50.6	139 35 26.5	46	12.21	5.07	13.60	5.10	29.61	
15-2	"	35 25 47.9	139 35 26.6	46	12.29		13.52	5.06	29.53	
16-1	永田山王台	35 25 24.5	139 35 22.9	54	13.00	5.27	12.81	4.89	28.82	8.22
16-2	"	35 25 23.7	139 35 23.8	55	13.03	5.27	12.78	4.88	28.79	
17-1	別所小学校	35 24 51.3	139 35 09.4	51	13.96		11.85	4.64	27.86	8.00
17-2	"	35 24 50.8	139 35 10.3	51	13.99	5.62	11.82	4.64	27.83	7.99
18-1	大久保	35 24 22.4	139 35 34.6	26	14.94		10.87	4.40	26.88	7.78
18-2	"	35 24 22.1	139 35 33.7	24	14.95		10.86	4.38	26.87	7.78

人工地震による神奈川県東部地域の地下構造調査——鈴木ほか

表2 続き.  
Table. 2 Continued.

NO	STATION	LOCATION			A-EXPLOSION		B-EXPLOSION		C-EXPLOSION	
		LATITUDE	LONGITUDE	H(m)	Δ (km)	T (s)	Δ (km)	T (s)	Δ (km)	T (s)
19-1	南台小学校	35 23 38.3	139 35 42.5	35	16.32	9.49	3.94	25.50	7.48	
19-2	"	35 23 36.3	139 35 42.1	35	16.38	9.43	3.90	25.44		
20-1	日野公園墓地	35 23 09.7	139 35 37.0	50	17.15	8.66	3.62	24.67	7.36	
20-2	"	35 23 09.7	139 35 36.4	51	17.16	8.65	3.62	24.66	7.33	
21-1	洋光台北公園	35 22 54.9	139 36 03.8	48	17.71	8.10	3.48	24.11	7.14	
21-2	"	35 22 54.8	139 36 03.0	48	17.71	8.10	3.46	24.11		
22-1	洋光台第2小学校	35 22 21.6	139 36 13.1	45	18.75	7.06	3.12	23.07	6.92	
22-2	"	35 22 21.5	139 36 15.1	44	18.76	7.05	3.12	23.06	6.90	
23-1	上中里	35 22 01.0	139 36 41.1	57	19.47	6.34	2.85	22.35	6.74	
23-2	"	35 21 59.9	139 36 43.1	58	19.51	6.30	2.83	22.31	6.72	
24-1	氷取沢小学校	35 21 44.4	139 36 42.0	60	19.97	5.84	2.65	21.85	6.60	
24-2	"	35 21 43.2	139 36 41.1	60	20.00	5.81	2.63	21.82	6.57	
25-1	能見台	35 21 29.3	139 36 43.2	70	20.44	5.37	2.45	21.38	6.46	
25-2	"	35 21 29.0	139 36 45.0	74	20.45	5.36	2.44	21.37	6.44	
26-1	釜利谷	35 20 41.5	139 36 36.4	11	21.85	3.96	1.76	19.97	6.09	
26-2	"	35 20 41.1	139 36 37.2	6	21.87	3.94	1.75	19.95	6.09	
27-1	釜利谷小学校	35 20 23.8	139 36 38.5	8	22.39	3.42	1.51	19.43	5.95	
27-2	"	35 20 23.6	139 36 39.9	7	22.42	3.39	1.51	19.40		
28-1	釜利谷南	35 20 07.5	139 36 46.2	4	22.93	2.88	1.31	18.89	5.84	
28-2	"	35 20 06.9	139 36 45.1	5	22.94	2.87	1.30	18.88		
29-1	大道中学校	35 19 42.0	139 36 13.4	12	23.63	2.18	1.01	18.19	5.66	
29-2	"	35 19 39.1	139 36 13.9	12	23.72	2.09	0.96	18.10	5.62	
30-1	六浦町	35 19 17.5	139 36 31.5	41	24.43	1.38	0.66	17.39	5.45	
30-2	"	35 19 15.6	139 36 33.7	41	24.49	1.32	0.63	17.33	5.42	
31-1	六浦南	35 18 59.1	139 36 41.7	14	25.02	0.79	0.42	16.80	5.33	
31-2	"	35 18 56.4	139 36 41.2	15	25.10	0.71	0.40	16.72	5.28	
B-6	池子	35 18 45.2	139 36 22.0	39	25.38	0.43	0.23	16.44	5.23	
B-5	"	35 18 39.0	139 36 16.4	25	25.55	0.26	0.14	16.27	5.19	
B-4	"	35 18 37.1	139 36 14.5	22	25.60	0.21	0.11	16.22	5.16	
B-3	"	35 18 32.8	139 36 15.5	20	25.74	0.08	0.04	16.09	5.09	
B-2	"	35 18 32.2	139 36 18.3	20	25.76	0.05	0.03	16.06	5.09	
B-1	"	35 18 31.1	139 36 23.5	30	25.81	0.00	0.00	16.01		
32-1	池子小学校	35 18 12.0	139 36 18.0	53	26.38	0.57	0.29	15.44	4.97	
32-2	"	35 18 10.1	139 36 17.5	53	26.44	0.63	0.31	15.38	4.95	
33-1	沼間	35 17 51.6	139 36 24.3	25	27.03	1.22	0.53	14.79	4.75	
33-2	"	35 17 48.8	139 36 23.0	15	27.11	1.30	0.57	14.71	4.70	
34-1	南郷	35 17 14.1	139 36 22.6	74	28.16	2.35	1.14	13.66	4.40	
34-2	"	35 17 12.8	139 36 23.3	73	28.20	2.39	1.15	13.62	4.37	
35-1	二子山南	35 16 33.5	139 36 33.3	56	29.43	3.62	1.50	12.39		
35-2	"	35 16 32.1	139 36 35.8	58	29.48	3.67	1.51	12.34	3.98	
36-1	栗坪	35 16 02.1	139 36 44.9	51	30.44	4.63	1.77	11.38	3.83	
36-2	"	35 16 00.2	139 36 48.0	37	30.51	4.70	1.80	11.31	3.82	
37-1	上山口	35 15 45.0	139 37 04.1	45	31.02	5.21	1.98	10.80	3.78	
37-2	"	35 15 43.7	139 37 04.4	50	31.07	5.26		10.75		
38-1	薬山ゴルフクラブ	35 15 19.0	139 36 58.4	184	31.81	6.00	2.28	10.01	3.61	
38-2	"	35 15 17.2	139 36 58.0	179	31.86	6.05	2.29	9.96	3.59	
39-1	四ッ谷	35 14 46.6	139 36 44.7	101	32.72	6.91	2.57	9.10	3.28	
39-2	"	35 14 44.8	139 36 43.2	108	32.77	6.96		9.05	3.27	
40-1	滝	35 14 14.3	139 37 24.7	107	33.86	8.05	2.86	7.96	2.96	
40-2	"	35 14 11.3	139 37 23.8	92	33.95	8.14	2.87	7.87	2.94	
41-1	芦名	35 13 39.1	139 37 09.9	46	34.88	9.07	3.18	6.94	2.68	
41-2	"	35 13 38.4	139 37 04.5	46	34.89	9.08		6.93		
42-1	武山	35 13 04.9	139 37 56.4	4	36.06	10.25	3.41	5.76	2.43	
42-2	"	35 13 04.9	139 37 52.4	3	36.07	10.26	3.42	5.75	2.43	
43-1	長井	35 12 10.5	139 37 59.4	17	37.74	11.93	4.02	4.08	1.82	
43-2	"	35 12 08.2	139 38 01.3	11	37.81	12.00	4.05	4.01	1.78	
44-1	和田	35 11 29.2	139 37 32.8	25	38.93	13.12	4.42	2.89	1.25	
44-2	"	35 11 27.1	139 37 29.6	26	38.98	13.17	4.44	2.84	1.19	
45-1	下宮田	35 11 05.3	139 37 58.9	3	39.75	13.94	4.63	2.07	0.93	
45-2	"	35 11 04.0	139 38 02.3	3	39.80	13.99	4.66	2.02	0.90	
46-1	三崎口	35 10 38.5	139 37 55.1	38	40.55	14.74	4.83	1.27	0.59	
46-2	"	35 10 33.4	139 37 54.0	37	40.71	14.90		1.11	0.51	
C-6	三戸	35 10 05.8	139 37 39.0	29	41.52	15.71	5.06	0.31	0.18	
C-5	"	35 10 04.5	139 37 42.7	34	41.57	15.76	5.07	0.25	0.16	
C-4	"	35 10 03.1	139 37 46.1	35	41.62	15.81	5.09	0.20	0.13	
C-3	"	35 10 02.3	139 37 50.5	37	41.66	15.85	5.09	0.16	0.11	
C-2	"	35 10 00.6	139 37 58.4	51	41.74	15.93	5.11	0.08	0.09	
C-1	"	35 09 57.7	139 37 56.4	41	41.82	16.01	5.15	0.00	0.07	

表3 副測線における観測点位置及び初動走時. Y-EXPLOSION は1984.11.11に行われた夢の島爆破を示す(首都圏基盤構造研究グループ, 1989).

Table. 3 Locations of observation points and travel times of initial motions for the supplementary survey line. Y-EXPLOSION is Yumenoshima explosion, which was carried out on Nov.11,1984(Research group on underground structure in the Tokyo metropolitan area,1989).

NO	STATION	LOCATION			B-EXPLOSION		Y-EXPLOSION	
		LATITUDE	LONGITUDE	H(m)	Δ (km)	T(s)	Δ (km)	T(s)
B-2	池子	35°18'32.2"	139°36'18.3"	20	0.00	0.00	39.70	9.95
47-1	六浦駅	35 19 04.9	139 36 50.0	16	1.24			
47-2	"	35 19 05.4	139 36 49.8	12	1.25	0.60		
48-1	六浦東	35 19 17.4	139 37 00.8	2	1.71	0.80		
48-2	"	35 19 19.0	139 37 02.9	2	1.78	0.83		
49-1	金沢八景	35 19 35.6	139 37 12.5	18	2.34	1.02		
49-2	"	35 19 36.0	139 37 13.1	18	2.36	1.03		
50-1	金沢八景駅	35 19 44.5	139 37 23.1	5	2.72	1.20		
50-2	"	35 19 45.4	139 37 22.7	4	2.74	1.21		
51-1	金沢高校	35 19 54.0	139 37 16.6	5	2.89	1.31		
51-2	"	35 19 35.8	139 37 20.2	5	2.92	1.32		
52-1	八景小学校	35 20 07.3	139 37 29.1	2	3.40	1.52		
52-2	"	35 20 07.0	139 37 32.7	2	3.43	1.53		
53-1	金沢文庫	35 20 11.0	139 38 01.9	38	3.93	1.77		
53-2	"	35 20 14.1	139 38 04.1	38	4.04	1.81		
54-1	称名寺	35 20 24.0	139 37 59.2	9	4.23	1.88	35.47	9.25
54-2	"	35 20 27.0	139 37 56.3	16	4.26	1.89	35.44	9.23
55-1	西柴小学校	35 20 38.6	139 38 11.9	38	4.78	2.14		
55-2	"	35 20 41.0	139 38 12.5	44	4.85	2.17		
56-1	長浜	35 20 54.7	139 38 11.2	70	5.19	2.38		
56-2	"	35 20 56.5	139 38 07.9	68	5.20	2.37		
57-1	並木第4小学校	35 21 06.3	139 38 38.6	4	5.85	2.65	33.85	8.99
57-2	"	35 21 08.3	139 38 42.7	4	5.96	2.68	33.74	8.98
58-1	並木中学校	35 21 20.8	139 38 40.9	4	6.28	2.80	33.42	8.93
58-2	"	35 21 24.6	139 38 41.6	4	6.38	2.85	33.32	8.93
59-1	幸浦	35 21 39.7	139 39 05.7	3	7.09	3.13		
59-2	"	35 21 42.9	139 39 05.8	3	7.17	3.17		
60-1	幸浦海岸	35 22 07.8	139 39 30.9	2	8.16	3.51	31.54	8.62
60-2	"	35 22 10.1	139 39 32.9	2	8.25	3.53	31.45	8.59

なり遠方まで良好な初動が得られているが、爆破点Aからのシグナルは予想よりかなり小さく、爆破点から13 km程度までしか初動を読み取ることができなかった。図5及び6に主測線及び副測線の走時曲線を示す。図5には明瞭な後続波の走時も同時に示している。B、C間では初動以外に明瞭な後続波は見あたらない。

### 3. 地下構造

走時曲線の解析によって得られた地下構造を図7に示す。まずA、B間では、A、B爆破

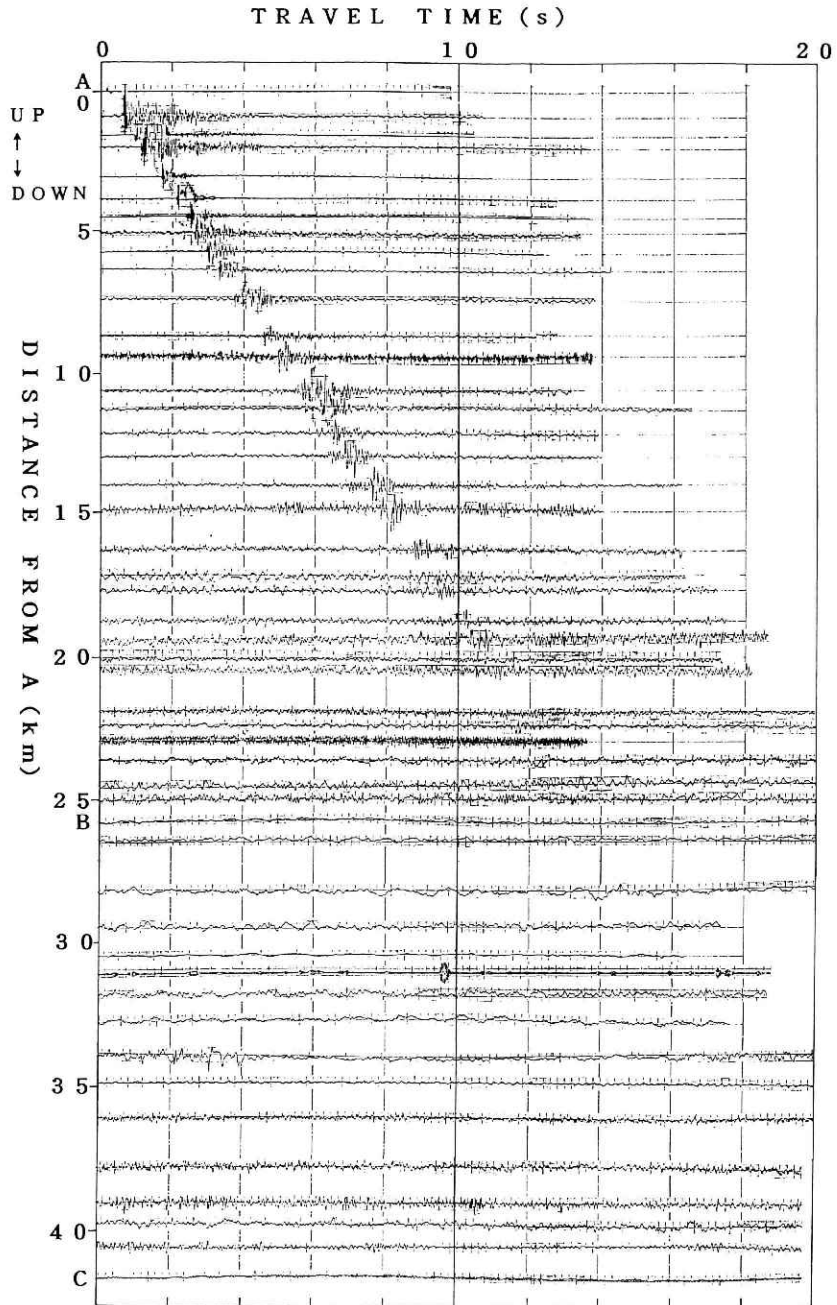


図2 A点爆破の主測線の観測波形。

Fig. 2 Observed seismograms on the main survey line for A explosion.

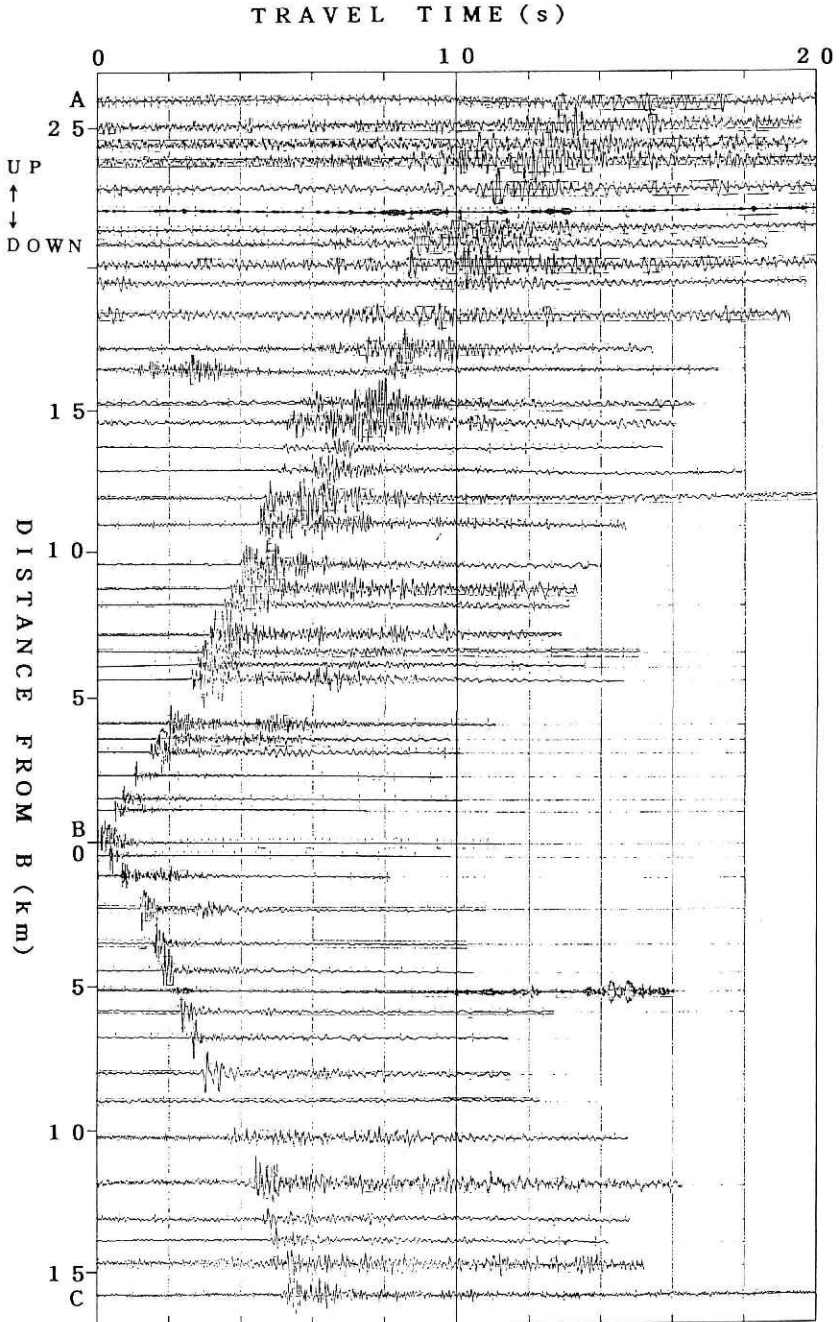


図3 B点爆破の主測線の観測波形。

Fig. 3 Observed seismograms on the main survey line for B explosion.



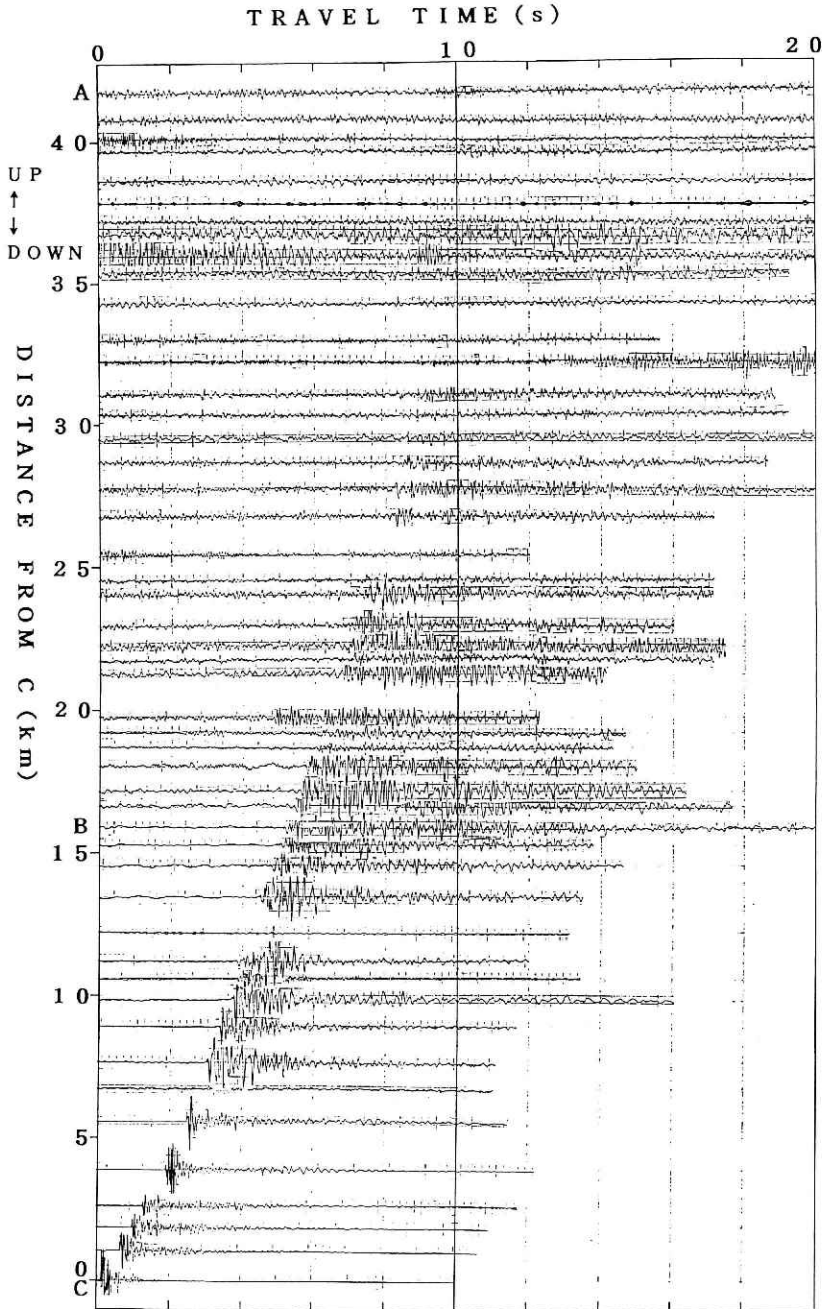


図4 C点爆破の主測線の観測波形。

Fig. 4 Observed seismograms on the main survey line for C explosion.

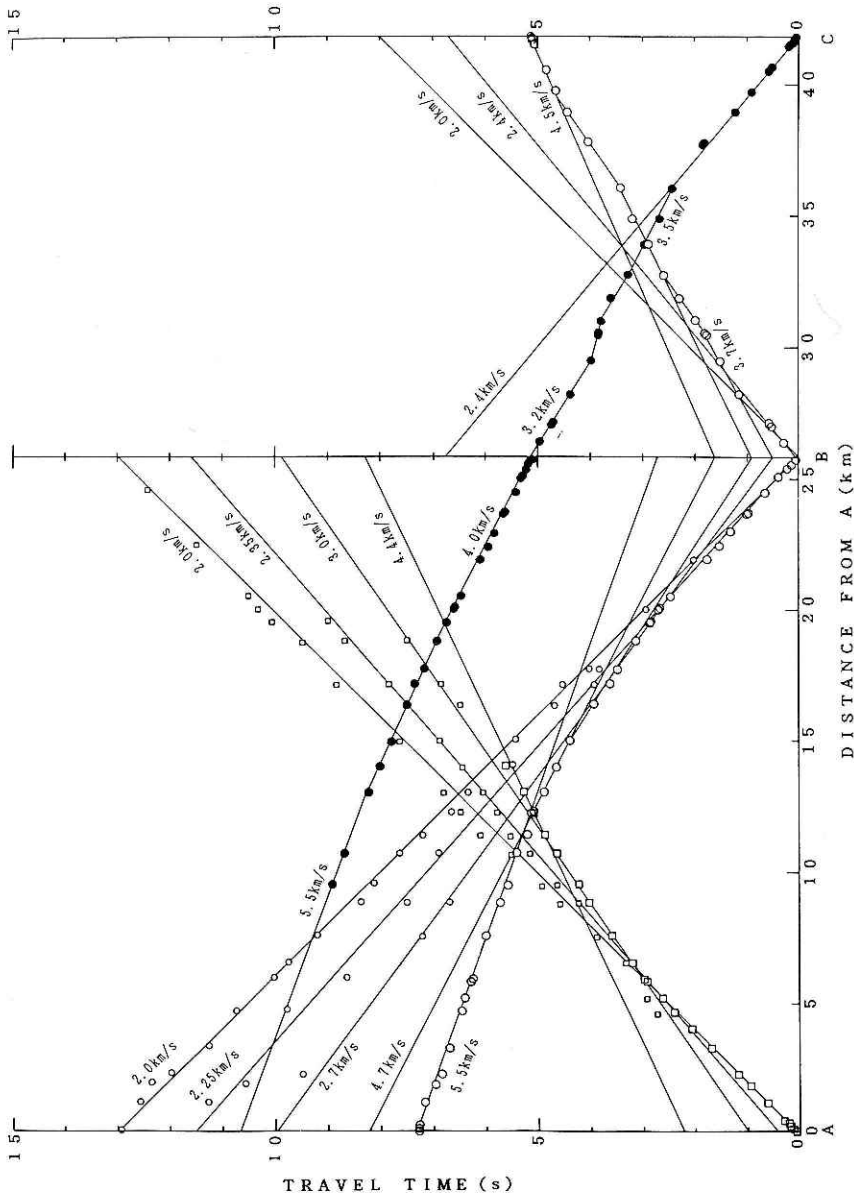


図5 主測線の走時曲線、白丸角、白丸及び黒丸はそれぞれA、B及びC点爆破の走時を示す。大きな記号と小さな記号はそれぞれP波初動及び後続波を示す。

Fig. 5 Travel time diagram for the main survey line. Open squares, open circles and solid circles show travel times for A, B and C explosion, respectively. Large and small symbols show the onset of initial and later phases, respectively.

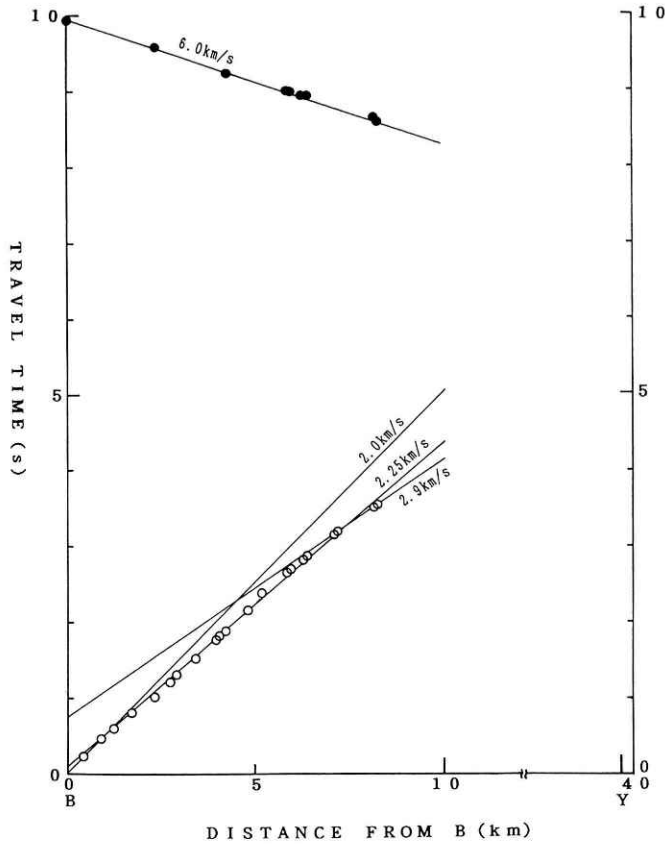


図6 副測線の走時曲線。白丸及び黒丸はそれぞれB点爆破及び夢の島爆破(Y)の走時を示す。

Fig. 6 Travel time diagram for the supplementary survey line. Open and solid circles show travel times for B and Yumenoshima explosion(Y), respectively.

点からの第1層のP波の見掛け速度が2.0 km/sであり、後続波も遠方まで明瞭に追跡できることから、第1層の速度を2.0 km/sとした。第2層は、A、B爆破点からの見掛け速度がそれぞれ2.35及び2.25 km/sであるので(図5)、2.3 km/sとした。第2層の後続波もかなり明瞭に追跡できる。第3層はAからの見掛け速度が3.0 km/s、Bからが2.7 km/sであるが、重力探査結果(駒沢, 1985)や推定地質構造(三梨・菊地, 1982)から、B点寄りの地域では南上りの地下構造が推定されるので、3.0 km/sを採用した。第4層については、Bからの見掛け速度4.7 km/sがあるだけで、Aからの屈折波は観測されなかった。しかし、山中・他(1991)によれば、本地域の基盤層の速度として4.7 km/sが共通的に得られているので、ここでも4.7 km/sを用いた。なお、山中・他(1988)の報告では、基盤層の速度として

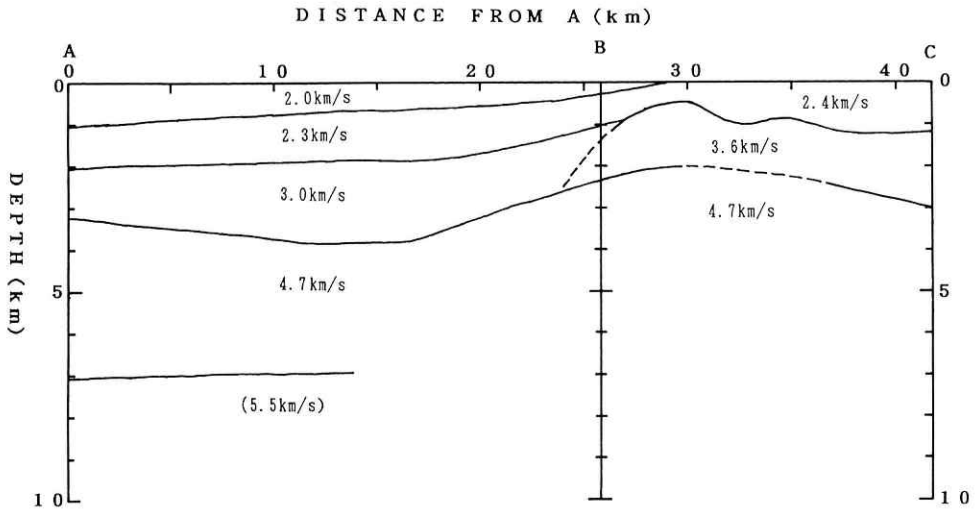


図7 主測線の地下構造。破線及びカッコ内の数字は推定を示す。

Fig. 7 The underground structure for the main survey line. Broken line and parenthesized velocity is estimation.

4.8 km/s を採用しているが、どちらを用いても結果に大きな変更はない。第5層はBから15 km以上の観測点で観測される5.5 km/sの見掛け速度をそのまま用いたものであり、この層についてはかなりの任意性が伴う。

次にB、C間について述べる。A、B間で厚く分布する2.0 km/s層は、B点の近傍にごく薄く分布するだけであり、第1層としては、2.3 km/sないし2.4 km/s層が分布しているものと解釈した。第2層の3.6 km/s層はB、C間ではぎとり法を用いて得られたものである。A、B間に厚く分布する3.0 km/s層は、この間では確認できないので、3.6 km/s層に変化したものと解釈した。3.6 km/s層上部は、B、Cの間に2つの高まりを持つ複雑な構造を有しており、最浅部は逗子市と葉山町の境界付近で、深さは約0.5 kmである。この最浅部と底部との落差は約0.5 kmである。3.6 km/s層の下位層は、見掛け速度4.5 km/sの走時を持つ層であるが、この層もA、B間と同じ4.7 km/s層と仮定した。しかし、その走時は終端部付近でしか認められないので、中間部の深さは推定である。B、C間は走時がかなり複雑であり、また、明瞭な後続波も無いので、構造の解析には多少の任意性を伴うが、基本的な構造は図7から大きくは変わらないと考えられる。

副測線の構造を図8に示す。この測線は片測線に近いので、第3層までは主測線のA、B間で得られた速度構造をそのまま用いて解析した。各層ともB点から夢の島方向に向かって緩く深くなるような構造が得られた。夢の島爆破点からの6 km/sの見掛け速度を持つ波は基盤層を通過してきたものと考えられるが、その真速度や深度を推定するデータに乏しいので

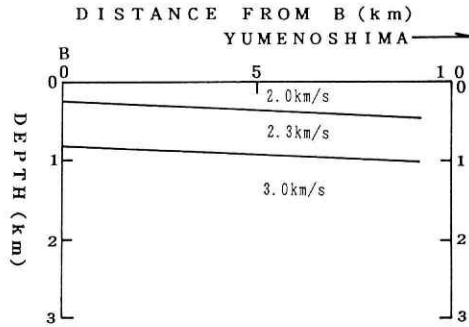


図8 副測線の地下構造。  
Fig. 8 The underground structure for the supplementary survey line.

図8には示していない。次に今回得られた構造と、いままで報告されている構造とを比較してみる。図9 (b), (d) は山中・他 (1991) による構造である。これらの測線は我々の測線とA, B間で交差している。交差位置を黒三角で示す。山中・他(1991)のE S-Y S測線(図9 (d))では、上から1.8, 2.3, 2.9及び4.7 km/sの4層が見られるが、これらは我々の2.0, 2.3, 3.0及び4.7 km/sに相当する。それぞれの深さもほぼ一致している。山中・他(1991)のNT-DK測線(図9 (b))では、上から2.0, 2.9, 4.7及び5.5 km/sとなっている。このうち2.0 km/sは1.8 km/sと2.3 km/s層の平均化された速度とされている。それぞれの深さは我々のものよりも約500 m浅くなっているが、大よその傾向は類似している。また、山中・他(1991)によれば、横浜市南部に基盤層(4.7 km/s層)の最深部があり、その深さは約4 km(図9 (d))で、これも我々の結果と一致する。図9 (c)は笠原・他(1976)による飯能-港北測線であり、南端部はA点とほぼ同じ場所である。この結果も今回の構造と良い一致を示す。このように我々の解析結果は、横浜市北部及び中部に関して他の結果とよく調和している。

#### 4. 議 論

今回得られた速度構造と地質構造との関係を考察する。矢島・他(1986)によれば、関東平野南西部の地質構造は、先新第三系の基盤の上に新第三紀から第四紀までの地層が厚く堆積したものである。新第三紀以降の地層は三梨・菊地(1982)によれば、三浦層群(中期中新世-鮮新世)、上総層群(後期鮮新世-前期更新世)及び相模層群(中-後期更新世)に区別される。一方、三浦半島においては、半島を横断する葉山隆起帯を主に構成する葉山層群(古第三紀-中新世)を中心として、その南北により新しい三浦層群や上総層群が分布している(三梨・矢崎, 1968; 三梨・菊地, 1982; 見上・他, 1986; 小玉・三梨, 1986)。図10は、

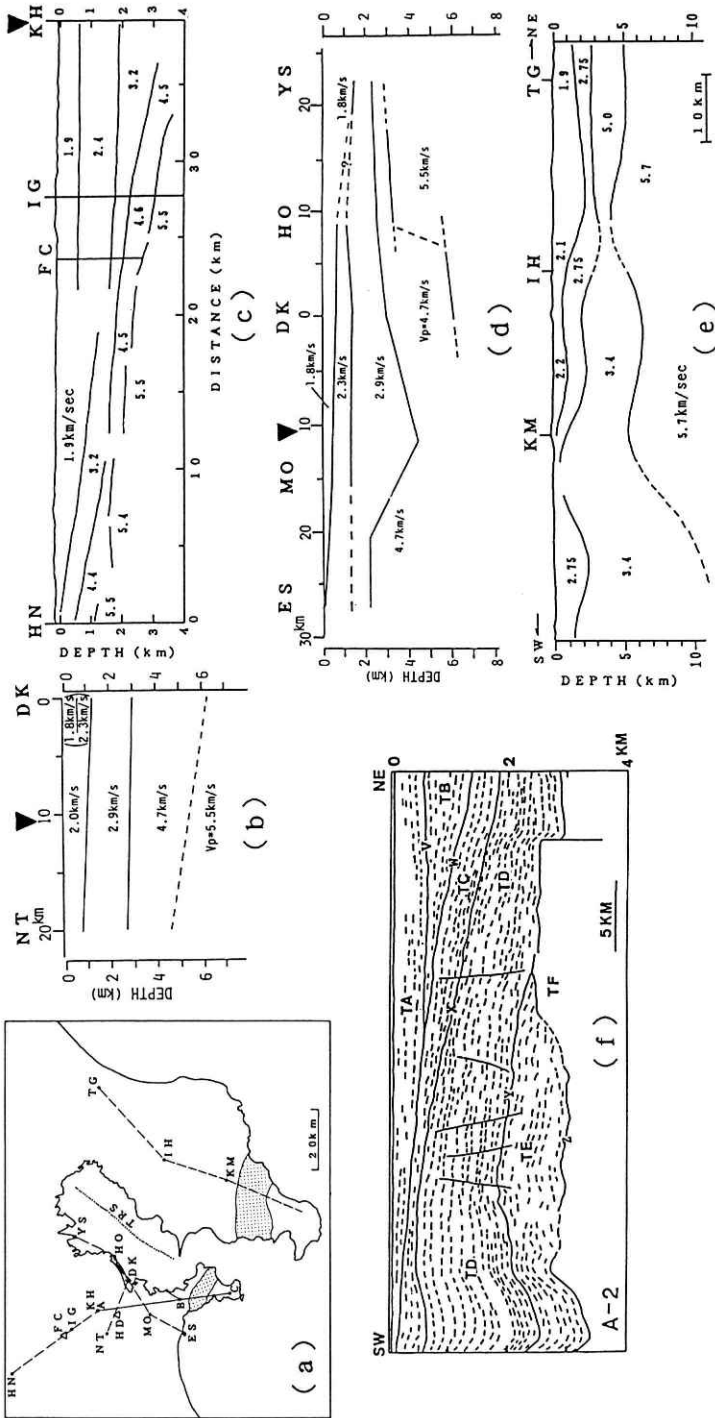


図9 測線付近の地下構造の例。(a) 測線位置、略字は爆破点を示す。白三角及び点影部はそれぞれ深井戸及び隆起帯を示す。(b) NT-DK 測線の地下構造 (山中・他, 1991)。(c) HN-KH 測線の地下構造 (笠原・他, 1976)。(d) ES-YS 測線の地下構造 (山中・他, 1991)。(e) TG-KM 測線の地下構造 (長谷川・駒沢, 1990)。(f) TRS 測線の地下構造 (加藤, 1984)。(b)。(c)。(d)の黒三角は主測線との交差位置を示す。

Fig. 9 Examples of the underground structure around the survey line. (a) Location of the survey line. Abbreviations indicate explosion points. Open triangles and dotted areas indicate location of the deep wells and geological upheaval zone, respectively. (b) Underground structure for the NT-DK line (after Yamanaka *et al.*, 1991). (c) Underground structure for the HN-KH line (after Kasahara *et al.*, 1976). (d) Underground structure for the ES-YS line (after Uamanaka *et al.*, 1991). (e) Underground structure for the TG-KM line (after Hasegawa and Komazawa, 1990). (f) Underground structure for the TRS line (after Kato, 1984). Brack triangles in (b), (c) and (d) show intersection with the main survey line.

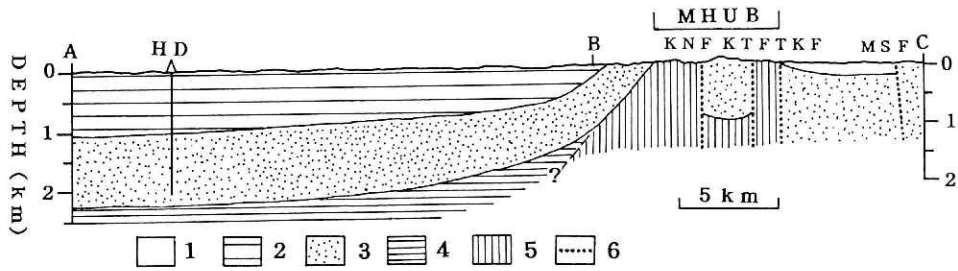


図10 主測線に沿った推定地質構造。HDは保土ヶ谷井を示す(図9(a)参照)。1:相模層群(上部更新世), 2:上総層群(鮮新世~更新世), 3:上部三浦層群(上部中新世~鮮新世), 4:下部三浦層群(中新世), 5:葉山層群(古第三紀~下部中新世), 6:活断層, MHUB:嶺岡-葉山隆起帯, KNF:衣笠断層, KTF:北武断層, TKF:武山断層, MSF:南下浦断層。

Fig. 10 Estimated geological structure along the main survey line. HD shows Hodogaya well, which location is indicated in Fig. 9 (a). 1: Sagami group (upper Pleistocene), 2: Kazusa group (Pliocene to Pleistocene), 3: upper Miura group (upper Miocene to Pliocene), 4: lower Miura group (Miocene), 5: Hayama group (Paleogene to lower Miocene), 6: active fault, MHUB: Mineoka-Hayama upheaval belt, KNF: Kinugasa fault, KTF: Kitatake fault, TKF: Takeyama fault and MSF: Minamisitaura fault.

これらの報告を総合して作成したA, C間の地質断面図である。横浜地域と三浦半島では地質構造がかなり異なるので, A, B間とB, C間とを区別して地質構造と速度構造との対比を行う。

まず, A, B間では, 相模層群やローム層等の中・後期更新世の地層(厚さ数10 m以下)を除くと, 最上位には上総層群が分布する。測線近傍で掘削された保土ヶ谷井(図9(a)のHD)の地質柱状図(菊池, 1962)によれば, 深度約900 mまでが上総層群であり(図7), 2.0 km/s層の下限深度とほぼ一致している。また2.0 km/s層がB側へ向かって薄くなる傾向は, 上総層群の構造(三梨・菊池, 1982)とよく類似しており, 2.0 km/s層は主として上総層群に対比されるものと考えられる。

A爆破点の北西約15 kmにある府中観測井(図9(a), (c)のFC, 深さ2750 m)の地質と速度検層の比較によれば, 府中観測井の音波速度2.4 km/sの層は主として三浦層群上部に対比される(鈴木・他, 1981)ので, 2.3 km/s層は三浦層群上部に対比されるものであろう。3.0 km/s層に関しては, 府中観測井の検層結果では, 2.9~3.2 km/s層が三浦層群下部に相当しており, 本層は三浦層群下部に対比される。4.7 km/s層に関しては, 府中観測井の速度検層では, 四万十北帯に属する基盤(先新第三紀層, 深度2020 m以下)のP波速度として, 4.3~5.4 km/sが得られており(鈴木・高橋, 1985), また, 笠原・他(1976)による府中観測井を通る屈折波探査(図9(C))では, この層に相当する速度として4.5~4.6 km/

sが得られている。矢島・他(1986)は、横浜地域の地下には、関東山地南東部に露出する四万十北帯の地層が延長していると推定している。これらのことから、4.7 km/s層は府中観測井の基盤層と同じ、四万十北帯に属する先新第三紀層と考えられる。

次にB、C間について述べる。本地域の地表部では部分的に上総層群、相模層群が薄く分布する以外は、三浦層群及び葉山層群が主として分布している(見上・他, 1986; 小玉・三梨, 1986)。図10に見られる相模層群に相当すると考えられる速度層は、爆破探査では認められない。2.3ないし2.4 km/s層は主として三浦層群及び葉山層群上部に対比されると考えられる。葉山層群中に掘削された深さ450 mの孔井での速度検層結果(塚原・他, 1983)によれば、2.4 km/s程度のP波速度が得られているので、葉山層群の上部が2.3ないし2.4 km/s層に対比されるのはまちがいない。3.6 km/s層はB付近から北側では3.0 km/s層に変化すると考えられる。この層がB点南側でドーム状に隆起した頂部の位置は、ちょうど葉山隆起帯の中軸部に相当し、3.6 km/s層の隆起と葉山隆起帯の存在とが密接な関係にあることを示している。同様な関係は房総半島でも見られる。すなわち、葉山隆起帯の延長部である嶺岡隆起帯(小玉・他, 1986)を横切る測線においても、図9(e)で見られるように、3.4 km/s層の盛り上がりが見られる(長谷川・駒沢, 1990)。3.4 km/s層や3.6 km/s層は関東平野の他地域では観測されておらず、葉山-嶺岡隆起帯の周辺のみ分布する速度層であり、隆起帯を構成する地質が他地域とは異なったものであることを推定させる。本層に対比される地層としては葉山層群相当層が想定されるが、試錐データがないので確定はできない。しかし、今回同時に実施した岩石試料の弾性波速度測定では、葉山層群中から採取した新鮮なサンプルのP波速度は2.8ないし4.0 km/sであったので、3.6 km/s層が葉山層群に対比される可能性は大きい。3.6 km/s層の下位に分布する4.7 km/s層については、北部と同じ四万十北帯に属するものか、あるいは異なるものかは不明である。

東京湾内ではマルチチャンネル反射法による構造探査が行われている(加藤, 1984)。その結果の一部を図9(f)に示す。測線位置は図9(a)のTRSである。反射波の解釈によれば、TAからTFまでの6層に区分され、TA層が相模層群、TB及びTC層が上総層群、TD層が三浦層群に対比されている。この結果を副測線の構造(図8)と比べると、2.0 km/s層がTC層に、2.3 km/s層及び3.0 km/s層がTD層に相当するものと考えられる。この結果は、陸上部で推定された地質構造と速度構造の対比結果と調和的である。

次に、B、C間における活断層の分布と速度構造との関係を考察する。推定地質断面図(図10)によれば、本測線と交差する活断層は衣笠(KNF)、北武(KTF)、武山(TKF)及び南下浦(MSF)の4断層である。このうち衣笠断層は活断層研究会(1991)では活断層に認定されていないが、太田・他(1982)では活動度IIまたはIIIの活断層と記載している。図10では一つの断層は一本の線で示しているが、実際は地表では複数の断層に分かれている例が多い。衣笠断層と北武断層の間は、断層を介して三浦層群と葉山層群が接しているが、



速度構造ではその部分で3.6 km/s層が下方へ落ち込んでおり、これらの断層が3.6 km/s層にまで及んでいる可能性を示唆している。すなわち、3.6 km/s層は、両断層に挟まれた部分で地溝状に低くなっていると推定される。また、武山断層の部分で3.6 km/s層が南側へ低下しているのも、断層の存在を示唆するものかも知れない。南下浦断層の部分では、断層を示すような速度構造の変化は認められない。今回の調査は観測点の間隔が1 km程度であるので、これ以下の細かい断層の構造を推定するのは困難である。断層の解明を目的にした、細かな速度構造調査を行えば、より詳細な断層の実体が明らかになるであろう。

## 5. まとめ

神奈川県南東部の横浜市緑区と三浦市を結ぶ測線において、爆破地震動による屈折波地下構造探査を実施し、大局的なP波速度構造を得ることができた。

本地域では、三浦半島の付け根付近を境にして、南北で地下構造が異なっている。北部(A, B間)では、上部から2.0, 2.3及び3.0 km/s層が水平に近い緩い角度で分布し、その下に4.7 km/s層が分布する比較的単純な構造となっている。4.7 km/s層は本地域の先新第三系基盤と考えられ、その最深部は横浜市港南区付近で、深さ約4 kmである。4.7 km/s層の地質は四万十北帯に属するものと推定される。

一方、南部(B, C間)は北部と異なり、地下構造はかなり複雑である。本地域は上部から2.3ないし2.4, 3.6及び4.7 km/s層が存在し、北部に分布する3.0 km/s層が南部では3.6 km/s層に変化するものと考えられる。3.6 km/s層は葉山層群に対比され、B, Cの中間で2つの盛り上ったピークを持ち、そのうちB寄りの最浅部は逗子市と葉山町の境界付近にあり、深さは約0.5 kmである。この部分は地質構造上の隆起帯(葉山隆起帯)に該当しており、地質構造の隆起部が速度構造にも表れている。2つの隆起部の間は、三浦半島を北西—南東に横断する活断層のうち、衣笠断層と北武断層の間に挟まれた部分に対応し、3.6 km/s層が下がる様な構造は、2本の断層の間が地溝状に落ち込んでいることを示唆している。推定される地質構造と、今回得られた速度構造は良く調和している。

## 謝 辞

本研究を行うに際し、神奈川県、横浜市、逗子市、葉山町、横須賀市及び三浦市の関係各位には、爆破点及び観測点を提供して戴いた。また、観測に際しては多くの人々の協力を戴いた。これらの方々に厚く感謝する。査読者のコメントは論文の改善に大いに役だった。記して感謝の意を表す。

参 考 文 献

- 1) 長谷川功・駒沢正夫 (1990) : 関東平野の基盤構造, 地質ニュース, **432**, 37-44.
- 2) 笠原敬司・鈴木宏芳・高橋博 (1976) : 東京西部地区基盤調査について, 昭和51年度地震学会講演予稿集, **2**, 139.
- 3) 加藤茂 (1984) : 東京湾におけるマルチチャンネル反射法音波探査, 水路部研究報告, **19**, 1-57.
- 4) 活断層研究会 (1991) : 新編日本の活断層, 東京大学出版会.
- 5) 菊池良樹 (1962) : 横浜市保土ヶ谷地区の地下微化石層序, 石油技術協会誌, **27**, 192-197.
- 6) 小玉喜三郎・三梨昂 (1986) : 三浦半島, 日本の地質3, 関東地方, 日本の地質「関東地方」編集委員会編, pp.88-91, 共立出版.
- 7) 小玉喜三郎・鈴木尉元・兼平慶一郎 (1986) : 房総半島, 日本の地質3, 関東地方, 日本の地質「関東地方」編集委員会編, pp.79-87, 共立出版.
- 8) 駒沢正夫 (1985) : 関東地域重力ブーゲー異常図, 特殊地質図, 地質調査所.
- 9) 見上敬三・小池敏夫・工藤哲人・松島義章・森慎一・尾崎公彦・今永勇・相原延光・平田大二・大木靖衛・加藤善雄・小鷹滋郎 (1986) : 表層地質図, 横須賀・三崎, 神奈川県.
- 10) 三梨昂・菊地隆男 (1982) : 横浜地域の地質, 地域地質研究報告 (5万分の1図幅), 105 pp, 地質調査所.
- 11) 三梨昂・矢崎清貫 (1968) : 2万5千分の1日本石油・ガス田図6, 三浦半島, 地質調査所.
- 12) 太田陽子・松田時彦・池田安隆・D.N. Williams・渡辺憲司・小池敏夫・三上敬三 (1982) : 三浦半島の活断層, 三浦半島および国府津・松田地域の活断層に関する調査報告書, 神奈川県地震対策資料, 神奈川県.
- 13) 瀬尾利大・小林啓美 (1980) : 人工地震による首都圏南西部の深部地下構造—夢の島—江ノ島測線の地下構造—, 地震2, **33**, 23-36.
- 14) 鈴木宏芳・池田隆司・御子柴正・木下繁夫・佐藤春夫・高橋博 (1981) : 関東・東海地域における孔井検層資料集, 防災科学技術研究資料, **65**, 162 pp.
- 15) 鈴木宏芳・高橋博 (1985) : 府中地殻活動観測井の作井と坑井地質, 国立防災科学技術センター研究速報, **64**, 1-84.
- 16) 首都圏基盤構造研究グループ (1989) : 夢の島人工地震実験資料集, 277 pp.
- 17) 塚原弘昭・池田隆司・高橋博 (1983) : 水圧破壊法による地殻応力測定—静岡県岡部・修善寺町・下田市・神奈川県横須賀市での測定結果—, 地震2, **36**, 551-569.
- 18) 山中浩明・瀬尾利大・佐間野隆憲・翠川三郎 (1986) : 人工地震による首都圏南西部の地下深部探査(2)—黒川—岡津測線および長津田測線の地下構造—, 地震2, **39**, 607-620.
- 19) 山中浩明・瀬尾利大・佐間野隆憲・翠川三郎・嶋悦三・柳沢馬住 (1988) : 人工地震による首都圏南西部の地下深部探査(3)—1983, 1984年に実施された人工地震データの総合的解析—, 地震2, **41**, 527-539.
- 20) 山中浩明・瀬尾利大・佐間野隆憲 (1991) : 人工地震による首都圏南西部の地下深部探査(4)—横浜市舞岡発破および大黒発破による人工地震波の解析—, 地震2, **44**, 9-20.
- 21) 矢島敏彦・吉田尚・鈴木尉元・楡井久 (1986) : 関東平野の先新第三系基盤, 日本の地質3, 関東地方, 日本の地質「関東地方」編集委員会編, pp.76-78, 共立出版.

(1992年12月28日 原稿受理)