

焼岳火山付近の群発地震観測

和田 博夫・伊藤 潔・梅田 康弘・角野 由夫

OBSERVATION OF SEISMIC ACTIVITY NEAR MOUNT YAKE-DAKE VOLCANO IN CENTRAL HONSHU, JAPAN

By HIROO WADA, Kiyoshi ITO, Yasuhiro UMEDA and Yoshio SUMINO

Synopsis

Earthquake swarm activities have been occurring since January 1990 in the vicinity of Mount Yake-dake volcano in central Honshu, Japan. The volcano erupted frequently but it has been 30 years since the last eruption in 1962. Temporary observation of microearthquakes was conducted near the volcano to survey the seismic activity. A station was set at about 1.5 km away from the summit crater in September, 1990 and five temporary stations were installed in the surrounding area of the volcano during the period from July to September, 1992. After that, three stations have been maintained to monitor the seismic activity. Although only a few events were located in the volcano during the period from July to September, 1992, the focal depths of the events were found to be very shallow as less than 3 km. In October and December, earthquake swarms occurred right beneath Yake-dake volcano. Earthquake swarms were also found in northeast, north and southeast of the volcano.

Reviews of the studies on the volcano activity and earthquake swarms near the volcano are also given in this paper.

1. はじめに

飛騨山脈のほぼ中央部に位置する焼岳火山 (2455 m) は、古くは16世紀 (天正年間) 以来、幾度となく噴火していることが古文書等によって明らかになっている。最新の噴火活動は1962年 (昭和37年) であり、以降その活動は静穏化している。しかし最近、従来とは異なる場所数カ所から水蒸気の噴出が見られる。一方、近傍の地震活動に注目してみると、1990年頃から飛騨山脈全体の活動が活発化している傾向にあり、焼岳火山の極近傍においても微小地震の発生が見られ、注意を要する。われわれは、1990年9月に焼岳の山頂近くに観測点を設置して、活動の把握に努めてきたが、今回焼岳火山周辺において数点の臨時観測点を設置して、約2ヶ月間極近傍の微小地震観測を行った。

本報告では今回の臨時観測の結果を報告するとともに、焼岳火山の噴火活動の歴史並びにこれまで焼岳及びその周辺を対象として研究された報告等について述べる。

2. 焼岳火山の噴火活動

焼岳火山の噴火の歴史は、震災予防調査会報告^{13),14),37)}、その他^{18),29)} に詳しく述べられている。それらを

Table 1. Volcanic activity of Mt. Yake-dake and seismic activity near volcano^{14),18),29),40)}. Numerals in parentheses denote month of the year.

year	Volcanic Activity	Seismic activity etc.
1584	Yake-dake big eruption (legend)	
1585	Ioyama big eruption (Priest Ken'nyo's Diary)	large eq.
1735		land slide (eastern side of Warudani)
1746	Io-dake big eruption	large eq.
1889	heavy ash clouds	land slide(Sodegatani)
1907	eruption & ash fall(12)	
1908	eruption & ash fall(3, 7)	
1909	eruption & ash fall(1, 3-6)	
1910	eruption & ash fall(11)	
1911	explosion, earth sounds & ash fall(6, 7)	
1912	ash fall(2-5)	
1913	eruption, earth sounds & ash fall(9)	
1915	eruption (formed Taisho Pond)(6) small eruption(7, 9)	eq. swarm before eruption
1916	eruption & ash fall(3, 4)	
1919	eruption	
1922	abundant ash clouds	
1923	eruption, earth sounds & ash fall(6)	
1924	eruption & ash fall(11)	
1925	small eruption, earth sounds & ash fall explosion(4)	
1926	small eruption(1)	
1927	eruption & ash fall(1, 4)	
1929	eruption, earth sounds & ash fall(4)	
1930	eruption(3)	
1931	eruption & ash fall(3, 6)	
1932	eruption & ash fall(2)	
1935	eruption(9)	felt eq. after eruption
1939	eruption & ash fall(6)	
1953		eq. swarm(7)
1958		eq. swarm(6-9)
1962	eruption, cinder & ash fall(6) small eruption & mud flow(7-12)	
1963	small eruption & ash fall(1-3)	eq. swarm
1968		eq. swarm(11)
1969		eq. swarm(8, 9)
1990		eq. swarm(1, 4)

まとめて表にしたものを **Table 1** に示す。これによると、古くは1584年（天正年間）まで、さかのぼることができる。焼岳火山西麓の諸集落の口碑によれば、「今より二百年前硫黄ヶ岳破裂し其噴火は七年間継続したり」とある。また、高山測候所長の報告によれば、「天正十二年に硫黄岳大噴火があり、西麓白水の溪谷を埋め現今の中尾区に在る平地を作りたるものなり」と口碑によるものとして記載されている。

これ以降、度々噴火活動を繰り返しているが、とりわけ活動が盛んであったのは1900年代（明治時代後半）に入ってからである²⁸⁾。特に1915年（大正4年）の大噴火では山腹東側側壁に大亀裂を生じ、そのとき発生した泥流が梓川を堰止め大正池を生成した (**Fig. 1**)。またこの噴火の直前には地震が群発したとの記録もある。

最も新しい噴火活動は1962年(昭和37年)6月で^{12),32),47)}、これによって負傷者4名を出している。その後、この年の12月頃まで小噴火を繰り返したが、それ以降今日まで噴火はない。しかし、岐阜県側の岩坪谷の源流あたりでは数カ所の噴気孔が確認されており、注意深く監視する必要があると思われる。

3. 焼岳火山周辺の過去の地震活動

焼岳周辺の過去の地震活動については、Table 1 に示してあるように、多くの群発地震の発生が見られ、気象庁、尾池・他^{34),35)}による多くの報告がある。それらの報告は群発地震の調査を目的としたものと、通常の地震活動を調査したものに分類することができる。前者は1969年8月から9月にかけて発生した群発地震について気象庁^{23),24),25)}、下鶴・他³⁹⁾、大竹³⁸⁾等である。これらの報告によれば、この群発地震は焼岳火山東方の上高地霞沢岳の深さ6~8kmのあたりに発生し(Fig. 1)、西のほうへ行くにしたがって震源の深さが深くなっていると報告されている(Fig. 2)。一方、後者の報告としては、気象庁^{26),27)}、飯田・他^{7),8),9),10),11)}、大井田・他³⁶⁾、千葉・他¹⁾、山田・他^{45),46)}等がある。気象庁の報告は1981年及び1990年に実施された機動観測の結果で、これらの観測期間中に焼岳付近に発生した地震は非常に少なかったとしている。飯田・他は5回にわたって臨時観測を行い、その結果焼岳火山周辺の地震活動には周期性があることを見いだしている。

千葉・他¹⁾、藤井・他^{3),4)}はそれぞれ北信及び高山観測所の定常観測網による結果として、上高地付近に一つの活動域を特定している。

地震観測以外に木股・他^{19),20),21)}により水準測定も行われている。1977年から1981年の結果によれば中尾峠に対して山頂(噴火口)が相対的に隆起しており、この付近の地震活動とよい相関をしていると結論している。また最近の報告によれば²²⁾、前記の隆起の傾向は1986年以降停止したと論じ、このことを地下の圧力源の後退として説明可能と報告している。

他にも噴気ガス等の調査^{30),31),41)}、地熱調査^{2),33),50)}、地質調査^{5),6),15),16),17),49)}も行われているが、ここでは論文名を掲載するにとどめる。

4. 飛騨山脈下の最近の地震活動

上宝観測所では、1977年よりテレメータ・システムの導入により、岐阜県北部から富山県にかけての地域の地震活動の詳細が把握できるようになった。以降、順次観測点の増設によって、現在では能登半島も含めた地域の地震活動が把握できるようになっている。

上記の観測網の東端に位置する飛騨山脈下における地震活動については、竹内・他⁴²⁾、佃・他⁴³⁾、和田・他⁴⁴⁾によって詳しく報告されている。それによると、活動域は北から立山、烏帽子岳、槍ヶ岳、焼岳および乗鞍岳付近といったいくつかのクラスターに分けられる(Fig. 3)また、これらの活動域では時々群発活動が見られるが、1990年にはその群発活動が短期間のうちに移動、再帰するという大変異

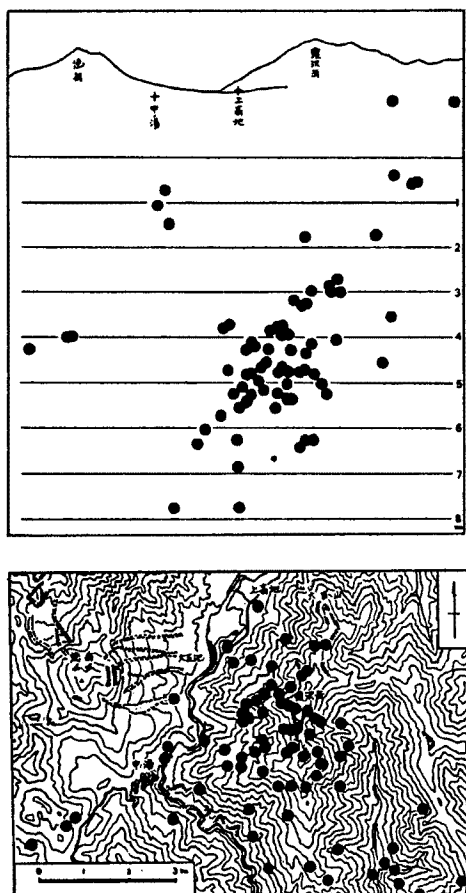


Fig. 2. Epicenter (lower figure) and depth (upper figure) distributions of the earthquake swarm at Kamikochi in September, 1969.

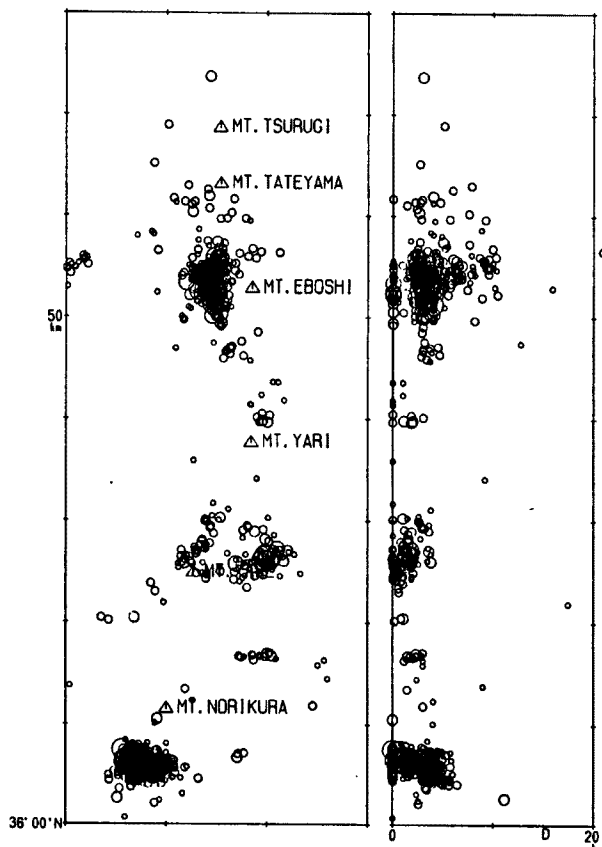


Fig. 3. Epicenter (left figure) and depth (right figure) distributions of earthquakes in the Hida Mountain region during Jan.-June, 1990 determined by the Kamitakara Observatory, Kyoto University.

味深い現象があった。Fig. 4 に示すように、1月から4月の間に群発活動は乗鞍岳南西に始まり焼岳、烏帽子岳と北上して、焼岳、乗鞍岳南西と南下したのである。この頃より飛驒山脈全体の活動が活発になってきた傾向が見られる。一方、これらの地震の深さはクラスターごとに異なり、焼岳火山付近の活動の下限は、乗鞍岳南西の活動の下限 6 km や烏帽子岳付近の活動の下限 8 km よりも浅く、3 km 程度である。この違いの確認も今回の観測の目的であった。

5. 焼岳火山周辺における群発地震観測

今回の観測に先立ち、われわれは1990年9月より焼岳火山の中腹（山頂より水平距離で 1.5 km）の白水谷（Fig. 6 の ST1）において臨時観測を行った。信号はソールドケーブルで約 150 m 延ばして、AC 電源のある白水谷観測点に送り、80 db 増幅した後、穂高砂防観測所所有のケーブルの空き回線を利用して穂高砂防観測所に送って、そこでペンレコーダ（LTR）による連続収録を行った。人里離れた山腹ということで、非常にノイズが少なく感度を十分上げることができたが、その反面、夜間の大きなノイズを観測する羽目になった。昼間のノイズのほうが夜間比べて大きいということは一般的であるが、今回の観測では、夕方から朝方まで妙な振動が連続して観測された。この現象は土曜、日曜日に関係なくいつも発生している。これは、現在のところ梓川の下流にある揚水式発電所による影響ではないかと推定している。

このように高感度にて観測した結果、Fig. 5 に示すように S-P 時間 1-2 秒の非常に短い地震が多く観測された。A は1990年9月28日から1991年1月23日まで、118日間、B は1991年8月21日から1992年3月29日

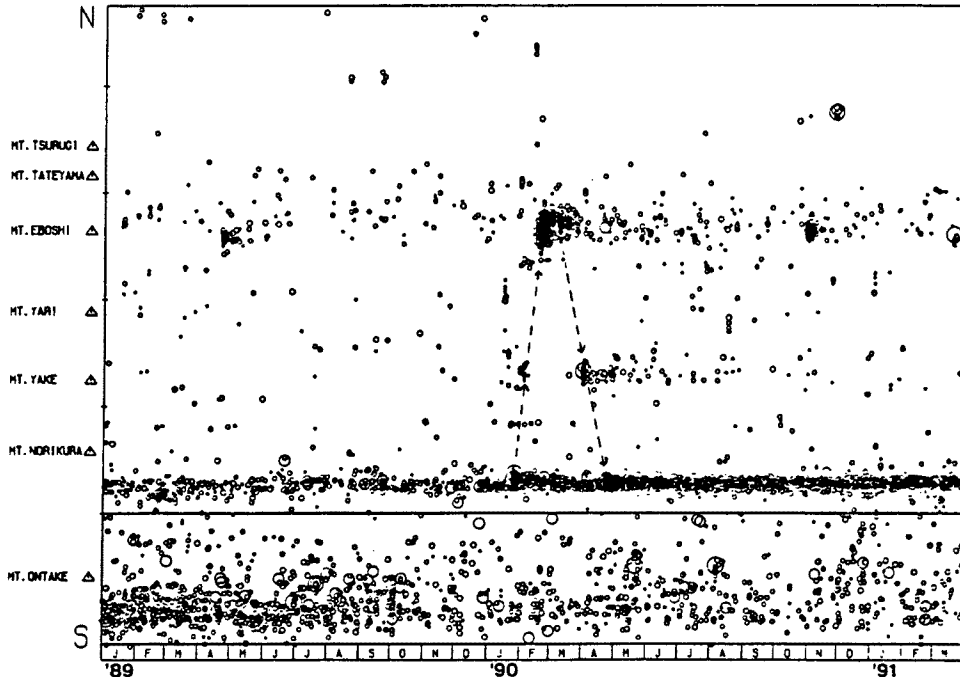


Fig. 4. Space-time distribution of earthquake swarms. Lines in the figure show the migration of swarms in north-south direction along the Hida Mountains.

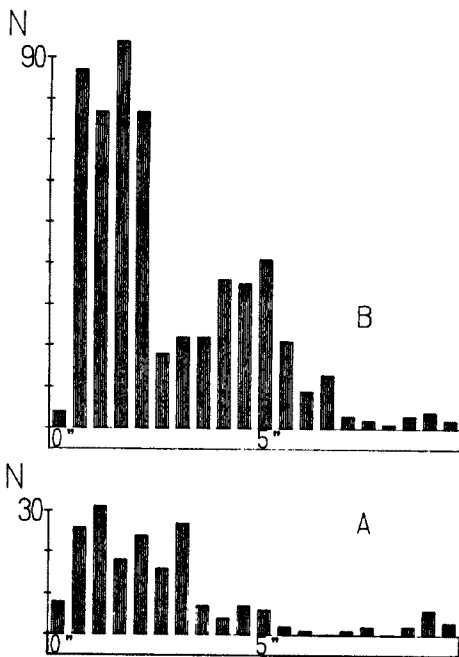


Fig. 5. Frequency distributions of S-P times at the station Shiramizudani (ST1 in Fig. 6) from Sep. 28, 1990 to Jan. 23, 1991 (A) and from Aug. 21, 1991 to Mar. 29, 1992 (B).

まで221日間の結果である。活動の消長はあるが平均すると S-P 時間が3秒以下の地震が1日に1~2個観測されている。この図は、前述のノイズにより夜間の読み取りが不可能なため、昼間のみ結果であり、このことを考慮にいれると、活動はこの2倍程度活発であることが伺われる。1990年1月に特に活発であった群発地震活動はこの観測期間も断続的に継続していたことがわかる。

今回は上記の事前の観測の結果をふまえて、焼岳火山の周辺に5点の臨時観測点を設置して、この周辺に発生する地震活動の調査を行った。観測は7月から9月にかけての約2ヶ月間実施した。一部の観測点でこの期間以降も観測を継続している。観測点の位置、座標を Fig. 5 及び Table 2 に示す。今回の観測では山間地のため商用電源の確保が難しく、半数の観測点はバッテリーによって行った。観測の方式は2 Hzの上下動地震計(L22D)を使い、記録計はイベントレコーダー(EDR-1000)を用いた。かなり頻繁にフロッピーディスクの交換を行ったつもりであるが、バッテリーの放電等によって欠測せざるをえない場合もあった。この地域には名古屋大学理学部高山地震観測所の焼岳観測点(ST0)があり、データは上宝観測所にテレメータで送られてきているので、観測所で単独観測点と同様にトリガーをかけて地震を記録した。今回の解析にはこ

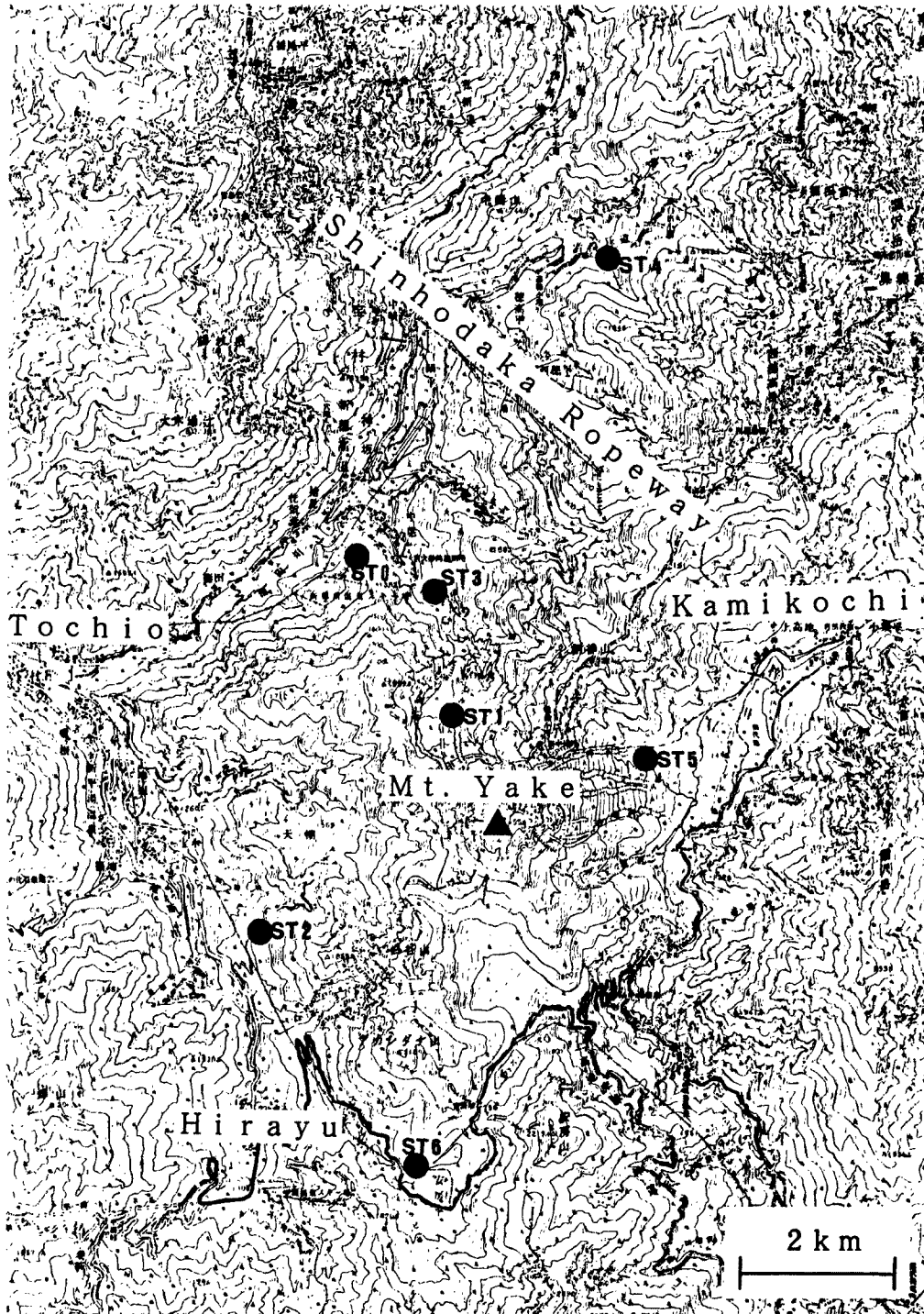


Fig. 6. Temporary observation stations for the present study. ST0 is a station of Nagoya University linked by telephone line to the Kamitakara Observatory.

Table 2. Locations of recording stations and observation period. Asterisk shows a telemetered station of Nagoya University. Origin of the local coordinate system, (X, Y) is taken at (137°E, 36°N).

STN.	LONGITUDE	LATITUDE	HEIGHT	X(km)	Y(km)		OBS. PERIODS
YKE	137°34'10.9"	36°15'19.1"	1150m	51.19	28.33	*YAKEDAKE (ST0)	July23-
SRMD	137°35'1.0"	36°14'10.0"	1670m	52.46	26.20	SHIRAMIZUDANI (ST1)	July23-
ESGD	137°33'20.5"	36°12'42.2"	1311m	49.96	23.49	ESAKAKEDANI (ST2)	July23-Sep.15
HIRD	137°34'50.5"	36°15'2.7"	1235m	52.18	27.82	HIRUDANI (ST3)	July23-
SHRD	137°36'22.4"	36°17'23.7"	1440m	54.45	32.17	SHIRADASHI (ST4)	Aug.6-Sep.13
KKHZ	137°36'45.0"	36°13'54.3"	1583m	55.06	25.71	KAMIKAMIHORISAWA (ST5)	July23-Nov.5
ABDR	137°34'40.5"	36°11'2.6"	1607m	51.98	20.42	ABODAIRA (ST6)	July24-Sep.12

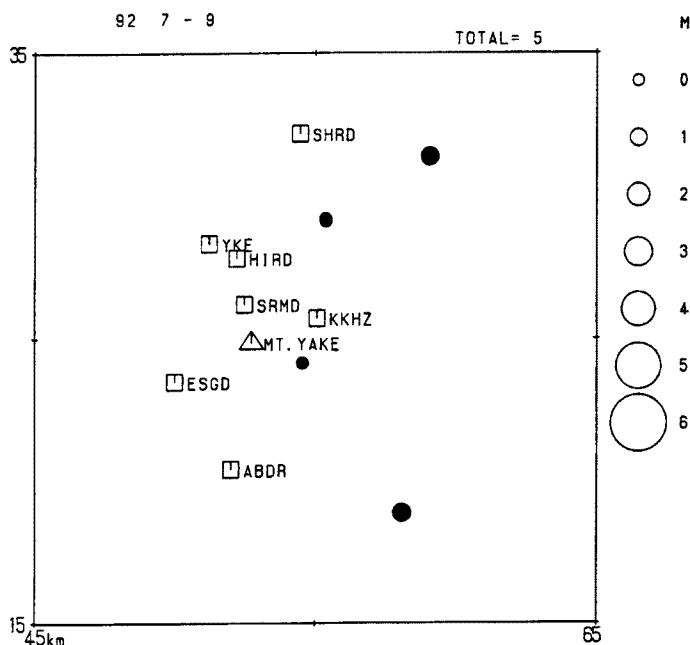


Fig. 7. Epicenters near Mt. Yake-dake volcano determined during the observation period.

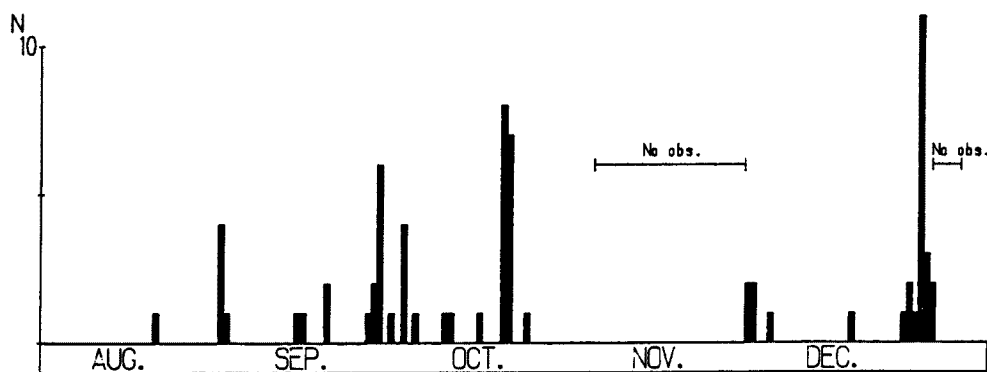


Fig. 8. Daily frequency of events with S-P time less than 1.0s recorded at the station Hirudani (ST3 in Fig. 6) during July to December, 1992.

の点のデータも使った。

今回の観測期間中に震源が求まった地震はわずか数個であった (Fig. 7)。しかし、この観測期間中に上宝観測網によって震源が決められた地震もわずか1個であり、この観測期間中は地震活動の低い時期であった。

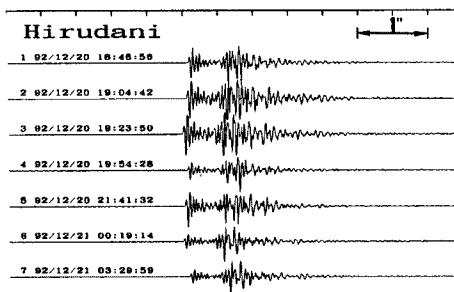


Fig. 9. Examples of earthquakes occurred close to the crater of Mt. Yake-dake volcano recorded at Hirusudani (ST3 in Fig. 6).

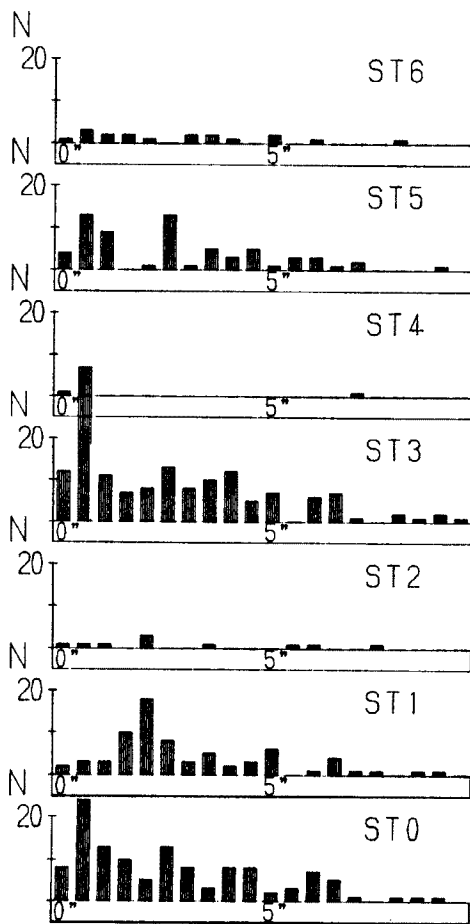


Fig. 10. Frequency distributions of S-P times at all stations.

そのなかでも焼岳極近傍の地震は3個であったが、これらの震源は3 km 以下で非常に浅い。これらの地震活動の把握のためには山頂近くの観測点が不可欠である。

2) 蛭谷観測点の記録より S-P 時間が1秒以下の地震が多く観測され、震源が決まらないような微小地震が多く発生していることが明らかになった。これらの地震活動には群発的で断続的に発生しているように見

バッテリーで駆動した観測点では、バッテリーの放電のため、連続した記録はえられなかったが、商用電源の確保できた観測点は欠測も少なく連続してこの付近の地震活動を追跡することができた。Fig. 8 に焼岳火山の北北東約 3 km に位置する蛭谷観測点 (ST3) における S-P 時間が1秒以下の地震の日別頻度分布を示す。全体として頻度は少ないものの、活動が断続的であることがわかる。特に活発な様子が伺われる9月18日、10月9日及び12月20日の活動が、多点観測を終了した後であったことは残念であった。

今回の観測では、焼岳噴火口の極近傍での微小地震が観測された。その代表的な地震波形の例を Fig. 9 に示す。これらはいずれも S-P 時間が1秒以内であり、焼岳の直下で発生している。震源が決まった地震の深さは3 km 以下で非常に浅い。Fig. 10 に各観測点における S-P 時間別頻度分布を示す。観測点毎に期間が異なるため、観測点間の個数については直接比較はできないが、観測点 ST0, ST1 では S-P 時間が1秒以下付近に1つのピークが見られ、これらは焼岳火山の極近傍での浅い微小地震活動を示している。

Fig. 11 は上宝観測所の定常観測網による1990-1992年、3年間の焼岳付近の震央分布である。焼岳の山頂付近を取りまくように群発地震が発生していることがわかる。このように、定常観測網での震源分布はやや大きい地震に対して震源決定ができることがわかる。また、それらの震源は6-8 km とやや深い。一方、Fig. 7, 9 に示したような噴火口直下の地震は Fig. 11 にも小数ではあるが図示され、これらはやや離れた付近の地震より浅いことがわかった。また、マグニチュードが小さく定常観測網では震源が決まりにくい。このように地震の深さを含めた火山付近の詳細な震源分布は、火山活動の時間的変化ばかりでなく、火山の構造の解明にも重要であると考えられ、さらに長期間のデータの蓄積が必要であろう。

6. おわりに

今回の臨時観測から次のようなことがわかった。

1) 上宝観測所の定常観測によれば、焼岳付近の群発地震は噴火口から5 km 程度離れたところで活発である。今回の臨時観測で震源が求まった地震はわずか数個であり、

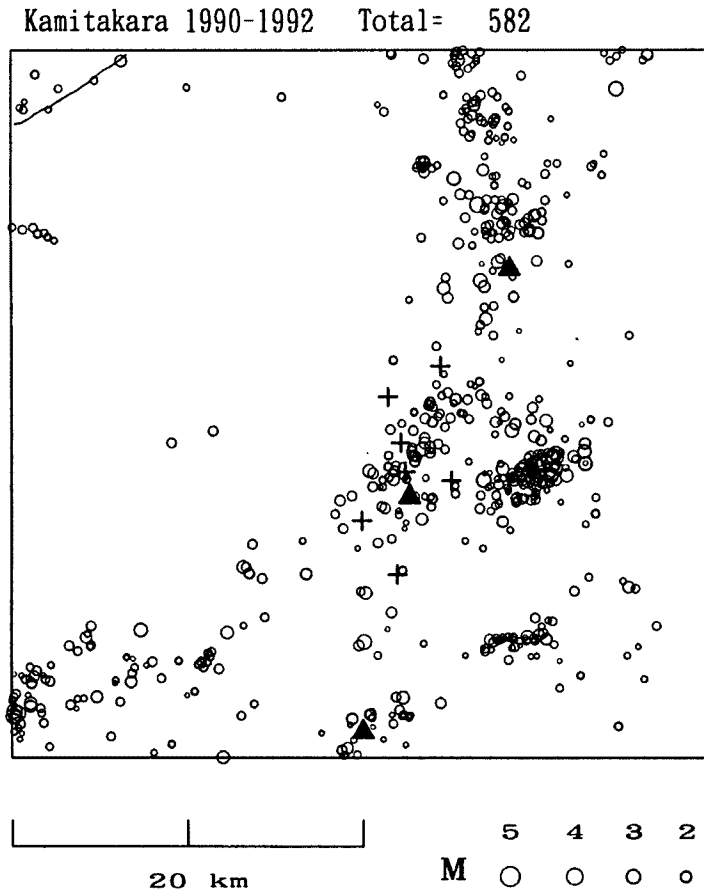


Fig. 11. Epicenter distributions determined from combined data of the temporary observation and the Kamitakara Observatory. Plus signs show temporary observation station in Fig. 6 for comparison. Triangles denote mountains, Yarigatake, Yakedake and Norikuradake from north to south.

える。

3) 焼岳の山体の外側で群発地震が多数発生していることもわかった。これらの把握のためには、やや広い範囲で長期的な観測が必要である。

焼岳は最後の噴火以来既に30年が経過し、その間に新たな噴気孔も確認され、また周辺での地震活動も活発化の傾向にあることから、焼岳火山における長期的な地震観測、地球電磁気観測等のモニタリングによる監視体制の整備が大変重要であると思われる。地震活動の把握のためには地震波形の実時間あるいは準実時間処理が必要であり、さらに、地震発生層の地域的变化の詳細な把握、下部地殻・上部マントルを含めた地下構造の解明等によって、焼岳を含む飛驒山脈全体の地下の様子を明らかにしていくことが必要である。

謝 辞

今回の臨時観測に際して、多くの方々にお世話になりました。以下に記してお礼申し上げます。上高地の立ち入りに関しては建設省北陸地方建設局・松本砂防工事事務所の大日方正幸氏および長野県豊科警察署、その他の観測点に対しては建設省北陸地方建設局・神通川水系砂防工事事務所の藤田重敬氏、神岡営林署の辻ノ内良明氏および神岡営林署栃尾森林事務所の安藤達也氏にご尽力いただいた。白水谷、蛭谷の観測点は

京都大学防災研究所・穂高砂防観測所の沢田豊明氏および志田正雄氏のお世話で電源、信号ケーブルおよび観測室を利用させていただきました。また、上高地の上々堀沢は京都大学防災研究所地形土壌部門の諏訪浩氏のお世話で観測室を使用させていただきました。白水谷の計器の作成は福井工業高等専門学校の岡本拓夫および前沢弘道両氏に手伝っていただいた。また、テレメータでデータを交換している名古屋大学理学部高山地震観測所の観測点、焼岳のデータを利用させていただきました、名古屋大学の藤井 巖氏を始め関係者に感謝いたします。観測点の設置、保守は筆者らの他、高山西高等学校の中山 武氏、信州大学理学部の学生細川盛樹、大津 学、森口拓也、後藤克典、京都大学防災研究所地震予知研究センターの技官斉田市三、小泉 誠、松尾成光、大学院学生平松良浩、清水公一、学部学生山崎 朗、中村恭之、平田正哉、中村 衛の各氏にお世話になった。

なお、この観測・研究は平成4年度特定研究経費（研究代表者、伊藤 潔）によって実施した。

参 考 文 献

- 1) 千葉平八郎・小林 勝・橋本信一・羽田敏夫・森川 武・大竹政和：長野県奈川渡ダムにおける微小地震観測，地震学会秋季大会講演予稿集，No. 2, 1974, p. 107.
- 2) 地質調査所：焼岳，全国地熱基礎調査報告書，No. 15, 1975.
- 3) 藤井 巖・中村 勝・青木治三：焼岳付近における地震活動，第11回災害科学総合シンポジウム講演予稿集，1974, pp. 347-348.
- 4) 藤井 巖・青木治三：飛騨山地南部の地震活動，昭和59年度科学研究費補助金，自然災害特別研究（1）研究成果報告書，1985, pp. 88-91.
- 5) 藤井昭二・沢田豊明・武沢 正：焼岳火山の中尾火砕流とそれらの放射性炭素年代，第四紀研究，第13巻，1974, pp. 1-5.
- 6) 原山 智：上高地地域の地質・地域地質研究報告（5万分の1地質図幅），1990, pp. 1-175.
- 7) 飯田汲事・青木治三・大井田徹・多田 堯・伊藤 潔・原 徹夫：焼岳火山の地震活動について，火山，第2集，第13巻，1968, p. 45.
- 8) 飯田汲事・青木治三・大井田徹・多田 堯・伊藤 潔・原 徹夫：焼岳における火山性地震の観測（第1報），自然災害シンポジウム講演論文集，1972, pp. 53-58.
- 9) 飯田汲事・大井田徹：焼岳における火山性地震の観測，火山，第2集，第14巻，1969, p. 32.
- 10) 飯田汲事・青木治三・山田功夫・宮島力雄・大井田徹・藤井 巖・中村 勝：焼岳付近の微小地震活動（その5），火山，第2集，第17巻，1972, p. 32.
- 11) 飯田汲事・青木治三・山田功夫・宮島力雄・大井田徹・藤井 巖・中村 勝：焼岳付近の微小地震活動（その6），火山，第2集，第17巻，1972, pp. 32-33.
- 12) 一色直記：焼岳の爆発，地質ニュース，No. 97, 1963, pp. 20-21.
- 13) 加藤鉄之助：硫黄岳火山地質調査概報，震災予防調査会報告，第66号，1910, pp. 1-8.
- 14) 加藤鉄之助：硫黄岳（焼岳）噴火事項，地質調査報告，震災予防調査会報告，第75号，1911, pp. 1-73.
- 15) 河内晋平・小林武彦・酒井助太郎・坂上英樹：焼岳火山地質調査報告書，1965, pp. 3-29.
- 16) 河内晋平・小林武彦：焼岳火山中堀泥流の¹⁴C年代，地球科学，No. 87, 1966, pp. 42-43.
- 17) 河内晋平・三村弘二：焼岳周辺の第四紀堆積物の¹⁴C年代，地質調査所月報，第39巻，第9号，1988, pp. 601-606.
- 18) 建設省北陸地方建設局神通川水系砂防工事事務所：SABO NOW '90, 1990, 41 pp.
- 19) 木股文昭・藤井 巖・中村 勝：焼岳における精密水準測量による傾斜観測（1977-1979），測地学会誌，第26巻，第2号，1980, pp. 130-131.
- 20) 木股文昭・藤井 巖・中村 勝・宮島力雄・奥田 隆：焼岳における傾斜運動と地震活動（1977～1981），火山，第2集，第27巻，1982, pp. 229-237.
- 21) 木股文昭・中村 勝・藤井 巖・宮島力雄・奥田 隆・浦川 啓・中井専人・青木治三：焼岳におけ

- る水準測量・辺長測量, 昭和59年度科学研究費補助金自然災害特別研究(1)研究成果報告書, 1985, pp. 84-87.
- 22) 木股文昭・中村 勝・宮島力雄・奥田 隆・藤井 巖・青木治三: 焼岳における地殻変動(1977-1992), 地球惑星科学関連学会1993年合同大会予稿集, 1993, p. 85.
- 23) 気象庁: 十勝岳・焼岳火山機動観測実施報告(昭和44年5~9月実施), 火山機動観測実施報告, 第5号.
- 24) 気象庁: 上高地付近の地震活動について, 地震予知連絡会会報, 第2巻, 1970, p. 44.
- 25) 気象庁: 焼岳調査報告, 気象庁技術報告, 第75号, 1971, pp. 101-109.
- 26) 気象庁: 新島・焼岳火山機動観測実施報告(昭和56年6月~10月実施), 火山機動観測実施報告, 第18号, 1982, pp. 19-29.
- 27) 気象庁: 妙高山・焼岳火山機動観測実施報告(平成2年7月~10月実施), 火山機動観測実施報告, 第27号, pp. 33-70.
- 28) 小平孝雄: 焼岳の最近の活動, 火山, 第1巻, 第4号, 1993, pp. 52-64.
- 29) 国立天文台編: 理科年表, 丸善, 1993, pp. 642-658.
- 30) 小坂丈予: 焼岳火山の噴気孔周辺における変朽現象について, 火山, 第2集, 第5巻, 1961, pp. 145-153
- 31) 小坂丈予・小沢竹二郎: 1962年焼岳活動の噴出物と噴出様式について, 火山, 第2集, 第11巻, 1966, pp. 17-29.
- 32) Murai, I.: A Brief on the Eruption of the Yake-dake Volcano of June 17, 1962, Bull. Earthq. Res. Inst. Univ. of Tokyo, Vol. 40., 1962, pp. 805-814.
- 33) 中村久由・大和栄治郎・山田宮三: 岐阜県焼岳周辺地熱調査報告, 受託調査報告書, 1967.
- 34) 尾池和夫: 1968年11月8日焼岳に発生した群発地震の発震機構について, 京都大学防災研究所年報, 第13号 A, 1970, pp. 130-140.
- 35) Oike, K.: The Time Variation of the Focal Mechanism and the Activity of Earthquakes Swarms, Bull. Disas. Prev. Res. Inst., Kyoto Univ., Vol. 19, Part 4, 1970, pp. 21-35.
- 36) 大井田徹・山田功夫・今井良二・飯田汲事: 焼岳における火山性地震の観測(4), 火山, 第2集, 第16巻, 1971, pp. 44.
- 37) 大森房吉: 焼岳(硫黄岳)の噴火に就いて(小引), 震災予防調査会報告, 第73号, 1911, pp. 102-108.
- 38) 大和政和: 上高地付近に発生した地震群について, 東京大学地震研究所彙報, 第48号, 第1冊, 1970, pp. 65-71.
- 39) 下鶴大輔・沢田宗久・長田 昇: 1969年9月上高地における地震観測, 火山, 第2集, 第15巻, 1970, pp. 22-32.
- 40) 震災予防調査会: 日本噴火志, 有明書房, 1991, pp. 121-128.
- 41) 杉浦 孜・水谷義彦: 焼岳における噴気ガスの同位体および化学組成の変化, 火山, 第2集, 第23巻, 1978, pp. 241-248.
- 42) 竹内 章・和田博夫・三雲 健・神嶋利夫・中村俊夫・酒井英男: 跡津川断層縦走, 日本地質学会第97年年会(富山大会)—1990年見学旅行案内書, 1990, pp. 85-110.
- 43) 佃 為成・和田博夫: 中部地方の地震活動とテクトニクス, 月刊地球, 号外 No. 4, 1992, pp. 145-152.
- 44) 和田博夫・三雲 健・小泉 誠: 飛騨地方北部及び富山湾・能登半島周辺の最近の地震活動, 京都大学防災研究所年報, 第33号 B-1, 1990, pp. 57-74.
- 45) 山田功夫・大井田徹・飯田汲事・青木治三: 焼岳における火山性地震の観測(第3報), 火山, 第2集, 第15巻, 1970, pp. 34.
- 46) 山田功夫・宮島力雄・藤井 巖・中村 勝: 飛騨地方の微小地震活動, 地震, 第2輯, 第25巻, 1972, pp. 124-133.
- 47) Yamada, T.: Report of the 1962 Activity of Yakedake Volcano, Central Japan, Jour. Faculty of Liberal Arts and Science, Shinshu University, 12, part 2, 1962, pp. 47-68.

- 48) 山田直利・野沢 保・原山 智・滝沢文教・加藤禎一：1:200,000 地質図 高山, 1989.
- 49) 矢野勝正・藤井昭二・沢田豊明：蒲田川流域の地質・地形学的特性に関する研究（2）——蒲田川流域の地質学的特性について——, 京都大学防災研究所年報, 第12号 B, 1969, pp. 295-309.
- 50) 湯原浩三・小川逸郎：安房トンネル予定地における地温探査, 物理探鉱, Vol. 27, 1974, pp. 245-258.