第 1 回, 第 2 回倉吉爆破および花房爆破観測 より得られた西部日本の地殻構造

第 1 部 第 1 回, 第 2 回倉吉爆破および花房爆破地震動の観測

爆破地震動研究グループ

(昭和 41 年 5 月 24 日受理)

Crustal Structure in the Western Part of Japan Derived from the Observation of the First and Second Kurayosi and the Hanabusa Explosions.

Part 1. Observation of Seismic Waves Generated by the First and
Second Kurayosi and the Hanabusa Explosions.

The Research Group for Explosion Seismology

(Received May 24, 1966)

About two tons of explosives were fired twice in Endani, Kurayosi, Tottori Prefecture on November 16, 1963 and on November 21, 1964, and once at Hanabusa Mine, Gifu Prefecture on November 18, 1964. A shaft of an abandoned mine was used as a shot hole for each explosion. There were about twenty temporary stations in each explosion and good seismograms were obtained. These experiments are described and the results of observation are presented in this paper.

§ 1. ま え が き

1961 年三雲らによつて御母衣爆破地震動の観測結果に基き, 西部日本の地殻構造が求められた。しかしこの御母衣爆破は片測線のみを終っているので, 逆測線を補い両端爆破によるこの地方のさらに正確な地殻構造を明らかにする必要があつた。またその後の観測技術の長足の進歩, 特に国際地球内部開発計画による計器の統一および改良にともない, 従来の爆破解析において疑問とされてきた点をもいくぶんでも解明されるものと期待されて, 1963 年 11 月 16 日に鳥取県倉吉市, 1964 年 11 月 18 日には岐阜県揖斐郡花房鉱山において, 1964 年 11 月 21 日には再び倉吉市において約 2 ton の火薬の爆破を行い, それによる地震動の観測を実施した。また京都大学防災研究所および岐阜大学学芸学部所属の微小地震観測網で観測された資料の提供を受けた。この資料は本グループによつて得られたものと同様に取り扱わせてもらった。

昭和 40 年 5 月 8 日地震学会で発表

Fig. 1a. Shot point and observation points near the Kurayosi shot point.
K1: the first explosion; K2: the second explosion.

Fig. 1b. Shot point and observation points near the Kurayosi shot point.

h_1, h_2 : elevation from mean sea level
 $h_1=265$ m, $h_2=289$ m.

Fig. 2a. Shot point of the Hanabusa explosion.
Broken lines show lower level.

Fig. 2b. Shot hole of the Hanabusa explosion.
 h =elevation from mean sea level.

§ 2. 爆破点の状況

第1回および第2回倉吉爆破は鳥取県倉吉市円谷にある原子燃料公社のウラン廃鉱跡で, 両爆破共同じ坑内で, ほとんど同じ条件で行われた。爆破方式は従来と多少異り, 立坑に約 2 ton の火薬を 1 カ所に集めて, 上から水を満たし斉発を行つた。附近の岩質は新鮮な花崗岩である。

花房爆破は倉吉のほぼ東方 250 km の岐阜県揖斐郡久瀬村にある花房鉱山の廃鉱を利用して行われた。爆破方式は倉吉爆破の場合とほぼ同様の条件で, 約 2 ton の火薬を斉発させた。爆破点附近の地形, 発破孔の詳細は Figs. 1~2 に示す。また各爆破点の位置, 爆破時刻, 薬量, 爆破点附近の地質, 観測点の数などは Table 1 に示した。

Table 1. Data of shot time, shot points, charge size and number of observation points

Shot time	Shot point	Latitude (N)	Longitude (E)
Nov. 16, 1963 01 h 07 m 0.499 s	Kurayosi	35°23'26"/4	133°50'20"/0
Nov. 21, 1964 01 h 06 m 58.762 s	Kurayosi	35 23 26.4	133 50 20.0
Nov. 18, 1964 01 h 07 m 0.39 s	Hanabusa	35 36 14.4	136 32 14.9

Height (m)	Charge size	Number of observation points	
265	1.98 tons	Near shot point: 6	21
290	1.98	Near shot point: 8	29
260	1.98	Near shot point: 4	28

§ 3. 観測の概要

観測点は Fig. 3 に示すように鳥取県から近畿地方北部を通り岐阜県に至るほぼ東西の測線になつていて, 御母衣爆破の西方 A 測線より日本海よりとなつている。その名称, 位置, 爆破点からみた方位角, 震央距離などは観測に用いた記録器, 観測者名とともに Tables 2~3 に示した。爆破点と観測点の位置および相互間の距離は, 三角測量および航空写真にもとづいて決められた。観測器械は第1回倉吉爆破の場合 8 点, 第2回倉吉および花房爆破ではほとんど全観測点で磁気テープによる観測が行われた。残りの点は電磁オシログラフに直接記録させる方法を取つた。また, 第1回倉吉爆破の際, 三朝ではモホ面からの反射波を記録する目的で E・T・L-M-III 型地震探鉱用器械が用いられた。刻時は J・J・Y を受信することにより行つた。

Fig. 3. Observation points for the first and second Kurayosi and the Hanabusa explosions.

K-1: the first Kurayosi explosion, K-2: the second Kurayosi explosion, H: Hanabusa explosion. Dashed lines show A and B profiles of Miboro explosions.

§ 4. 観 測 結 果

観測器械の向上および統一化が進んだため今までできなかったようなデータの処理方法も採用できるようになり、概して良好な記録が得られた。特に倉吉爆破においては、最遠点約 300 km 附近でもかなり明瞭な記録が得られ、2 回の爆破で質量共にかなり充実した観測に成功した。上記 3 回の爆破で得られた各観測点の記録について、初動および各相の読み取りの精度を示すために、相の明瞭度、刻時の良好度を考慮して、つぎの 4 段階に分類した。

- A: 初動が非常に明瞭なもの
- B: かなり明瞭な初動および後続波
- C: やや不明瞭な初動および後続波
- D: 刻時精度が 0.1 秒より悪い、あるいは相はありそうだが疑わしい。

Fig. 4. Travel time graph for the Kurayosi explosions.

A: very clear first arrivals; B: good phases; C: fairly good phases; D: doubtful.

Fig. 5. Travel time graph for the Hanabusa explosion.
A: very clear first arrivals; B: good phases; C: fairly good phases; D: doubtful.

各爆波ごとの初動および後続波の読み取り値, 階級, 初動方向などは Tables 4~5 に示した. また縦軸を $P-O-\Delta/6$ (P : 発震時, O : 発破時刻, Δ : 震央距離) に取った走時図を Figs. 4~5 に示した. 以上の観測結果を解析した結果については, 本論文第2部 (橋爪その他 (1966)) に記してある.

§ 5. 謝 辞

本観測に当つて, 次にあげる多くの方々から御便宜をはかつて頂いた. ここに記して感謝します.

日本原子燃料公社, 花房鉱山, 日本放送協会, 関係各府県庁当局, 関係各府県警察, 爆破点および観測点所在の市町村役場, 関西, 中国および中部の各電力会社, 工業技術院地質調査所名古屋駐在所, 名古屋駐在員事務所大塚審雄所長他駐在員の方々, 京都大学防災研究所および岐阜大学学芸学部の微小地震観測所.

図表作製は主に藤井慶子, 岩田悦子両嬢の協力によります. なおこの観測は東京大学地震研究所特別事業費, 国際地球内部開発計画の人工地震部門経費, 総合研究費によつて実施された. 記して謝意を表します.

文 献

- 爆破地震動研究グループ 1961, 爆破地震動による日本中部の地殻構造, 第1部 御母爆破地震動の観測, 地震 2, 14, 150~167.
橋爪道郎ほか 1966, 第1回倉吉爆破および花房爆破観測より得られた西部日本の地殻構造, 第2部 西日本の地殻構造地震, 地震 2, 19, 125~134.

Table 2. Data of observation points for the first Kurayosi explosion.

Station No.	Observation point	Latitude (N)	Longitude (E)	Height	Θ*	Δ (km)	Recorders	Observers
K 1	Kurayosi	35°23'26.4"	133°50'20.0"	265 m			Oscillograph	H. Kawasumi, M. Yanagisawa
	No. 1			325		0.061		A. Okada, K. Ichikawa
	No. 2			306	N27°.00E	0.102		J. Takahashi, Y. Ichinose
	No. 3			292	12.30	0.179		
	No. 4			288	8.00	0.250		
	No. 5			277	9.00	0.470		
K 2	No. 6			254	12.00	0.662		
	Misasa N-1	35 24 32.7	133 55 19.3	110	74°52'	7.823	E.T.L. M 3	S. Murauchi, S. Nagumo
K 3	" E-1	35 24 31.4	133 55 33.8	113	75 48	8.167		M. Katsumata, M. Seino
	Kawahara	35 23 10.1	134 11 41.3	31	90 54	32.333	Oscillograph	Ch. Dix
K 4	Wakasa	35 20 33.1	134 27 35.6	440	96 04	56.430	"	M. Sibano, T. Kumagaya
								Y. Motoya, Y. Sasaki
K 5	Sekimiya	35 22 20.2	134 38 50.6	188	96 31	73.455	"	T. Kakuta
K 6	Wadayama	35 23 11.9	134 53 54.6	220	90 16	96.258	Data recorder	N. Nakajima, S. Ogata
K 7	Yakuno	35 22 19.9	134 58 12.8	360	91 09	102.804	"	H. Aoki, M. Kumazawa
K 8	Hukutiyama	35 21 32.8	135 06 15.7	50	91 45	115.033	"	T. Asanuma, T. Kimura
K 9	Kajiya	35 20 16.4	135 12 29.8	60	92 45	124.576	"	A. Takagi, K. Kamamoto
K10	Ankokuzi	35 20 33.3	135 19 04.4	95	92 17	134.501	"	M. Abe, H. Ishii
								S. Suyehiro, K. Takahashi
								T. Asada, M. Ohtake

(to be continued)

Table 2. Data of observation points for the first Kurayosi explosion. (continued)

Station No.	Observation point	Latitude (N)	Longitude (E)	Height	θ	Δ (km)	Recorders	Observers
K11	Yatsuai	35°21'38.9"	135°24'24.9"	160 m	91°06'	142.487	Oscillograph	I. Tanaki, O. Kawamoto T. Fujita
K12	Nadasho	35°23'26.3	135°34'59.1	161	90°00'	158.447	Data recorder	M. Hashizume, Y. Kishimoto
K13	Asiu	35°18'25.9	135°43'08.4	375	93°06'	171.125	"	H. Watanabe
K14	Simonegori	35°26'20.6	135°47'35.2	85	88°16'	177.558	Oscillograph	F. Kishinoue, Y. Yamazaki H. Kobayashi, S. Koresawa
K15	Mikata	35°32'52.0	135°55'07.6	90	84°43'	189.566	"	H. Hotta, K. Hamada T. Koyanagi, T. Yoshii
K16	Kaizu	35°26'45.3	136°05'22.1	86	88°16'	204.471	"	H. Hamaguchi, M. Suzuki K. Suzuki
K17	Tutikura	35°35'30.3	136°18'16.1	340	84°18'	224.815	"	K. Oike, M. Nakamura
K18	Tanikumi	35°32'44.2	136°33'22.1	215	86°00'	247.205	"	I. Muramatsu, S. Suzuki M. Sako
K19	Miyama	35°34'59.5	136°45'00.5	140	85°23'	265.017	Data recorder	I. Karakama, S. Saito S. Kubota
K20	Mugi	35°33'53.3	137°00'42.1	145	86°10'	288.562	Oscillograph	S. Asano, T. Terashima H. Tsuruta
K42	Shinpukuzi	35°27'35.0	136°46'53		88°30'	267.540	Drum recorder	Observatory of Microearthquakes, Gifu University
	Surveyer							A. Okada

* θ is the azimuth of observation points from the shot point.

Table 3. Data of observation points for the second Kurayosi and Hanabusa explosions.

Station No.	Observation point	Latitude (N)	Longitude (E)	Height	θ_H^*	θ_K^*	$4_H^{**}(\text{km})$	$4_K^{**}(\text{km})$	Recorders	Observers
K39	Sirakawa	35°35'36.2"	137°11'22.7"	405 m		N85°77'E		304.821	Data recorder	M. Hashizume, S. Takemoto T. Miyauchi
K38	Hongō	35°32'24.1	137°07'12.3	175		86.82		298.240	Oscillo-graph	I. Muramatsu, T. Murase
K37	Kamibuti	35°34'56.9	137°06'13.4	275		85.89		296.980	Data recorder	S. Suzuki, Y. Tōyama
K36	Kutinono	35°32'54.3	136°56'08.2	150		86.44		281.569	"	S. Kubota, S. Saitō Y. Ōkuma
K35	Itibora	35°33'02.0	136°45'48.9	105		86.18		266.003	"	T. Asada, M. Ōtake H. Simamura
K34	Nagase	35°31'53.6	136°38'41.0	85		86.49		255.134	"	S. Suyehiro, T. Shibata A. Seki
H 1	Hanabusa	35°36'14.4	136°32'14.9	260					E.T.L.	K. Ichikawa, M. Hayakawa
	No. 2			225			0.135			S. Kamata, K. Itō
	No. 3			220			0.205			A. Okada
	No. 4			217			2.297			
K33	Ozu	35°34'24.8	136°31'38.6	305		85.25		244.785	Data recorder	M. Hayakawa, K. Itō S. Kamata
K32, H2	Yokoyama	35°35'14.1	136°27'31.9	210	N104.62W	84.76		7.361	"	S. Asano, T. Terashima
K31, H3	Sakauti	35°34'20.6	136°25'03.0	350	107.88	85.08		11.423	"	
	"	35°34'19.7	136°25'01.8	365	107.96	85.08		11.461	"	E. Shima, M. Sibano
H 4	Tutikura	35°35'30.3	136°18'16.1	340	93.68			21.155	"	M. Hashizume, S. Takemoto T. Miyauchi
K30, H5	Kaminu	53°34'02.0	136°13'37.9	202	98.26	84.84		28.413	"	I. Karakama, T. Takahasi
H 6	Kaizu	35°26'45.3	136°05'22.1	86	113.35			44.253	"	T. Asada, M. Ōtake H. Simamura
K29, H7	Matuya	35°31'39.3	135°59'03.3	160	99.60	85.54		50.858	"	M. Katumata, M. Homae M. Seino

(to be continued)

Table 3. Data of observation points for the second Kurayosi and Hanabusa explosions. (continued)

Station No.	Observation point	Latitude (N)	Longitude (E)	Height	θ_H	θ_K	$\Delta_H(\text{km})$	$\Delta_K(\text{km})$	Recorders	Observers
H 8	Simonegori	35°26'06.3"	135°47'09.3"	105 m	105.37		70.692		Data recorder	I. Muramatsu, S. Suzuki Y. Toyama
K28, H9	Musikano	35 24 02.2	135 42 41.4	130	106.76	89.63	78.252	170.101	"	O. Kawamoto, Y. Ohba
H10	Asiu	35 18 24.3	135 43 05.0	360	113.91		81.359		"	S. Kubota, S. Saitō Y. Ōkuma
H11	Nadasho	35 23 26.3	135 34 59.1	161	105.29		89.760		"	S. Suyehiro, T. Shibata A. Seki
K27, H12	Kowaki	35 23 44.6	135 29 13.3	245	103.63	89.79	98.056	149.714	"	T. Ōida, T. Tada
K26, H13	Ine	35 20 59.7	135 21 44.1	220	104.80	91.87	110.306	138.491	"	K. Noritomi, S. Nabetani M. Nogoshi
K9, H14	Kaziya	35 20 16.4	135 12 29.8	60	103.75	92.69	124.185	124.574	"	S. Nagumo, H. Kobayashi S. Koresawa
K25, H15	Ōe	35 22 11.4	135 08 35.8	50	101.60	91.12	129.133	118.529	"	H. Hamaguchi, K. Tanaka T. Inoue
"	"	35 22 18.6	135 09 26.1	55	101.62	91.00	127.850	119.793	"	
K7, H16	Yakuno	35 22 19.9	134 58 12.8	360	100.25	91.14	144.505	102.803	"	T. Asanuma, T. Kimura
K24, H17	Hirotani	35 22 37.7	134 46 02.3	80	98.91	91.02	162.563	84.359	"	S. Murauchi, K. Hagiwara
K23, H18	Ōtani	35 27 05.1	134 31 59.1	285	95.32	83.90	182.556	63.397	"	H. Watanabe, M. Nakamura
K22, H19	Hunaoka	35 19 59.3	134 16 18.4	140	98.31	99.21	207.800	39.852	"	K. Oike, T. Mikumo K. Mino
K21, H20	Yosioka	35 28 48.0	134 07 44.5	25	93.60	69.38	218.804	28.145	"	N. Nakajima, M. Ichinose
K2, H21	Misasa	35 23 40.7	133 57 42.2	460	95.68	87.74	234.815	11.167	"	N. Den, H. Hotta T. Yoshii
"	"	35 23 47.5	133 57 37.4	320	95.62	86.63	234.912	11.056		
"	"	35 23 50.1	133 57 29.1	282	95.60	86.14	235.111	10.852		
H22	Kurayosi	35 23 31.9	133 50 23.9	275	95.48		245.837		Oscillo-graph	M. Yanagisawa, I. Ichinose T. Daikubara

(to be continued)

Table 3. Data of observation points for the second Kurayosi and Hanabusa explosions. (continued)

Station No.	Observation point	Latitude (N)	Longitude (E)	Height	Θ_H	Θ_K	Δ_H (km)	Δ_K (km)	Recorders	Observers
K 1	Kurayosi	35°23'26.4"	133°50'20.0"	290 m					Oscillo-graph	K. Ichikawa, A. Okada
	No. 1			322				0.033		M. Yanagisawa
	No. 2			322				0.033		Y. Ichinose
	No. 3			306				0.097		T. Daikubara
	No. 4			295				0.132		
	No. 5			292				0.188		
	No. 6			281				0.373		
	No. 7			265				0.556		
K 40, H23	No. 8			250				0.773		
	Sekigane	35 19 27.2	133 44 26.1	315	96°97	N129°52W	255.724	11.582	Data recorder	Y. Motoya, T. Murase S. Nakai
K 41, H24	Aimi	35 21 43.9	133 22 04.3	85	95.33	94.22	288.833	42.913	Oscillo-graph	Y. Kishimoto, A. Hattori
H25	Hikami	35 13 36.8	135 02 44.8	250			142.01		Drum recorder	Observatory of Microearthquake, Kyoto University
K 43	Ôya	35 20 02.0	134 39 52.2	260			172.60	75.28	"	"
H26	Kami-kanbara	35 32 44.2	136 33 22.1				5.65	247.20	"	Observatory of Microearthquake, Gifu University
K 44, H27	Turumi	35 38 05.0	136 29 12.4				5.72	241.69	"	"
	Surveyer									A. Okada

* Θ_H means the azimuth of observation points from Hanabusa shot point and Θ_K , from Kurayosi shot point.

** Δ_H stands for the epicentral distance from Hanabusa shot point and Δ_K , from Kurayosi shot point.

Table 4a. The travel time of the first Kurayosi explosion.

Shot time: 1963 Nov. 16, 1 h 07 m 0.496 s

Station No.	Observation point	Δ (km)	P	Class	$P-O^{**}$	$P-O-\frac{\Delta}{6}$	P (Later phases)***
K 1	Kurayosi	0.061 0.102 0.179 0.250 0.470 0.662	1 h 07 m 0.523 0.539 0.555 0.570 0.614 0.622	A	$\begin{matrix} S \\ * \\ 0.027+ \\ 0.043+ \\ 0.059+ \\ 0.074+ \\ 0.118+ \\ 0.126+ \end{matrix}$	$\begin{matrix} S \\ 0.017 \\ 0.026 \\ 0.029 \\ 0.032 \\ 0.040 \\ 0.016 \end{matrix}$	
K 2	Misasa	7.823	2.330	A	1.834+	0.53	1 h 07 m s 2.62C, 3.18C, 5.30C, 6.18C, 7.96C, 10.45C, 11.24C, 12.53C
K 3	Kawahara	32.333	6.52	A	6.02 +	0.63	6.58D, 6.63D, 6.80C, 7.25C, 7.55C
K 4	Wakasa I	56.430	10.40	A	9.90 +	0.49	7.94C, 10.04B, 10.56B, 11.13B, 11.78B
	" III	56.631	10.42	A	9.92 +	0.51	10.52B, 10.86C, 11.37C, 12.89C
K 5	Sekigane	73.455	13.16	A	12.66 +	0.42	13.20C, 13.28C, 13.52B, 13.73C, 14.10C, 14.90C, 16.05C, 17.67C
K 6	Wadayama	96.258	16.97	B	16.47 +	0.43	17.05C, 17.16B, 17.41C, 17.67C, 17.92C, 18.30D, 18.73C
K 7	Yakuno	102.804	18.04	B	17.54 +	0.41	18.11C, 18.22B, 18.52B, 18.92D, 19.12C, 20.46D
K 8	Hikutiyama b	114.443	19.95	A	19.45 -	0.39	20.20C, 20.37C, 20.62D, 21.06D, 21.22D, 21.62D, 21.80D, 22.12D, 22.85D, 23.73D
	" a	115.033	20.00	A	19.50 -	0.32	20.15B
K 9	Kajiya	124.576	21.53	B	21.03 +	0.27	21.56B, 21.59C, 21.71B, 22.14C, 22.38B, 22.93C, 22.98C, 23.41C, 23.83C, 24.41C

(to be continued)

Table 4a. The travel time of the first Kurayosi explosion. (continued)

Station No.	Observation point	Δ (km)	P	Class	$P-O^{**}$	$P-O-\frac{\Delta}{6}$	P (Later phases)***
K10	Ankokuji	134.501	1 h 07 m s 23.19	A	s 22.69	s 0.28	1 h 07 m s 23.43B, 23.86D, 24.07C, 24.24C, 24.90C, 25.06C, 25.30C, 26.05C
K11	Yatuai	142.487	24.30	A	23.80+*	0.06	24.42C, 24.58C, 24.96C, 25.80C, 26.14C
K12	Nadasho	158.447	26.80	D	26.30+	-0.10	26.86B, 27.07B, 27.47C, 28.03C, 29.02C
K13	Asiu	171.125	28.97	B	28.47+	-0.05	29.09C, 29.26C, 29.58B, 30.49B
K14	Simonegori	177.558	29.43	D	28.93-	-0.66	29.63B, 29.90C, 30.37C, 30.91C, 31.41B
K15	Mikata	189.566	31.58	B	31.08	-0.51	31.98C, 33.24D, 35.04C
K16	Kaizu	204.471	33.15	B	32.65+	-1.43	33.29C, 33.75B, 34.45B, 35.36B, 35.91C, 36.42C, 37.98C
K17	Tutikura	224.815	35.93	C	35.43+	-2.04	36.00C, 36.16C, 36.74B, 37.90C, 38.34C, 38.55C, 41.60B
K18	Tanikumi	247.205	39.33	A	38.83+	-2.37	39.61C, 39.88C, 40.69C, 41.24C, 42.02B 43.81C
K19	Miyama	265.017	41.45	C	40.95+	-3.22	41.88C, 42.42C, 42.91C, 43.33C, 44.30B, 44.86C, 45.59B, 46.90C
K20	Mugi	288.562	44.24	A	43.74+	-4.35	44.48C, 45.29C, 46.99C, 48.02C, 49.28C, 49.99C, 51.21C
K42	Sinpukuzi	267.540	41.86	C	41.36+	-3.23	42.00C, 42.19C, 42.45B, 43.48C, 45.22C, 46.12B, 46.51B, 48.80B

* + sign means that the direction of ground motion is upwards and - sign, downwards.

** O means the shot time.

*** A, B, C and D after numbers stand for the class of phases. For example, 2.62C means that the class of phase at 2.62^s is C.

Table 4b. The travel time of the second Kurayosi explosion

Shot time: 1964 Nov. 21, 1 h 06 m 58.746 s

Station No.	Observation point	Δ (km)	P	Class	$P-O^{**}$	$P-O-\frac{\Delta}{6}$	P (Later phases)***
K 1	Kurayosi	0.132 0.188 0.373 0.556 0.773	1 h 06 m s 58.788 58.805 58.832	A	* 0.042 + 0.059 + 0.086 +		
K 2	Misasa	11.056 11.167	1 h 07 m 1.18	A	2.43 +	0.59	1 h 07 m s 1.30A, 2.84C 5.00B, 6.84C 6.37C, 7.44C 10.83C, 11.10C, 11.86D, 12.57D 13.87C, 14.27B, 15.21C, 15.87C 16.91C, 20.88C 16.50B, 16.79B, 17.18C, 17.48C 18.55D, 21.37D 19.04C, 19.24B, 20.15B 20.08B, 20.63C, 20.89C, 21.62D 21.96B, 22.18B, 22.43B, 23.24C 24.20D, 24.31C, 25.00C 24.39C, 24.91C, 25.35D, 25.84D 26.38C 27.26C, 27.69C, 28.11D, 30.48D 31.09B, 34.20C, 37.08C
K 21	Yosioka	28.145	4.28	A	5.54 +	0.85	
K 22	Hunaoka	39.852	5.91	A	7.16 +	0.52	
K 23	Ôtani	63.397	10.08	B	11.33 +	0.76	
K 24	Hirotsani	84.359	13.29	A	14.55 +	0.49	
K 7	Yakuno	102.803	16.33	A	17.59 +	0.46	
K 25	Ôe	118.529	18.84	C	20.09 +	0.34	
K 9	Kajiya	124.574	19.75	A	21.00 +	0.24	
K 26	Ine	138.491	21.81	A	23.06 +	-0.02	
K 27	Kowaki	149.714	23.93	B	25.18	0.23	
K 28	Musikano	170.101	26.96	B	28.21 -	-0.14	
K 29	Matuya	195.310	30.63	B	31.88 -	-0.67	

(to be continued)

Table 4b. The travel time of the second Kurayosi explosion. (continued)

Station No.	Observation point	Δ (km)	P	Class	$P-O^{**}$	$P-O-\frac{\Delta}{6}$	P (Later phases)***
K30	Kaminiau	217.598	1 h 07 m s 33.44	C	34.69+*	-1.58	1 h 07 m s 34.90C, 35.26B, 35.88C, 36.46C 38.17D
K31	Sakauti	234.841	35.86	B	37.11+	-2.03	36.14C, 37.50C, 38.13C 38.69C, 39.10D, 41.40C
K32	Yokoyama	238.704	36.53	B	37.78+	-2.00	36.87C, 38.81C, 41.23C, 46.06D
K33	Ozu	244.785	37.28	C	38.53+	-2.27	37.76C, 38.34C, 39.96C, 40.20C 40.77D
K34	Nagase	255.134	39.36	C	40.61	-1.91	40.42D, 41.40D, 42.00C 42.64C, 43.68C, 44.94C, 45.94C 47.52D
K35	Itibora	266.003	39.41	D	40.66+	-3.67	39.84C, 40.36C, 42.86D, 43.68B 45.86C, 46.30C
K36	Kutinono	281.569	41.78	C	43.03-	-3.90	42.08C, 42.65D, 43.61D, 44.94D 47.61B, 49.83C, 52.50C, 56.03C
K37	Kamibuti	296.980	43.49	B	44.74+	-4.76	44.69B, 45.89C, 48.59B, 49.33C 50.84B
K38	Hongō	298.240	43.69	C	44.94-	-4.76	44.12C, 45.30D, 46.23D, 47.54D 48.72B, 50.45C
K39	Shirakawa	304.82	44.67	B	45.92+	-4.88	50.19A
K40	Sekigane	11.582	1.12	A	2.37	0.44	1.54C
K41	Aimi	42.913	6.48	A	7.73+	0.58	
K43	Ōya	75.28	11.82	A	13.07+	0.53	11.96D, 12.67C, 13.65C, 16.27C 21.46C
K44	Turumi	241.69	36.82	C	38.07+	-2.21	37.85C, 38.50C, 39.45C, 40.34C

* + sign means that the direction of the ground motion is upwards and - sign, downwards.

** O means the shot time.

*** A, B, C and D after numbers stand for the class of phases. For example, 1.30 A means that the class of phase at 1.30 is A.

Table 5. The travel time of the Hanabusa explosion.

Shot time: 1964 Nov. 18, 1 h 07 m 0.39 s

Station No.	Observation point	Δ (km)	P	Class	$P-O^{**}$	$P-O-\frac{\Delta}{6}$	P (Later phases)***
H 1	Hanabusa	0.135 0.205 0.297	1 h 07 m s 0.43 0.44 0.46	A	^s 0.040 0.050 0.070		
H 2	Yokoyama	7.361	1.82	A	^s 1.43+	^s 0.20	1 h 07 m s 1.96D, 2.08C
H 3	Sakauti	11.461	2.56	A	2.17+	0.26	2.72B, 3.72D, 4.34D
H 4	Tutikura	21.155	4.31	A	3.92+	0.39	4.46C, 4.87D
H 5	Kaminui	28.413	5.55	A	5.16+	0.42	5.93B, 7.11B, 7.67D
H 6	Kaizu	44.253	8.28	A	7.89+	0.51	8.44B, 8.54C, 9.38C
H 7	Matuya	50.858	9.45	B	9.06-	0.58	9.76B, 10.18C, 11.50C, 13.47C
H 8	Simonegori	70.692	12.78	A	12.39+	0.61	12.98B, 14.22C
H 9	Musikano	78.252	14.10	D	13.71+	0.67	14.15B, 14.64C, 14.86D, 15.14D, 15.47D, 15.65D, 16.67C
H10	Asiu	81.359	14.33	A	13.94+	0.38	15.56B
H12	Kowaki	98.056	17.18	B	16.79+	0.45	17.73D, 17.88D, 18.28C, 18.59B
H13	Ine	110.306	19.21	A	18.82+	0.44	19.35C, 19.50C, 20.41C, 21.65B
H14	Kajiya	124.185	21.25	B	20.86-	0.16	21.45B, 22.11C
H15	Ōe	129.138	22.04	B	21.65+	0.13	22.70B, 23.06D

(to be continued)

Table 5. The travel time of the Hanabusa explosion. (continued)

Station No.	Observation point	Δ (km)	P	Class	$P-O^{**}$	$P-O-\frac{\Delta}{6}$	P (Later phases)***
H16	Yakuno	144.505	1 h 07 m s 24.78	A	24.39+ [*]	s 0.31	1 h 07 m s 25.27B, 25.56C, 25.88C, 26.31C
H17	Hirofani	162.563	27.69	C	27.30+	0.21	28.15B, 29.04C, 29.61C
H18	Ōtani	182.556	30.72	C	30.33-	-0.10	31.09C, 31.29B, 31.48C, 31.82C, 32.17C, 32.68C
H19	Hunaoka	207.800	33.95	D	33.56+	-1.07	34.07D, 34.19C, 34.59C, 35.01C, 35.30C, 35.71D, 36.28C, 37.33C
H20	Yosioka	218.804	35.04	C	34.65	-1.82	37.14C
H21	Misasa	234.815	37.14	D	36.75+	-2.39	37.28C, 38.04C, 38.82C, 39.22C, 39.57C, 39.77B, 40.36C
H22	Kurayosi	245.837	38.83	B	38.44+	-2.53	40.97C, 41.55C, 42.63B, 43.26C, 43.82D
H23	Sekigane	255.724	39.91	D	39.52+	-3.10	40.10C, 42.38C, 43.79B
H25	Hikami	143.01	24.41	A	24.02+	0.35	24.66C, 24.90B, 26.21B
H26	Kamikanbara	6.697	1.93	A	1.54	0.42	2.53C, 2.93C
H27	Turumi	5.72	1.44	A	1.05	0.10	1.64C, 2.34C

* + sign means that the direction of ground motion is upwards and - sign, downwards.

** O means the shot time.

*** A, B, C and D after numbers stand for the class of phases. For example, 1.96D means that the class of phase at 1.96s is D.