

箱根火山の群発地震および箱根周辺の地震*

田中康裕**・天野宏***

551.21

Volcanic Earthquake Swarms of Hakoneyama and Deeper Earthquakes near the Volcano

Y. Tanaka

(*Seismological Section, J.M.A.*)

H. Amano

(*Myōjō Middle School of Hakonemachi*)

Hakoneyama (35.2°N, 139.0°E), one of the volcanoes of Fuji Volcanic Zone, have had no eruption in historic time, but there are many solfatara fields and hot springs in the caldera of the volcano. And swarms of volcanic earthquakes or rumblings have occurred at times. Many earthquakes whose epicenters were several km deep under Kamiyama area, one of the central cones of this volcano, took place during the period from September 1959 to March 1960.

We set up seismographs (40 times seismograph & Ishimoto's Seismograph) at Gōra, 3 km NE of Kamiyama, and observed the earthquakes in company with the permanent seismometric network of Japan Meteorological Agency. And several problems of the volcanic earthquakes of Hakoneyama were made clear as follow:

- 1) Every remarkable group of earthquakes during the above-mentioned period continued within the limits of about 6 to 30 hours.
- 2) The earthquakes have had great acceleration but small amplitude. Energy of the seismic waves decreased rapidly in short distance compared with that of common earthquakes.
- 3) The relation between frequency "N" and amplitude "A" of the earthquakes is shown as follows:

$$NA^{2.5} = \text{const.}$$

This is of medium character between the 2 types of volcanic earthquakes at Ususan (42.5°N, 140.8°E), Asamayama (36.4°N, 138.5°E) or Torishima (30.5°N, 140.3°E).

- 4) The relation between frequency "[N]" and time interval of successive shocks "t" of the earthquakes is shown as follows:

$$[N]t^{1.8} = \text{const.}$$

It shows that volcanic earthquakes of Hakoneyama did not take place independently.

- 5) The earthquakes are related to the tides of near sea, and they occurred frequently in low water times.

In Fig. 10, 11, 12 are shown the epicentres or hypocentres of the major earthquakes that

* Received July 6, 1960.

** 気象庁地震課

*** 箱根町明星中学校

occurred under Fuji Volcanic Zone, during the period from 1926 to 1959. We can find several earthquake zones, existing under the volcanic zone. They are named A, B, C, D, E, F, G shallow earthquake zones, and 40 to 60 km & 100 to 200 km deep focus earthquake zones. Earthquakes of the shallow earthquake zones occurred very often, but those of the deep focus earthquake zones very rarely. Every earthquake zone is isolated. "A" earthquake zone become to be shallower near Hakoneyama, and "C" earthquake zone become to be shallower near Fujisan. "B" group is composed of the volcanic earthquakes of Hakoneyama.

"B" earthquake zone (or Hakone Volcanic Earthquake Group) have a tendency to be active at the same time with the activity of "A" earthquake zone (or Northern Izu Earthquake Zone).

Every earthquake zone have a tendency to become active, when a great earthquake occur somewhere near those earthquake zones.

§ 1. ま え が き

1959年9月から1960年3月の間に、箱根火山で多数の地震が起こった。同火山は古来しばしば地震や鳴動が群発する所で、1786, 1917, 1920, 1935, 1943~44, 1952~53年にもその記録がある¹⁾。これらの地震や鳴動は箱根火山に関係する火山性のもので、微小な地震が相次いで群発するのが特長である。

箱根火山から最も近い気象官署、三島測候所（箱根中央火口丘神山の南西約16 kmの距離にある）では、ときどき箱根火山の地震を観測することがある。しかし、観測点が遠すぎるので、こうした微小地震を適確に記録することができない。今回の群発地震に際しては、震央地帯に近い箱根町強羅で、著者の一人、天野によって観測が行われた²⁾。また、気象庁地震課のはからいで1959年10月10日からは、40倍地震計^{a)}を強羅の同氏宅（神山の北東3 kmの距離にある）に設置し、さらに、1960年2月9日からは石本式地震計^{b)}を同所に増設して観測を続けた。記録は数日ごとにまとめて気象庁地震課に送り、著者の一人田中が解析した。

以下、強羅の観測および気象官署の地震観測網によって得られた箱根火山の地震について報告し、あわせて、箱根地方の地震帯の特性を述べる。

§ 2. 1959~60年の群発地震の概要

今回の地震活動は1959年9月1日から始まり、以後7

^{a)} H型教材地震計（保坂振動計器製作所）、周期1秒、倍率40倍、制振度3、摩擦植<0.1 mm、水平動。1959年10月10日～1960年2月8日は南北動成分、1960年2月9日以後は東西動成分として使用。

^{b)} 周期1秒、倍率190倍、制振度7、摩擦植0.2 mm、水平動、南北動成分として使用。



Fig. 1 Hakone Caldera.

が月にわたって活動をくり返した（Table 1, Fig. 2）。この間、1959年11月中旬から12月下旬にかけて、地震活動のややおだやかな時期があった。地震には群発性があり、ときどき顕著な地震群が現われ、そのときには、数時間ないし1日前後の間におびただしい数の地震が発生した（Table 2）。

箱根付近で起った地震のP-Sは、強羅で0.3~4.3秒、三島で1.8~5.9秒であった（Fig. 3, 4）。このうち、強羅でP-S 0.3~1.6秒、三島で1.6~2.8秒のものの震源は、いずれも神山付近にあり（くわしくは、神山付近の地下数 km 以内の浅い所。深さ1~3 km が最多³⁾⁻⁶⁾、強羅のP-S 1.8~4.3秒、三島の4.1~5.9秒のものは、箱根外輪山の外で起ったものである。なお、

Table 1. Daily number of volcanic earthquakes of Hakoneyama, observed at Gōra. Total number, which is shown in the brackets after Feb. 9, 1960 include small shocks (max. amplitude $< 3 \mu$).

Date	Total number	Felt shock					Date	Total number	Felt shock				
		Number	Seismic intensity						Number	Seismic intensity			
			I	II	III	IV				I	II	III	IV
(Sep. 1959)							10	10	3	1	2		
1	—	1	1				11	5	1		1		
2	—	5	3	2			12	1	0				
3	—	11	2	9			13	23	5	3	2		
4	—	1		1			14	1	0				
5	—	1		1			15	3	0				
6	—	1		1			16	3	0				
7	—	0					17	1	0				
8	—	2	1	1			18	3	0				
9~11	—	0					19	2	0				
12	—	8	3	5			20	1	0				
13	—	1	1				21	0	0				
14	—	5	3	2			22	4	0				
15	—	1	1				23	0	0				
16	—	4		4			24	7	1	1			
17	—	4	1	3			25	3	0				
18	—	4	3	1			26	4	1	1			
19	—	2	1	1			27	4	0				
20	—	0					28	2	0				
21	—	8	8				29	2	0				
22	—	7	4	3			30	0	0				
23	—	0					31	5	0				
24	—	7	6	1			Total	>84	41	24	17	0	0
25	—	10	9	1			(Nov. 1959)						
26	—	8	7	1			1	0	0				
27	—	2	1	1			2	1	0				
28	—	0					3	1	0				
29	—	6	5	1			4	2	2	2			
30	—	6	5	1			5	1	0				
Total		105	65	40	0	0	6	2	0				
(Oct. 1959)							7	3	0				
1	—	2	1	1			8	1	0				
2	—	11	8	3			9	0	0				
3	—	1	1				10	4	0				
4	—	7	4	3			11	1	0				
5	—	5	3	2			12	4	0				
6	—	1		1			13	5	0				
7	—	1	1				14	1	1	1			
8	—	0					15~16	0	0				
9	—	2		2			17	1	0				

Date	Total number	Felt shock					Date	Total number	Felt shock					
		Number	Seismic intensity						Number	Seismic intensity				
			I	II	III	IV				I	II	III	IV	
18~20	0	0					19	3	2		2			
21	2	1	1				20	1	0					
22~29	0	0					21	4	1		1			
30	1	0					22	1	1		1			
Total	30	4	4	0	0	0	23	13	3	2	1			
(Dec. 1959)							24	177	63	40	16	3	4	
1	1	0					25	4	2	2				
2~3	0	0					26	6	0					
4	5	0					27	14	4	4				
5	21	2	2				28	3	0					
6~8	0	0					29	0	0					
9	1	0					30	6	1	1				
10~17	0	0					31	12	4	4				
18	2	1	1				Total	458	147	86	45	9	7	
19~21	0	0					(Feb. 1960)							
22	1	1	1				1~2	0	0					
23	1	0					3	2	0					
24~26	0	0					4	1	0					
27	1	1	1				5	14	9	4	5			
28	1	1	1				6	8	0					
29	5	2	1	1			7	1	0					
30	34	12	10	1	1		8	2	0					
31	66	28	16	12			9	7(7)	0					
Total	139	48	33	14	1	0	10	1(4)	0					
(Jan. 1960)							11	2(3)	0					
1	5	1	1				12	6(7)	0					
2	103	42	27	8	4	3	13	6(6)	1			1		
3	18	5	4	1			14	1(1)	0					
4	2	0					15	0(0)	0					
5	3	0					16	5(12)	0					
6	1	0					17	77(160)	40	33	6	1		
7	4	0					18	8(11)	0					
8	0	0					19	3(3)	1			1		
9	6	0					20	19(26)	6	3	2	1		
10	7	2		2			21	21(28)	13	8	3	1	1	
11	4	0					22	4(7)	0					
12	6	3		3			23	4(6)	2	2				
13	15	2		2			24	10(13)	0					
14	9	1		1			25	5(8)	3	1	2			
15	7	1		1			26	4(7)	0					
16	3	2		2			27~28	0(0)	0					
17	13	4		2	2		29	5(7)	1			1		
18	8	3	1	2			Total	²¹⁶ (>344)	76	51	18	6	1	

Date	Total number	Felt shock					Date	Total number	Felt shock					
		Number	Seismic intensity						Number	Seismic intensity				
			I	II	III	IV				I	II	III	IV	
(Mar. 1960)						(Apr. 1960)								
1	1(2)	0					1	1(1)	0					
2	7(11)	2	2				2~7	0(0)	0					
3	41(61)	11	5	6			8	1(1)	0					
4	7(7)	1		1			9~22	0(0)	0					
5	2(2)	1	1				23	2(2)	2	1	1			
6	1(1)	1		1			24	0(0)	0					
7	2(2)	1	1				25	2(2)	0					
8	0(0)	0					26	0(0)	0					
9	2(2)	1	1				27	1(1)	0					
10	1(1)	0					28~29	0(0)	0					
11	1(1)	0					30	3(4)	0					
12	0(0)	0					Total	10(11)	2	1	1	0	0	
13	1(2)	1	1				(May 1960)							
14	0(1)	0					1	1(1)	0					
15	1(1)	1			1		2	0(2)	0					
16	0(0)	0					3~4	0(0)	0					
17	1(1)	0					5	0(1)	0					
18	0(0)	0					6~8	0(0)	0					
19	2(2)	0					9	1(1)	0					
20	0(0)	0					10	0(1)	0					
21	1(1)	0					11~31	0(0)	0					
22	1(2)	0					Total	2(6)	0	0	0	0	0	
23	1(1)	0					(Jun. 1960)							
24	0(0)	0					1~11	0(0)	0					
25	1(2)	0					12	1(1)	0					
26	2(3)	1			1		13~25	0(0)	0					
27	4(4)	0					26	1(1)	0					
28	1(1)	0					27	0(0)	0					
29	2(2)	0					28	0(4)	0					
30~31	0(0)	0					29~30	0(0)	0					
Total	83(113)	21	11	8	2	0	Total	2(6)	0	0	0	0	0	0

今回の群発地震は前者に震央を有する地震であった。

神山付近の地震は多くのものが鳴動を伴っていた。この地震は、強羅の地震計によれば、いずれも振幅は小さいが、周期は0.1秒前後の短いものであり、そのため加速度は大きく、震央に近い強羅・上湯・下湯・大湧谷・姥子の一带では強く感じた。たとえば、強羅では半数ミクロンの振幅の地震でさえ、人体に感じたものがあつた。このような地震のため、波動の減衰は非常に早く、震央からわずか数 km 離れた仙石原・元箱根・湯本・小田

原などでは、震度は急激に弱まり、有感地震回数も極度に少なくなっている。そして、強羅で記録された地震回数の約 $\frac{1}{6}$ が、三島測候所（ウイーヘルト地震計、倍率約100倍）でも記録された（Table 3）。

神山付近に震央を有する地震について、地震のひん度 N と振幅 A との間には $NA^{2.5} = \text{const.}$ が、また、地震のひん度 $[N]$ と個々の地震の時間々隔 t との間には $[N]t^{0.8} = \text{const.}$ が成り立った (Fig. 5, 6)。これは、相互の地震が独立していないことを示すもので、このよ

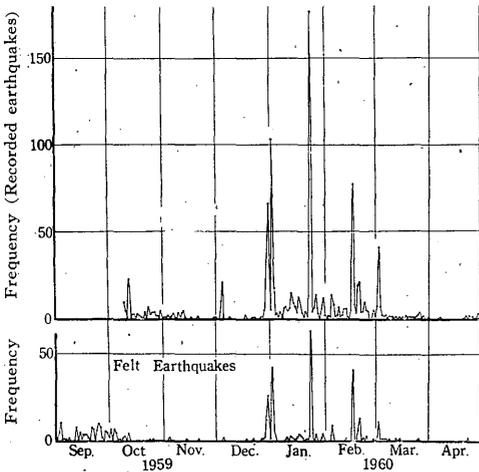


Fig. 2 Daily number of volcanic earthquakes of Hakoneyama, observed at Gōra.

Table 2. Remarkable earthquake swarms of Hakoneyama, observed at Gōra. (During the period from Oct. 1959 to Mar. 1960).

Time	Period of time	Number of earthquakes	
		Unfelt	Felt
Year Month d h ~ d h	Hour		
1959 Oct. 13 08~13 24	16	17	5
1959 Dec. 4 23~ 5 07	8	18	2
1959 Dec. 30 21~1960 Jan. 1 ^{07h}	34	57	38
1960 Jan. 2 02~ 2 24	22	60	42
1960 Jan. 3 07~ 3 24	17	13	5
1960 Jan. 24 04~24 11	7	108	59
1960 Feb. 17 00~17 06	6	31	40
1960 Feb. 20 00~20 10	10	11	6
1960 Feb. 21 00~21 10	10	6	12
1960 Mar. 3 00~ 3 12	12	29	10

うな火山性地震の特性の一つである。

次に、今回の群発地震の中で最も大きかった1960年2月21日00時47分の地震について述べる。

この地震は神山付近の地下数 km 以内の浅い所で起こった。各地の震度は、強羅でIV、三島でIII、湯本でIIと、震央付近では意外に強い震度であったが、有感半径は、わずか20 km 内外にしか達しなかった。しかし、石巻から徳島にわたる広い範囲の気象官署の地震計に記録さ

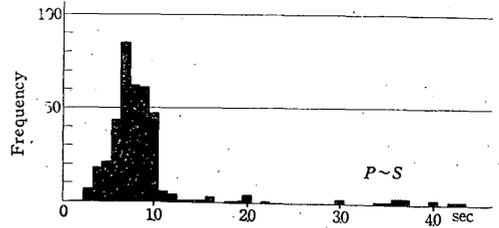


Fig. 3 Frequency distribution of $P\sim S$ of volcanic earthquakes of Hakoneyama (0.3~1.6 sec), and the earthquakes near Hakoneyama (1.8 sec or more) by the seismograph at Gōra (from Oct. 1959 to Mar. 1960).

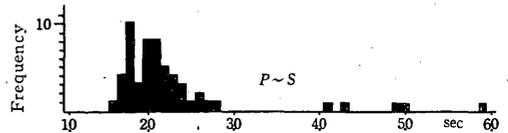


Fig. 4 Frequency distribution of $P\sim S$ of volcanic earthquakes of Hakoneyama (1.6~2.8 sec), and the earthquakes near Hakoneyama (4.1 sec or more), by the seismograph at Mishima Weather Station (from Sep. 1959 to Mar. 1960).

れ、これらの記象からマグニチュードは4.0と推算された。地震波の伝わり方は東日本と西日本とで若干異り、等発震時線 (Fig. 8) はゆがんだ円となる。そして、たとえば、箱根からほぼ等距離にある仙台と神戸 (震央距離約380 km) とでは、後者に到着した地震波は約5秒も遅れている。これは、東日本と西日本との地殻の不均質を現わしているものである。Fig. 8には、いくつかの観測点における初動方向も示した。

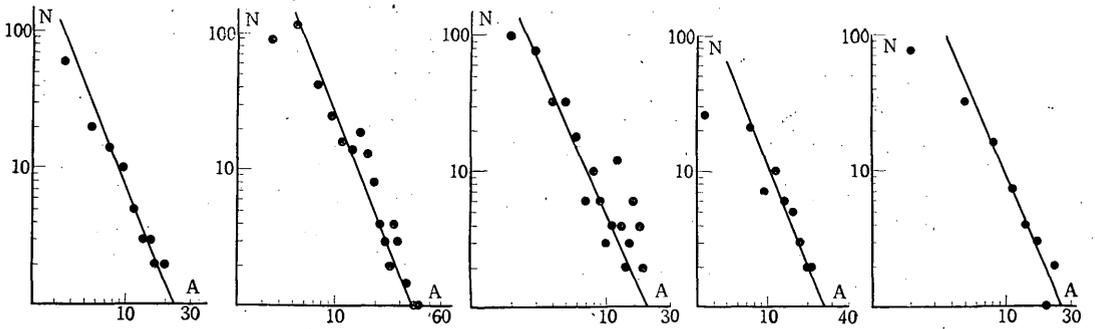
§ 3. 神山付近の地震と潮汐との関係

火山島や海辺の火山で起る地震は、近海の潮汐の影響を受けやすいことが予想される。潮汐が海底におよぼす力は、垂直力はもとより、若干の水平力をも生ずるはずである。

神山は最も近い海岸から9.2 km の距離にあり、今回の火山性地震は、前述のとおり、神山付近の地下数 km 以内の浅い所で起ったのだから、海岸から震源までの距離もわずか9 km 前後しかない。そこで、伊東の検潮所における潮汐 η を用い、低潮時を時間の基点として、その前後の潮汐のいかなる位相の所に神山付近の地震の時刻が分布されているかを調べた。これによると、火山

Table 3. Monthly number of volcanic earthquakes of Hakoneyama, observed at Gōra (3.0 km NE of Kamiyama), Sengokubara Middle School (4.5 km N of Kamiyama), Yumoto Elementary School (7.7 km E of Kamiyama) and Mishima Weather Station (16 km SW of Kamiyama).

Station		Sep. 1959	Oct. 1959	Nov. 1959	Dec. 1959	Jan. 1960	Feb. 1960	Mar. 1960	Apr. 1960
Gōra	Felt shock	105	37	4	46	146	76	21	2
	Unfelt shock	—	>47	26	93	312	140	62	8
	Max. seismic intensity	II	II	I	III	IV	IV	III	II
Sengokubara	Felt shock	8	1	0	0	2	1	0	0
	Max. seismic intensity	I	I	0	0	III	III	0	0
Yumoto	Felt shock	0	1	0	0	4	10	0	0
	Max. seismic intensity	0	I	0	0	III	III	0	0
Mishima	Felt shock	0	0	0	0	4	4	0	0
	Unfelt shock	23	10	5	23	72	29	7	2
	Max. seismic intensity	0	0	0	0	II	III	0	0



Oct. 10~Dec. 10, 1959 | Dec. 28 1959~Feb. 7, 1960 | Feb. 8~Mar. 31, 1960 | 04h~11h, Jan. 24, 1960 | 00h~06h, Feb. 17, 1960
 (by the 40 times seismograph) | (by the 40 times seismograph) | (by Ishimoto's Seismograph) | (by the 40 times seismograph) | (by the 40 times seismograph)

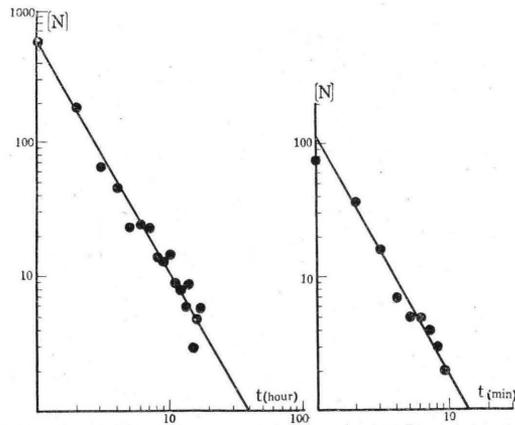
Fig. 5 Relation between maximum amplitude, $A(\mu)$ and number of volcanic earthquakes N at Gōra. ($NA^{2.5} = \text{const.}$)

性地震の発生ひん度の多い時の地震は、低潮時に急激に多くなる傾向がある (Fig. 9)。すなわち、干潮時は、地下におよぼす圧力が減るので、地震が起きやすい状態になるといえる。

なお、1930年の伊東付近の群発地震の発現ひん度についても、これと同じ結果が出されている⁹⁾。伊東と箱根とは距離的に接近していることから、その類似性が興味深い。

§ 4. 火山付近の地震帯とその活動

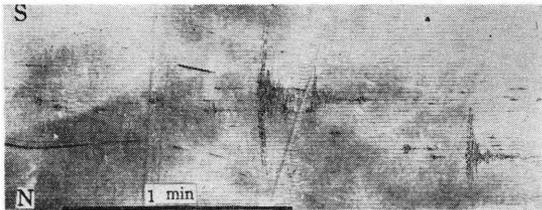
箱根火山を中心とした富士火山帯下の地震の状態を調べるために、1926~59年に起こった205個の地震¹⁰⁾¹¹⁾について震源の状態を調べた。Fig. 10は調査の対称とした地震の震央分布図である。Fig. 11は北緯34~37度に起こった地震で、富士火山帯に平行な直線PQ, RS (東西の幅100 km) (Fig. 10) でかこまれた範囲で起



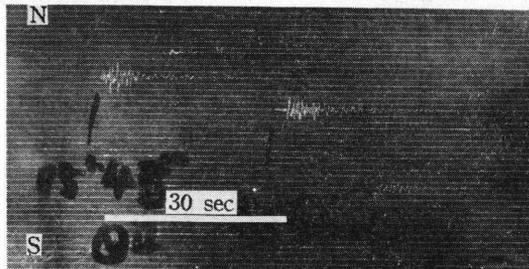
Oct. to Mar. 1960 04^h to 11^h Jan. 24, 1960
 Fig. 6 Relation between frequency number [N] and time interval of every successive shocks of the volcanic earthquakes, observed at Gōra ($[N]t^{1.8} = \text{const.}$)



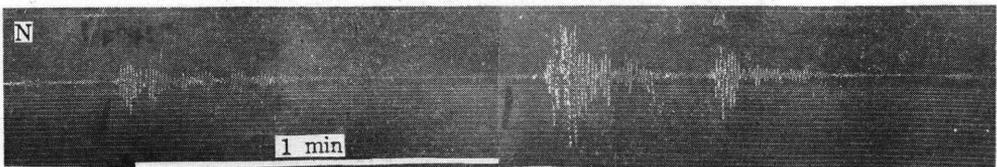
[a] Remarkable swarm of earthquakes of Feb. 17, 1960 (by the 40 times seismograph)



[b] Remarkable swarm of earthquakes of Feb. 17, 1960 (by Ishimoto's Seismograph)



[c] Different types of volcanic earthquakes of Jan. 14, 1960 (by the 40 times seismograph)



[d] January 24, 1960 (by the 40 times seismograph)

Fig. 7 Seismograms of volcanic earthquakes of Hakoneyama, observed at Gōra.

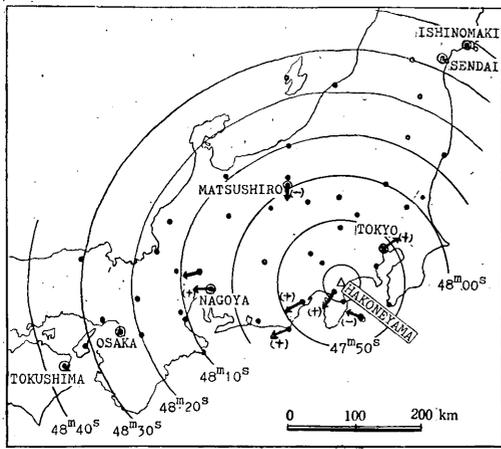


Fig. 8 Iso *P* lines of the volcanic earthquake at 00^h 47^m Feb. 21, 1960, at Hakoneyama.
 ↑ : direction of initial shock of the earthquake
 + : push, - : pull
 • and ⊙ : weather station which observed the earthquake

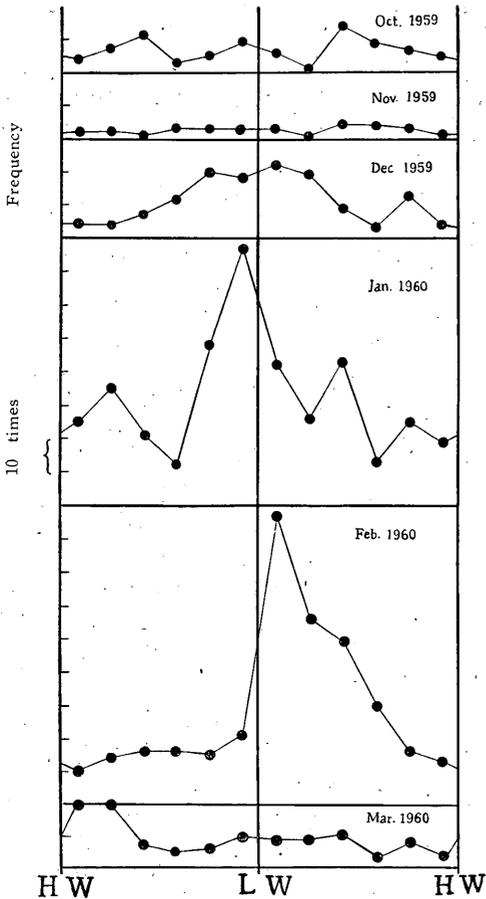


Fig. 9-a Relation between frequency of volcanic earthquakes of Hakoneyama and tidal phases at Itō.
 HW : heigh water, LW : low water

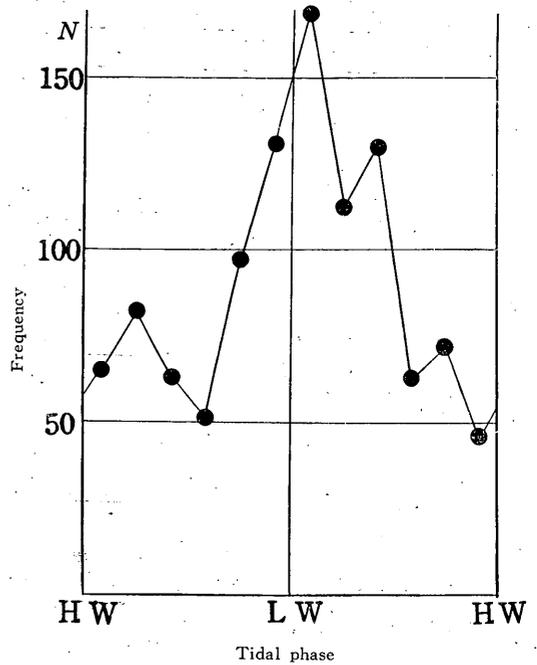


Fig. 9-b Relation between frequency of volcanic earthquakes (*N*) of Hakoneyama and tidal phases at Itō. The earthquakes observed at Gōra, during the period from Oct. 1959 to Mar. 1960.
 HW : heigh water, LW : low water

った地震の震源分布の断面図である。また、Fig. 12は北緯34~36度、東経138~140度の範囲で起こった地震の震源分布の断面図である。これらの図から、富士火山帯下の地震について次のことがいえる。

(1) 火山帯の下100~200 kmには、日本海溝から約45°の傾斜をなして西に深くなる深発地震帯がある。

(2) 相模湾・丹沢付近には、深さ数十 kmの地震群(中深層地震群と名付ける)があり、これは東側が次第に浅くなっている。

(3) 伊豆半島北部ないし伊豆大島北西部には、深さ20 km以内の浅い地震帯(北伊豆地震帯と名付ける)があり、これは、あたかも箱根火山につながるような形をしていることが注目される。この地震帯の深さは箱根火山に近づくにしたがって、より浅くなる傾向を示しているが、箱根外輪山の南側で一応終っている(これはいFig. 3, 4の*P*~*S*が、3秒付近でとぎれていることから推定できる)。また、伊豆大島では、ときどき地震が群発することがあるが、この地震は同島の北西方に分布しているものが多く^{12)~14)}、北伊豆地震帯の南端に含

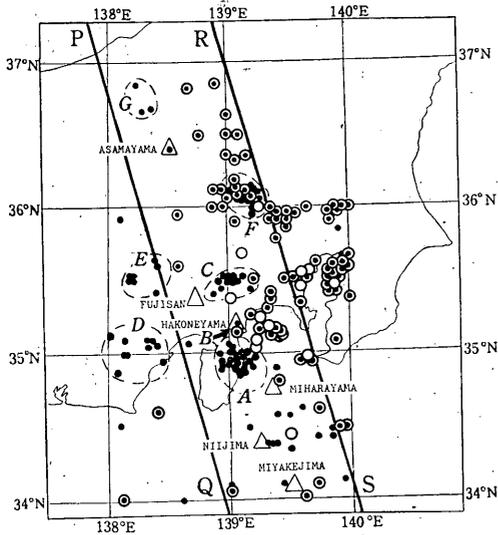


Fig. 10 Distribution of the epicentre of major earthquakes, during the period from 1926 to 1959.

- : shallow focus earthquake in shallow earthquake zone
- : middle focus earthquake
- ⊙ : deep focus earthquake in deep earthquake zone

Surrounded area by dotted line : shallow focus earthquake zone

- A : Northern Izu Earthquake Zone
- B : Hakone Volcanic Earthquake Group
- C : Tanzawa Earthquake Zone
- D : Shizuoka Earthquake Zone
- E : Western Yamanashi Prefecture Earthquake Zone
- F : Chichibu Earthquake Zone
- G : Nagano Earthquake Zone

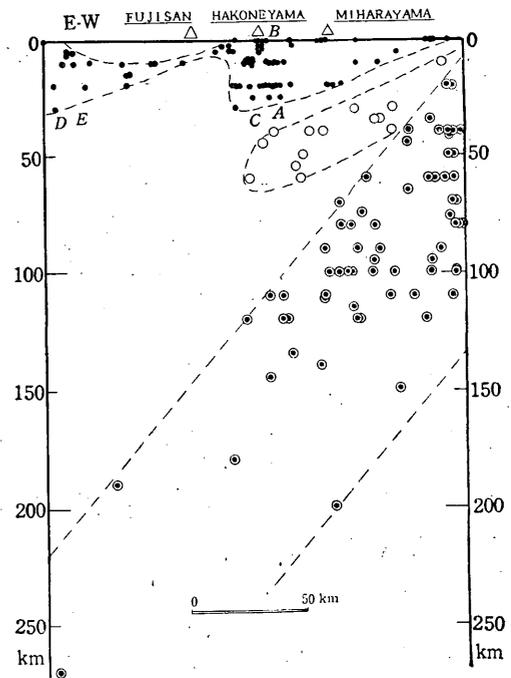


Fig. 12 Vertical distribution of the hypocentres of the earthquakes in the area surrounded by 34°N to 36°N and 138°E to 140°E as is shown in Fig. 10.

A, B, C, D, E are shown also in Fig. 10.

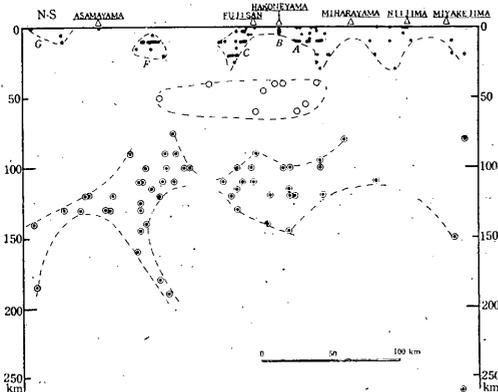


Fig. 11 Vertical distribution of the hypocentres of the earthquakes in the area surrounded by P—Q, R—S and 34°N to 37°N as is shown in Fig. 10.

A, B, C, F, G are shown also in Fig. 10.

まれるものと考えられる。

(4) 丹沢には、深さ 20 km 以内の浅い地震帯 (丹沢地震帯と名付ける) があり、これは富士火山につながるような形をしている。地震の深さは富士山に近づくにしたがってより浅くなる傾向を示している。

(5) 静岡県中部ないし西部には、深さ 20 km 以内の浅い地震帯 (静岡地震帯と名付ける) がある。

(6) 山梨県西部には、深さ 20 km 以内の浅い地震帯 (山梨県西部地震帯と名付ける) がある。

(7) 箱根火山の直下には、深さ 10 km 以内の浅い地震 (箱根火山地震群と名付ける) が起こる。箱根火山の群発地震はこの地震群の活動である。

(8) 各火山の直下では、深い地震は起こらない。

(9) このほか、深さ 20 km 以内の浅い地震帯では、北埼玉地震 (1931年) を起した秩父市付近の地震帯、長野地震 (1941年) を起した長野市付近の地震帯などがあげられる。

上記の各地震帯は、震源の分布状態からみると各々が分離しており、箱根付近では、深発地震帯と中深層地震

群との間隔は火山帯の真下で約 40 km、中深層地震群と北伊豆・丹沢両地震帯との間隔は 20~30 km、また、丹沢地震帯と箱根火山地震群との間隔は約 10 km、北伊豆地震帯と箱根火山地震群との間隔は数 km もあり、それらの地震帯と地震帯または地震群の間には地震が起こったことがない。

また、深発地震帯および中深層地震群に属する地震は、Fig. 10 に示した範囲のものでは、ごくまれにしか起こらないが、それに比べて、他の地震帯または地震群に属するものは多発性があり、ときに被害を伴う大地震も含まれている。過去に被害を生じた北伊豆地震 (1930 年) および伊東地震 (1930 年) は、いずれも北伊豆地震帯に属し、静岡地震 (1935 年) は静岡地震帯に属した活動である。さらに、1929 年には丹沢地震帯で、1920 年には箱根火山地震群に属した地震で、それぞれ被害を若干起こした例がある。

さて、箱根近辺の浅い 5 つの地震帯または地震群 (北伊豆・箱根火山・丹沢・静岡・山梨県西部) で起こったと推定される地震¹⁵⁾¹⁶⁾を、各々の地震帯別に分けて地震のひん度を調べると、地震帯相互の間にいくらかの相関がありそうにみうけられる (Fig. 13, 14)。ことに、北伊豆地震帯は、箱根火山で地震が群発する時期には、それと相前後して多くの地震が発生する傾向がある。なお、Fig. 13 で 1945 年 4 月以後の北伊豆地震帯の活動は戦争などのため、大島測候所の地震観測精度が落ちたので詳細がつかめず、略してある。

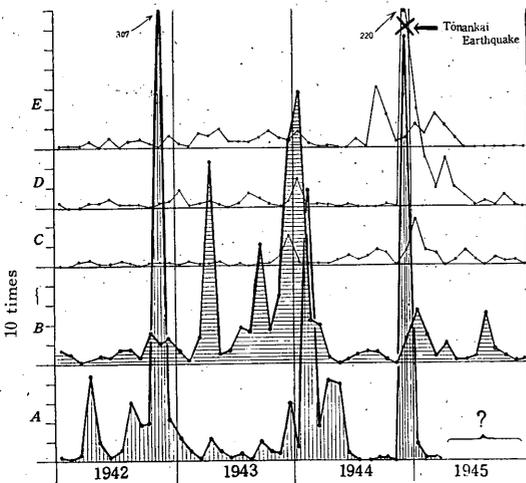


Fig. 13 Monthly number of earthquakes of A, B, C, D, E earthquake zone. A, B, C, D, E are shown also in Fig. 10.

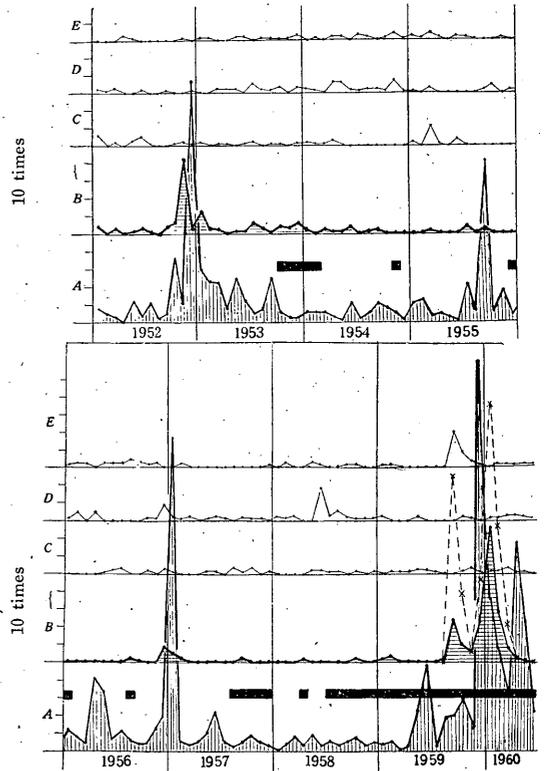


Fig. 14 Monthly number of earthquakes of A, B, C, D, E earthquake zone. A, B, C, D, E are shown also in Fig. 10.

———— Eruption of Volcano Miharayama
 - - - - - Hakoneyama earthquake (felt), observed at Gōra

また、1944 年 12 月 7 日には東南海大地震 (震源: 北緯 33.7°, 東経 136.2°, 深さ 0~30 km) が起こったが、これに刺激されて各地震帯でたくさんの地震が起こった (Fig. 13)。なお、1930 年 11 月の北伊豆地震の際も、その前震と余震が上記の地震帯でたくさん起こっている¹⁷⁾。

§ 5. 箱根火山の群発地震についての考察およびむすび

一般に火山性地震は、火山地帯の浅い所で起こるとされており、箱根火山の場合も、その深さはわずか 10 km 以内の浅いものである。海岸から近いこの地震が、潮汐の影響を受けやすいことは当然である。

また、地震記象は震源の深さの違いや、発震機構の違いなどによって、いろいろな形のもが現われる。たとえば、Fig. 7c に示した 3 つの地震は、互に類似性が乏

しいが、いずれも神山付近の地震であり、おそらく発震機構の相違によるものと考えられる。石本・飯田の統計の m は、だいたい 2.5 となり、これは有珠山¹⁸⁾、浅間山¹⁹⁾、鳥島²⁰⁾ などで起こる 2 つの種類地震 ($m=2$ および $m=3$) の中間にあたる値である。したがって、箱根火山では、上記有珠山、浅間山、鳥島などの地震の中間型のものが起こっていることになる。これが岩しよう自身の移動などによって引き起される地震であるか、あるいは、岩しようから発生するガスなどによって二次的に起こされる地震であるかは今後の研究にまたねばならぬとしても、地震を起こす原因となる熱源は、群発地震発生域ばかりでなく、さらに相当広い地域の問題として考えなければならない。北伊豆地震帯は箱根火山に最も近い活発な地震帯であると共に、箱根火山に近づくと次第に浅くなる。そして、伊豆大島北西域で地震が群発すると、数か月以内に箱根でも地震が群発する傾向が強い。その時間的一致は、地震帯相互に相通ずるものがあることを考えざるを得ない。いわば、北伊豆地震帯の地震活動の余波が、箱根火山の地震として現われるものと思われる。これは箱根の火山性地震の活動を監視するうえに一つの目安となるものであろう。しかし、伊豆大島では箱根火山以上にひんぱんに群発地震が起こっているが、そのたびに顕著な余波が箱根火山におよぶとは限らない。たとえば、1955、56、57年の北伊豆地震帯の群発地震（伊豆大島の北西域で群発した）に際しては、箱根火山地震群では、いくらか地震が増した程度で、あまり顕著な活動はなかった。ただし、地震計が箱根に設置してなかったから、微小地震の増加度は不明である。

また、大地震がかなりの広範囲にわたる地震帯を活動させることは、前述の東南海大地震や北伊豆地震の際の例でも明らかであるから、火山の内部のように、地殻の均等が不安定になりやすい所では、近くで起こった大地震のショックで、火山性地震も起きやすくなると思わなければならない。

箱根火山は有史時代には噴火の記録が全くなく、いわゆる老衰期の火山とみなし得るが、しかし、すでに完全に死滅したとみるのは早計である。各所に豊富に温泉が湧出し、大湧谷・早雲山などに噴気孔が存在し、その硫黄変質地帯に山くずれが発生したり、ときどき局発的な地震が起ることは、地下ではいまだに火山作用が相当活発に営まれていることを物語っている。

終りに臨み、この調査のため、種々御便宜をはかって下さった気象庁地震課の諸氏に謝意を表する。

参考文献

- 1) 川瀬二郎・竹山一郎・野口憲男：箱根山のひん発地震について、験震時報，**19** (1954)，24~27.
- 2) 気象庁：地震月報 (1960年12月).
- 3) 水上武・宮崎務・伊東喜久子：箱根火山の群発地震，火山，2集，**5** (1960)，52.
- 4) 水上 武：箱根，早雲山付近の地震および地鳴りに関する調査報告，神奈川県土木部砂防課 (1959年10月).
- 5) 水上 武：箱根神山，早雲山の群発地震，箱根火山の群発地震の概況，神奈川県土木部砂防課 (1960年2月1日).
- 6) 水上武・平賀士郎・宮崎務・行田紀也・伊東喜久子：箱根火山，神山付近の群発地震および鳴動に関する観測報告，神奈川県土木部砂防課 (1960年4月).
- 7) 気象庁：潮位表 (1959, 1960).
- 8) 国富信一：北伊豆地震と伊東の頻発地震との関係，験震時報，**4** (1931)，313~320.
- 9) 今村研究室・地震学教室：伊東地震に就て (第2報)，地震，**2** (1930)，292.
- 10) 気象庁：地震月報，別冊1 (1958).
- 11) 気象庁：地震月報 (1957~59).
- 12) 田沢堅太郎：大島における火山性地震と三原山の噴火 (第2報)，研究時報，**9** (1957)，431~435.
- 13) 田中康裕：三原山で起る火山性地震・微動の性質，験震時報，**22** (1958)，192~194.
- 14) 横山 泉：大島の地球物理学的研究の綜括，火山，2集，**3** 大島特集号 (1958)，41.
- 15) 中央気象台：気象要覧 (1942~45).
- 16) 気象庁 (中央気象台)：地震月報 (1952~60).
- 17) 隼田公地：北伊豆烈震および余震の震央位置，験震時報，**5** (1932)，123~130.
- 18) T. Kizawa: A Study of Earthquakes in Relation to Volcanic Activity (I), Papers in Meteorology and Geophysics, **8** (1957)，150~169.
- 19) 水上武・平賀士郎：火山に発生する地震の1, 2の性質，火山，2集，**3** (1958)，54.
- 20) 田中康裕：鳥島火山の活動性 [I]，験震時報，**23** (1958)，163~164.