

阿蘇カルデラ北部の群発地震活動について*

京都大学理学部火山研究施設

序

1975年1月20日から、阿蘇カルデラ北部に発生した地震群は、1月22日には $M=5.6$ の地震が、また1月23日には $M=6.0$ の地震が発生し、地震による被害も生じた。

九州の中央部を別府湾から、九重・阿蘇・熊本・島原半島に横切る地域は、群発地震多発地帯である。阿蘇カルデラ北部にも、しばしば群発地震が発生しているが、同地域では、今回のような $M=6$ 程度の規模の地震の発生は記録にない。

また、震央域が阿蘇中岳に近いこともあって、火山性地震との発表もあった。

以下に観測体制・地震の経過・過去の地震活動・火山活動との相関等について略述する。

§1 観測体制

九州地方には、微小地震観測のネットは全くないが、今回の地震は、気象庁・京都大学・九州電力の地震観測網で囲まれた地域に発生しており、また、京都大学理学部阿武山地震観測所と京都大学防災研究所微小地震部門の移動観測班および熊本大学の観測班・京都大学火山研究所の観測班が、震央付近に短期間投入された。

主な地震観測点を第1図に示す。(気象庁阿蘇山観測所は省略)

以上の如く、群発地震発生の初期から、多くの観測点で観測がなされているので、将来、群発地震に関する有用なデータが発表されるものと思う。

京都大学理学部火山研究施設における、常時観測点(第1図では●印)の計測器は第1表の通りである。

また、移動観測班(第1図では▲印)は

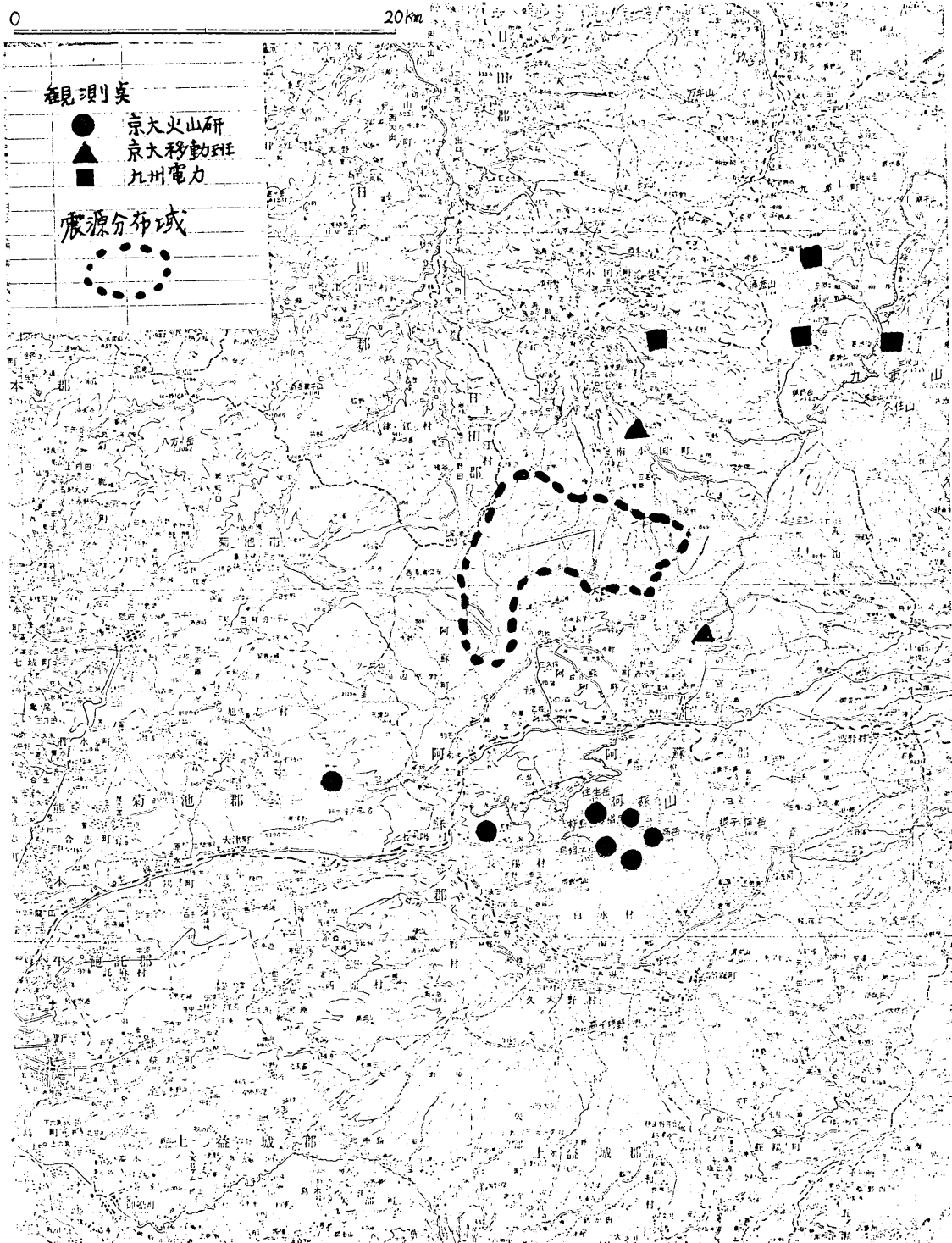
名 称	場 所	期 間
阿 武 山	手 野 (震 央 の 南)	1 月 2 7 日 — 1 月 3 0 日
防 災 研	万 願 寺 (震 央 の 北)	1 月 2 7 日 — 2 月 3 日

で行った。また、熊本大学は、手野で2月から、火山研は、山田で臨時観測を行った。

地磁気については、常時観測の他に、震央域に磁気点を数点新設し、数回プロトン磁力計による測定を実施した。

更に、1月23日23時19分の $M=6$ の地震については、アンケートによる震度調査も実施した。

* Received Apr. 7, 1975



第 1 図

第 1 表 中 岳 火 口 周 辺

観 測 点 名	設 置 機 器
本 堂 観 測 所	S-200 (E-W, N-S), 火山微動エネルギー積算器, ガリチン型地震計 3 成分
火 口 西 観 測 点	PK110 地震計 3 成分
馬 の 背	" 上下動
火 口 北	" "
火 口 東	" 3 成分
第 4 火 口	" 上下動
砂 千 里 観 測 室	PK110 地震計 3 成分
杵 島 岳	VIP-1 型地震計 "
高 岳	" "

火山研究施設本所設置機器

ガリチン B 型地震計	3 成 分	ブ ロ マ イ ド 記 録
H E S 型 地 震 計	"	フ ィ ル ム 記 録
ウィヘルト 地 震 計	"	煤 書 き 記 録
高 倍 率 地 震 計	"	"
エントレスレコーダーによる 観 測	3 点 3 成分	磁気テープ ペン書き
微 気 圧 計		煤 書 き 記 録

外 輪 山

設 置 場 所	設 置 機 器
真 木 観 測 点	高倍率地震計 3 成分 (煤書き記録)

§ 2 地震の経過

火山研究施設本所における、地震総数および有感地震回数は、第 2 図のようになり、また、地震発生初期の 30 分毎の地震回数は、第 3 図のようになっている。

地震発生の様子をみると、特に第 3 図で顕著であるが、群発地震の様相を示している。

震央位置は、験測結果が全部整理されていないので、完全なものは得られないが、火山研究施設本所で実施している、三点観測の記録から、30 個程度の地震の震央を決めた。その震央域を第 1 図に……で囲って示してある。

震央は、外輪山北部に集中しており、カルデラ内の火口原や中央火口丘群のある位置では発生していない。

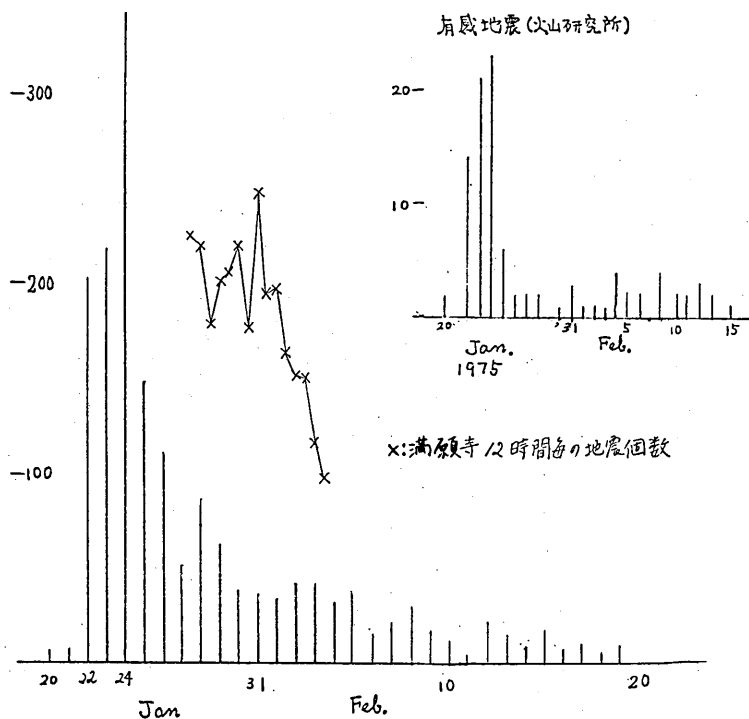
次に、1 月中の主な群発地震のマグニチュードをみると、第 2 表のようになる。

第 2 表

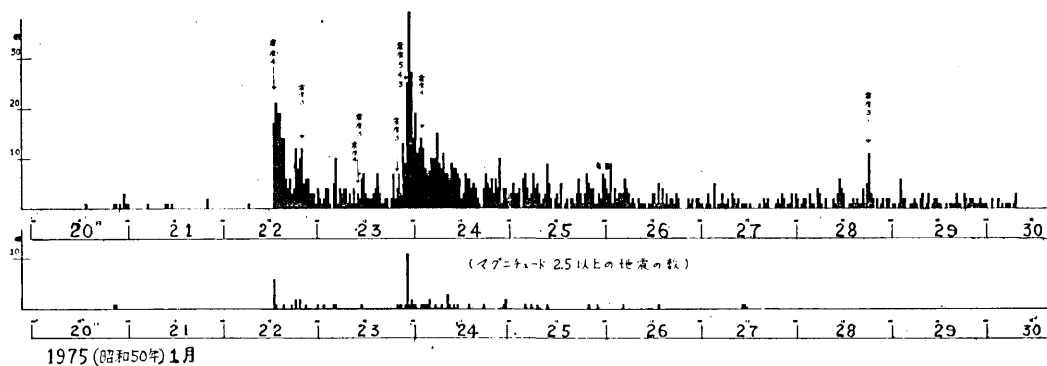
Date	H . M .	M	Date	H . M .	M	Date	H . M .	M
2 2	1 3. 4 1	5. 6	2 3	2 3. 1 9	6. 0	2 6	1 4. 0 0	3. 5
"	1 3. 5 0	3. 6	"	2 3. 2 6	4. 7			
"	1 3. 5 3	3. 6	"	2 3. 3 1	5. 2	2 7	1 9. 0 6	3. 8
"	1 3. 5 5	3. 6	"	2 3. 3 5	3. 6			
"	1 4. 1 0	3. 9	"	2 3. 4 2	3. 5	3 1	0 6. 5 5	4. 3
"	1 4. 2 0	3. 9						
"	1 4. 2 3	3. 8	2 4	0 0. 0 7	3. 6			
"	1 4. 2 6	3. 7	"	0 0. 1 7	3. 6			
"	1 5. 0 1	3. 4	"	0 0. 3 1	3. 4			
"	1 8. 0 0	3. 6	"	0 0. 4 0	3. 7			
"	1 8. 4 5	3. 8	"	0 1. 2 3	3. 7			
"	1 9. 0 8	4. 3	"	0 2. 5 9	5. 0			
"	1 9. 5 5	4. 0	"	0 4. 1 1	3. 6			
"	2 0. 1 0	3. 5	"	0 6. 2 2	3. 6			
"	2 0. 1 5	3. 5	"	0 9. 1 1	4. 2			
"	2 0. 2 1	3. 9	"	0 9. 2 2	3. 6			
"	2 0. 3 7	3. 7	"	0 9. 4 2	3. 8			
			"	0 9. 4 6	4. 0			
2 3	0 2. 2 9	3. 7	"	1 4. 4 6	3. 8			
"	0 5. 1 2	3. 9	"	1 8. 0 9	3. 6			
"	1 1. 4 4	4. 5	"	2 3. 3 8	3. 5			
"	2 0. 5 9	4. 7						
"	2 1. 5 9	4. 2	2 5	0 4. 3 5	4. 0			
"	2 2. 4 8	3. 7	"	0 6. 2 6	3. 8			
"	2 2. 5 5	4. 2	"	1 0. 0 9	4. 9			

このマグニチュードは、震央から約 100 Km 北にある、福岡教育大学（赤間）のマインカ型（ $V=100$, $T=8_s$ ）地震計記録から三浪俊夫によって決められたものである。

この群発地震には、 $M=6.0$ が 1 個、 $M \geq 5$ が 3 個含まれている。



第 2 図



第 3 図 阿蘇外輪山域群発地震頻度 (30分間に起った地震の数)

§ 3 過去に同地域に発生した地震

過去に同地域に発生した地震は、気象庁発刊の“日本付近の主要地震の表および地震月報”から選ぶと第3表のようになる。第3表では、 131°E 、 33°N を中心として半径50km以内にある1926年以降のものが選ばれている。

第 3 表

NO.	Y	M	D	H	M	LOCATION	"	S	LONG.	LAT.	DEP.	MAG.	C
1	1928	2	22	10	30		30	0.0	130 48	32 48	0	5.1	
2	1928	8	30	4	2		2	0.0	130 36	32 54	0	0.0	
3	1928	9	20	17	5		5	0.0	130 48	32 54	0	4.3	
4	1928	11	5	13	41		41	0.0	130 54	33 12	10	4.9	
5	1928	12	22	4	36		36	0.0	130 54	33 6	0	4.7	
6	1928	12	22	8	17		17	0.0	131 0	33 6	0	5.2	
7	1929	1	2	1	40		40	0.0	130 54	33 6	0	5.4	
8	1929	2	3	21	27		27	0.0	130 48	32 54	0	4.9	
9	1929	5	8	14	22		22	0.0	130 36	32 48	0	0.0	
10	1929	10	10	4	45		45	0.0	131 6	32 54	120	0.0	
11	1931	1	15	22	38		38	0.0	130 36	32 54	10	4.6	
12	1933	3	25	21	50		50	0.0	130 54	33 0	0	5.0	
13	1933	10	2	4	23		23	0.0	131 18	32 54	100	0.0	
14	1934	1	29	10	58		58	0.0	131 0	33 0	20	5.5	
15	1935	3	7	19	41		41	0.0	131 6	33 6	20	4.8	
16	1937	1	27	16	4		4	0.0	130 48	32 48	10	5.0	
17	1937	1	28	9	43		43	0.0	130 42	32 42	10	5.5	
18	1947	5	9	23	5		5	0.0	131 6	33 18	20	5.5	
19	1947	5	11	6	53		53	0.0	131 12	33 24	20	5.5	
20	1948	2	15	9	10		19	0.0	130 48	32 42	10	4.8	
21	1953	7	20	21	29		29	0.0	131 18	32 48	110	0.0	
22	1953	8	8	3	51		51	0.0	131 18	32 42	120	0.0	
23	1957	5	30	15	25		25	0.0	130 48	32 36	30	4.1	
24	1957	7	20	4	2		2	0.0	131 18	33 6	100	0.0	
25	1958	3	14	15	13		18	0.0	130 48	32 36	10	3.9	
26	1961	6	7	3	55	S PART OF FUKUOKA PREF	55	32.5	130 33	33 7	0	0.0	L
27	1961	6	10	2	5	CENTRAL PART OF KYUSHU	5	28.6	130 43	32 39	40	0.0	L
28	1961	8	1	19	50	S PART OF OITA PREF	30	24.6	131 29	32 57	100	4.7	S
29	1961	9	10	12	47	KUMAMOTO PREF	47	9.2	130 44	32 57	0	0.0	L
30	1961	10	2	3	22	CENTRAL KYUSHU	22	22.9	131 13	32 53	20	0.0	L
31	1961	10	11	7	40	COAST OF ARIAKEKAI	40	39.5	130 28	33 0	0	0.0	L
32	1961	11	9	20	20	CENTRAL KYUSHU	20	41.3	131 14	32 55	40	0.0	L
33	1961	11	17	19	4	N PART OF KUMAMOTO PREF	4	1.7	130 28	32 59	20	0.0	U
34	1961	12	11	13	57	KUMAMOTO PREF	57	50.8	130 42	32 46	0	4.0	L
35	1962	3	13	3	21	NEAR KUMAMOTO	21	7.0	130 44	32 54	20	0.0	L
36	1962	3	29	12	36	N PART OF KUMAMOTO PREF	36	37.7	130 48	32 52	0	0.0	L
37	1962	3	29	12	38	N PART OF KUMAMOTO PREF	38	7.7	130 48	32 51	0	0.0	L
38	1962	3	30	2	0	N PART OF KUMAMOTO PREF	0	49.7	130 48	32 46	0	0.0	L
39	1962	4	13	15	41	KUMAMOTO PREF	41	31.4	130 46	32 49	40	4.0	M
40	1962	4	15	14	25	FUKUOKA PREF	25	48.5	130 31	33 5	20	0.0	L
41	1962	4	25	4	9	N PART OF KUMAMOTO PREF	9	45.3	130 46	32 52	0	0.0	L
42	1962	5	21	13	55	N PART OF KUMAMOTO PREF	55	50.7	130 42	32 55	0	0.0	L
43	1962	12	17	10	10	N PART OF KUMAMOTO PREF	10	45.8	130 47	32 58	0	0.0	L
44	1963	2	4	16	13	KUMAMOTO PREF	13	47.2	130 52	32 45	40	0.0	L
45	1963	8	2	13	47	KUMAMOTO PREF	47	46.9	130 47	32 48	20	0.0	L
46	1963	8	2	13	54	KUMAMOTO PREF	54	6.6	130 46	32 52	0	0.0	L
47	1963	8	20	18	22	KUMAMOTO PREF	22	0.5	130 46	32 50	0	0.0	L
48	1963	9	19	8	23	N PART OF KUMAMOTO PREF	23	51.9	130 48	32 50	20	0.0	L
49	1963	9	20	3	21	N PART OF KUMAMOTO PREF	21	11.5	130 51	32 46	0	0.0	L
50	1963	9	21	6	51	N PART OF KUMAMOTO PREF	51	26.3	130 53	32 48	0	0.0	L
51	1963	12	0	4	23	KUMAMOTO PREF	23	53.1	130 46	32 58	0	0.0	L
52	1963	12	9	4	48	KUMAMOTO PREF	48	57.8	130 58	32 53	20	0.0	L
53	1964	1	1	12	1	N PART OF KUMAMOTO PREF	0	56.9	130 51	33 0	0	0.0	L
54	1964	6	10	23	25	KUMAMOTO PREF	25	48.2	130 43	32 56	0	0.0	L
55	1964	10	17	17	54	FUKUOKA-KUMAMOTO BORDER	54	12.8	130 28	33 0	0	0.0	U

NO	Y	M	D	H	M	LOCATION	K	S	LONG.	LAT.	DEP.	MAG.	C
56	1965	4	26	12	7	KUMAMOTO PREF	7	21.7	130 46	32 53	20	3.8	L
57	1965	11	14	9	3	KUMAMOTO-OITA BORDER	3	32.5	130 55	33 2	0	4.7	L
58	1965	11	26	10	17	N PART OF KUMAMOTO PREF	17	33.0	130 51	32 55	0	4.3	L
59	1966	8	11	20	34	N PART OF KUMAMOTO PREF	34	28.4	130 40	33 3	0	3.6	L
60	1967	2	17	16	12	KUMAMOTO PREF	12	52.6	130 51	32 48	10	3.8	L
61	1967	6	15	21	43	NEAR KUMAMOTO	43	23.1	130 36	32 47	10	3.7	L
62	1967	7	7	8	15	MIYAZAKI PREF	15	58.0	131 10	32 35	150	5.0	S
63	1967	11	7	9	6	FUKUOKA-OITA BORDER	6	10.5	130 49	33 21	0	4.0	L
64	1968	5	4	7	44	N OF KUMAMOTO PREF	44	46.2	130 51	32 48	0	3.6	L
65	1969	5	2	2	1	N OF KUMAMOTO PREF	1	6.4	130 47	32 55	10	3.5	L
66	1969	9	4	7	9	S OF OITA PREF	9	24.5	131 26	32 57	110	4.7	S
67	1970	8	9	6	55	NEAR KUMAMOTO	55	46.3	130 49	32 43	10	4.5	S
68	1970	8	9	15	12	NEAR KUMAMOTO	12	40.1	130 52	32 45	10	4.1	L
69	1970	8	9	15	25	NEAR KUMAMOTO	25	2.4	130 50	32 44	10	4.1	S
70	1970	8	9	15	37	NEAR KUMAMOTO	37	49.4	130 53	32 48	10	3.7	L
71	1970	8	9	19	1	NEAR KUMAMOTO	1	5.5	130 52	32 47	10	3.8	L
72	1971	3	18	19	36	KUMAMOTO-MIYAZAKI BORDER	36	54.4	131 9	32 36	130	4.3	U
73	1971	3	24	13	40	CENTRAL KUMAMOTO PREF	40	16.5	130 46	32 47	10	4.2	S
74	1972	1	12	23	22	KUMAMOTO-OITA BORDER	22	10.1	131 11	33 3	10	4.1	L
75	1972	5	12	3	33	NORTHERN KUMAMOTO PREF	33	32.1	130 55	33 0	20	3.8	L
76	1972	11	17	3	55	NE KUMAMOTO PREF	55	35.7	131 15	32 47	10	3.9	L
77	1973	5	24	19	42	CENTRAL OITA PREF	42	5.2	131 27	33 9	120	4.2	S
78	1974	1	1	6	28	SW FUKUOKA PREF	28	8.1	130 29	33 7	0	4.0	L
79	1974	2	4	8	35	NORTHERN KUMAMOTO PREF	35	3.3	130 54	32 56	20	4.3	L
80	1974	2	11	20	17	NORTHERN KUMAMOTO PREF	17	32.2	130 56	32 57	0	4.4	L
81	1974	2	13	20	52	NORTHERN KUMAMOTO PREF	52	50.0	130 45	32 56	0	3.6	L

近年では、マグニチュードの小さい地震まで出ているので回数は多いが、 $M \geq 5$ の地震は、近年この付近では発生していない。

同地域で発生する地震は、第3表に示した地震を核として、その前後にある期間群発する傾向をもっている（茂木清夫は、このうちのいくつかは、前震—本震—余震の型であるとしている）。

また、第3表に示したように、今回のような $M=6$ の地震は発生しておらず、1926年以前にも、阿蘇カルデラ南西部には、 $M>6$ の地震が発生しているが、今回の場合とはほぼ同じ、カルデラ北部では発生していない。

特に今回の地震とほぼ同じ震央位置であるカルデラ北部に発生した地震をみると、今回の地震の推移や、火山活動との相関を推定する資料となる。

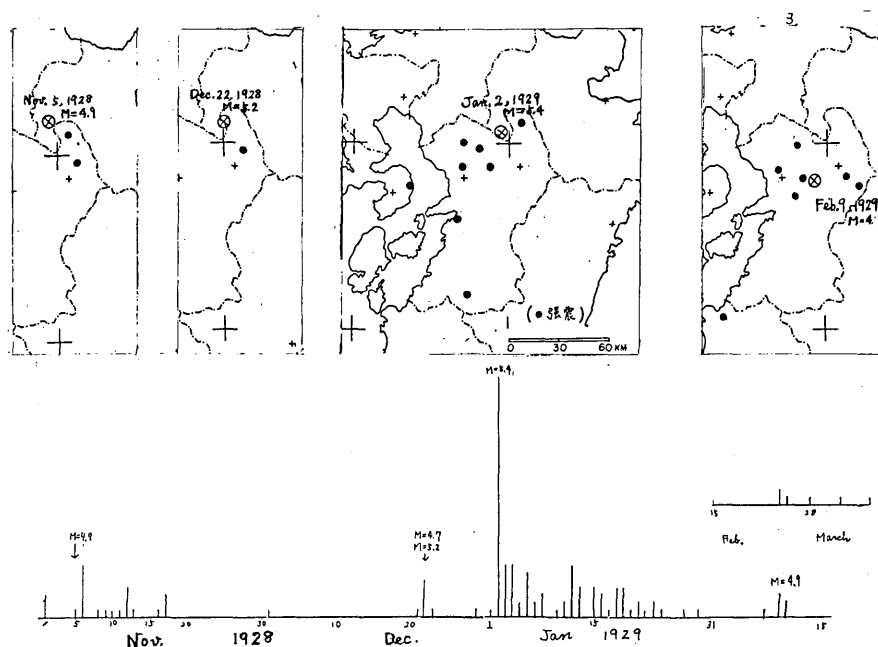
ここでは、1928年11月から、1929年2月9日にかけて発生した群発地震すなわち第3表の $M_4 \sim M_8$ の一連の地震を核として群発地震に着目してみよう。このうち M_7 の地震は、1926～1974年の間で同地域に発生した最大規模の地震である。このときの群発地震では、カルデラ北部にある小国地方で連日有感地震があった記録が残されている。

有感地震回数は第4図（下）のようになり、1日の発生回数では今回より多い日がある。そしてある期間をおいて群発している様子がよくわかる。震央位置は、阿蘇カルデラ北部に集っていたが、2月9日に阿蘇外輪南西部に移動している。第4図（上）には震央位置および「強震」と記録された場所を示した。この図から地震の震央とおおよその規模が推定できる。

当時の地震群のマグニチュードを別府市にある京都大学理学部地球物理研究施設のウィーヘルト地震計の記録から決めたものが、第4表に示してある。

ごく最近の群発地震では、第5図に示す位置に1970年8月9日に群発地震が発生した⁽¹⁾（第3表 $M_5.8 \sim M_6.2$ ）。その後震央位置は第6図に示す様に、カルデラ外縁の南西から北に移動しながら群発していて、阿蘇付近では、第6図に示す位置（A—A' line）に群発地震発生域があると考えられている。

阿蘇での群発地震は、1933年1月前後のカルデラ内で発生した地震を除いて、火山活動との関係は全くなかった。

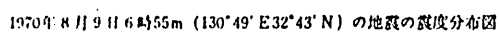


第 4 図

第 4 表

Y.	M. D.	H. M	マグニ チュード	エネルギー (エルグ)	気象庁で決めた震央とM
1928	11,05	13.45	4.6	5.01×10^{18}	N33°12' E130°54' M=4.9
	12,22	04.36	3.8	3.16×10^{17}	N33°06' E130°54' M=4.7
	12,22	04.39	2.8	1.00×10^{16}	
	12,22	04.56	2.8	1.00×10^{16}	
	12,22	08.17	4.3	1.78×10^{18}	N33°06' E131°00' M=5.2
	12,22	09.59	3.3	5.62×10^{16}	
1929	1, 2	01.36	—		N33°06' E130°54' M=5.4
	1, 2	12.22	2.8	1.00×10^{16}	

N 32° 54' E 130° 48' M = 4.9



Map of the island of Makurap (LAB) showing seismicity. The map includes labels for '4th', '3rd', '2nd', and '1st' zones, 'MAK', 'LAB', and 'crater'. A dashed line A-A' and a solid line B-B' are shown. A legend indicates circles for $M \geq 2.5$ and dots for $M < 2.5$. A scale bar shows 10 km.

- 15 -

§ 4 火山活動との相関

火山の近くで群発地震が発生した場合、火山活動と直接結びつく火山性地震かどうかただちに問題となる。ごく一般には両者の区別は、地震発生初期にはつけがたい。しかし阿蘇のように長年月の観測資料がある場合にはある程度見当がつく。

今回の地震が火山活動とただちに関係をもつ火山性地震ではないことを次のような事柄から判断した。

- (1) 火山性地震にしてはマグニチュードが大きい。M=6程度の火山性地震が噴火前に記録された例はない。
- (2) 同じ地域で発生した、同種の群発地震の場合、直接火山活動とは結びつかなかった。
- (3) 震源がカルデラ内や中央火口丘群に移動して来なかった。
- (4) 次々に発生する群発地震の発震機構がほぼ同じで、九州中部で発生する地震と同じ東西圧縮型であった等である。

火山性地震の発震機構を調べた例は少いが、一連の地震群の中に種々の発震機構のものが観測されている。

参 考 文 献

- (1) 久保寺 章・大塚 道男(1971): 1970年8月、熊本県上益城郡に発生した地震の調査。
災害科学西部地区研究報告
- (2) Wada, T. K., Kamo and Y. Sudo (1972): A characteristic occurrence of earthquake swarms at the Aso Caldera-Rim.
Cont. Geophy. Inst. Kyoto Univ. 1612