

立山カルデラにおける微小地震臨時観測

和田博夫・伊藤 潔・大見士朗・平野憲雄・森下可奈子

要 旨

跡津川断層の西半分に発生する微小地震活動の特徴が、臨時観測網、Hi-net 観測網の展開による非常に高精度のデータによって明らかになっている。しかし、断層東部では地形的な問題、観測条件等が問題となり、観測網の空白地帯であった。我々は、関係機関の協力により、立山カルデラで現地収録による臨時観測を行った。その結果、従来跡津川断層の活動によると考えられていた活動が、茂住一祐延断層の活動による可能性が考えられる。また、深さは、跡津川断層系の活動と飛騨山脈の活動に明らかな違いが見られ、跡津川断層系の東端を示唆しているのかもしれない。

キーワード：地震活動、跡津川断層、立山カルデラ、臨時地震観測、活断層

1. はじめに

跡津川断層沿いに発生する地震活動の研究は、1971年から上宝観測所によって、継続して行われている(和田・岸本, 1974, 他)。当初は5観測点で始まり、最近では臨時観測点やHi-net 観測網の展開によって、数十点のデータが得られており、それらのデータを解析することによって非常に精度の良い結果が得られている(Fig.1)。しかし跡津川断層では岐阜―富山県境付近の非常に急峻な地形の場所に位置しているため、断層全体に均質に観測点を設置することは困難である。特に、断層東部の立山カルデラ付近は豪雪地帯であり、また商用電源の確保が難しく、オンラインによる観測点の設置は不可能である。一方、地震活動の面から見ると、立山カルデラ周辺は活発な地域であり、また飛騨山脈の活発な地震活動と交叉するところでもある。さらに、跡津川断層と茂住一祐延断層が立山に至って断層の端となっている。このように活断層の端の部分が火山付近から発しているのは、火山付近が高温であることを考えると、断層の形成過程の解明のために興味深いことである。そこで、我々は国土交通省立山砂防事務所の協力を得て、立山カルデラ内に夏場だけの臨時観測点を設置して地震観測を行った。この報告では、通常の観測網のデータに立山臨時観測

点のデータを加えて得られた結果について述べる。

2. 跡津川断層沿いの地震活動の特徴

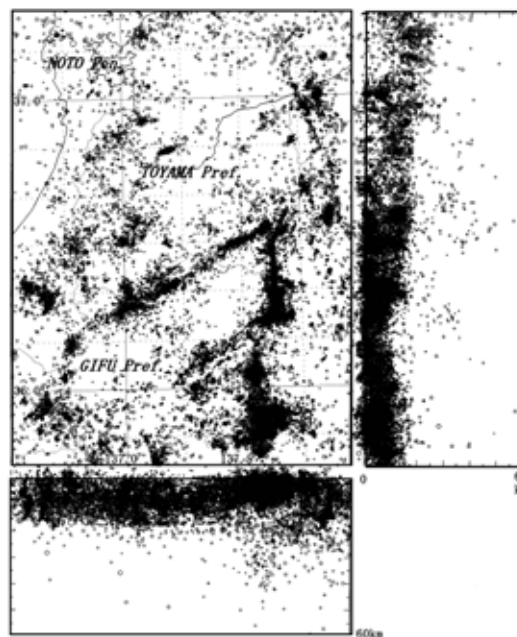


Fig.1 Hypocenter distribution of micro-earthquakes in the northern Gifu and southern Toyama Prefectures from 1995-2004.

地質学的に言われている跡津川断層は、概ね白山火山と立山火山を結ぶ線上に位置しており、地震活動はその線上にきれいな分布をしているが(Fig.2)、活動は断層全体で均質ではなく、断層の東側、有峰湖より東部及び断層西部飛騨市宮川・河合両町付近で活発であり、中央部の神岡町付近で活動度が低い(伊藤・和

観測点分布を示す。この場所は砂防工事が頻繁に行われており、一般車の通行は禁じられている場所である。我々は富山県、及び国土交通省立山砂防事務所の許可を得て、約2週間に一回の頻度でデータ回収のために入山している。

観測点は、大規模な堰堤の上や、既設構造物の平らな面を利用して地震計(MARK PRODUCTS 製 L-4C-3D,

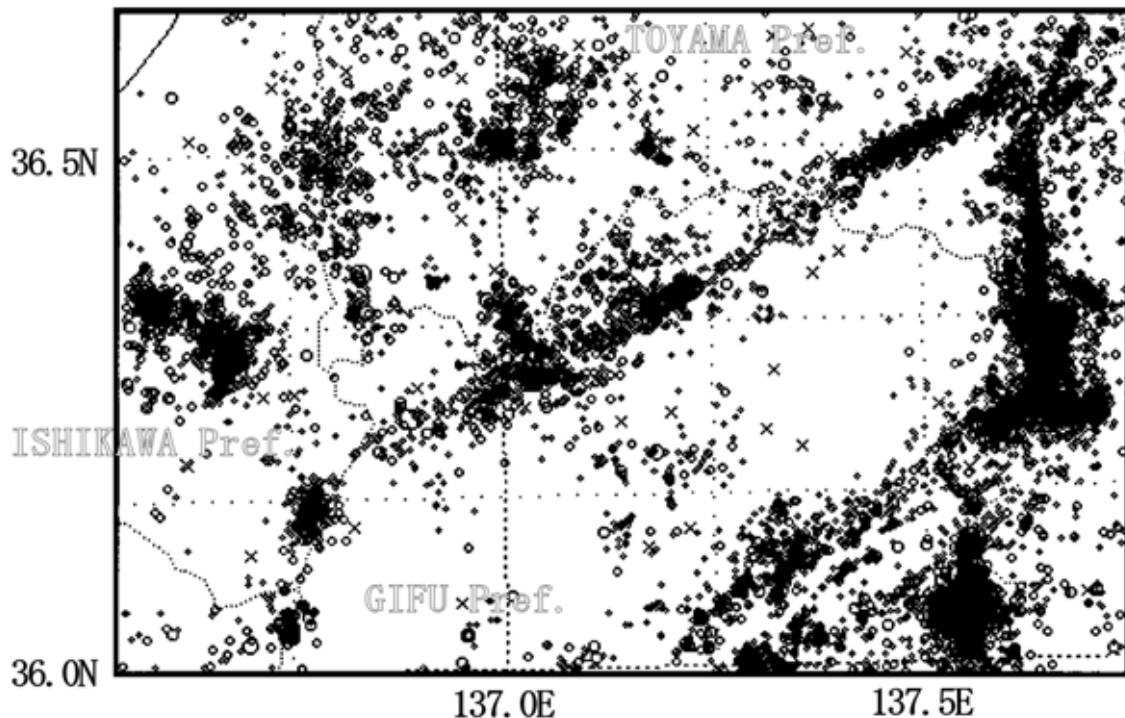


Fig.2 Epicenter distribution of micro-earthquakes along the Atotsugawa fault from 1995-2004.

田, 2003, 他)。また、断層西部の延長上の白山火山付近においても活発な活動の様子が見られる(和田・他, 2004)が、この活動が跡津川断層の活動と考えるには、まだデータが十分ではなく、白山火山付近独自の活動と考えられる。深さについては断層の中央部で 15km 程度と深く、両端へ向かうにつれて浅くなる傾向が見られ、中央部の 5km より浅いところでは殆ど地震の発生は見られない (Fig.3)。一方、地震活動の時間的推移を見ると、概ね定常的な様子を示しているが、最近の結果では、臨時観測点の設置、Hi-net 観測網の展開等によって、極微小地震の検地能力が上がり、小規模ながら本震一余震型の活動が時々見られる。

3. 観測概要

我々は、2002 年から夏の間のみ立山カルデラ内に 2 - 3 点の臨時観測点を設置して微小地震の高感度観測を行っている。Fig.4 に臨時観測点を含めた地震

固有周期 1 秒 3 成分一体型および L22D 3 成分) を設置している。また、データロガーは、白山工業製 LS-7000 を用い、サンプリング 100Hz で連続収録を行っている。

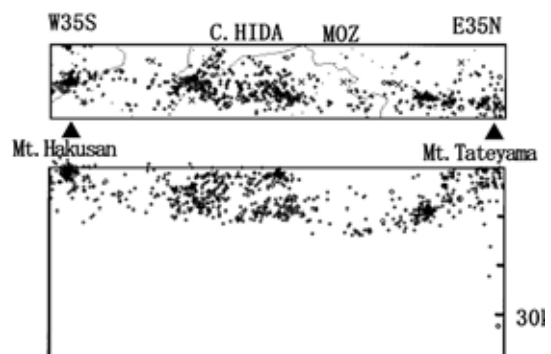


Fig.3 Focal depth distribution of micro-earthquakes of $M \geq 0.5$ along the Atotsugawa fault from 1995-2004.

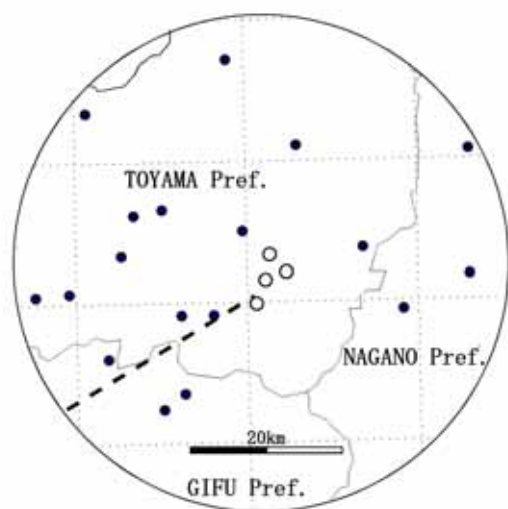


Fig.4 Distribution of seismological stations near Tateyama caldera. Open circles show the temporary stations.

刻時は1時間ごとにGPSで校正した。電源はバッテリー2個を用いて駆動させており、ほぼ20日は稼働させることができる。

2002年秋にテスト観測として11日間観測したのを皮切りに、2003年は7月から10月までの約3ヶ月間、2004年は、6月から10月までの約4ヶ月間観測を行

った。この地域は豪雪地帯であるため、10月後半か11月はじめには道路が閉鎖されるので、天気予報で雪の状況を確認しながら機器の撤去を考えなければならない。最初の年は早めに雪が降った為に機器の撤去が間に合わず、次の春まで機器を放置せざるを得なかった。翌年雪解けを待って機器の確認をしたら、計測器、バッテリーを収納していたプラスチックケースは雪の重みで潰れていたが、計測器は大丈夫であった。2003年からは立山砂防事務所へ閉鎖時期の連絡を頼み早めの機器撤去に心がけている。

この地域は前述のように、砂防工事のメッカであるので、日曜、祝日を除く毎日、いたるところで工事が行われている。そのため、午前7時から午後5時頃までは、昼休みの1時間ほどを除いて、非常にノイズが多く、この時間帯の記録は殆んど使えない状態である。しかし、夜間には非常に良好な記録が得られており、これらの記録の中にはカルデラ内での極微小地震も多く含まれている。出来れば、工事終了後、冬季の通行が閉鎖された後の静かな状況の中での観測が申し分ないが、現状では電源確保の問題、豪雪対策等の問題があり困難である。観測期間及び観測点の位置等をTable 1に示す。

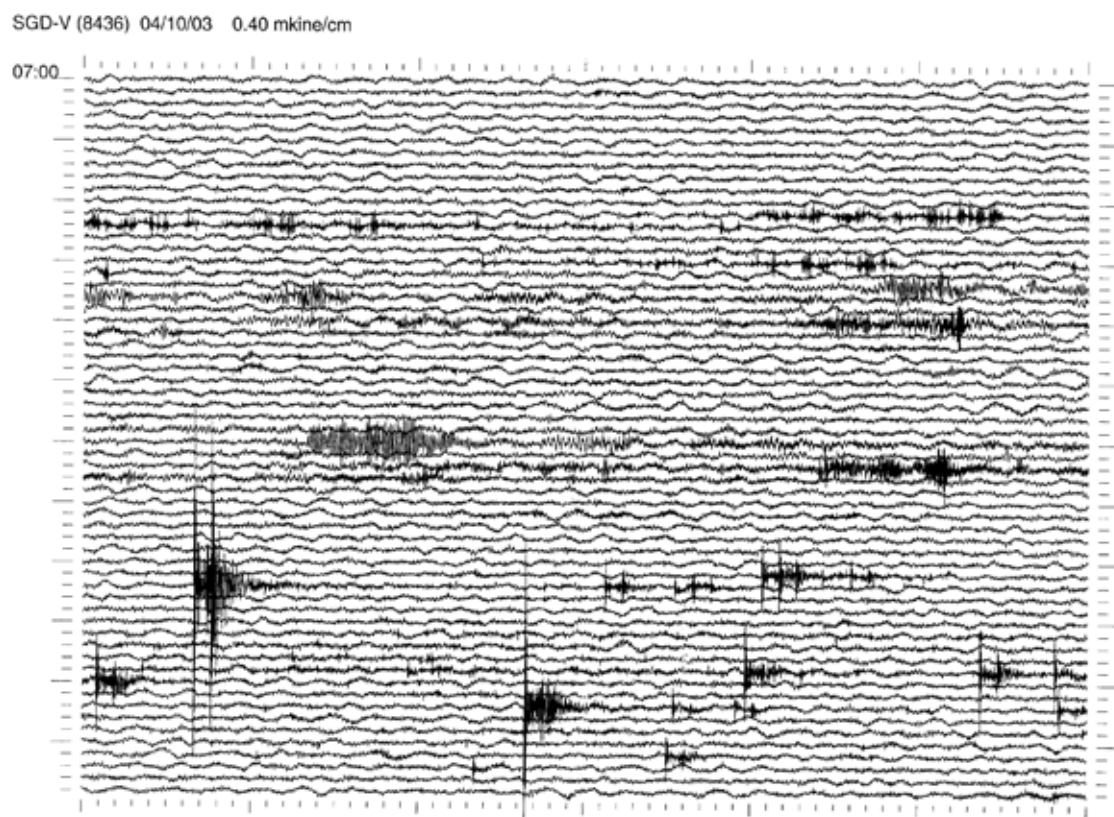


Fig.5 An example of records of a seismograph for one hour at the Sugo-dani Vally. It is noticed that very near micro-earthquakes are well recorded.

4. データ処理

跡津川断層を中心とした岐阜県飛騨地方から富山県、能登半島にかけての地域の地震活動の研究は、定常観測網（跡津川断層臨時観測点、Hi-net 観測網を含む）のデータの再検測によって行っているが、今回これらのデータに臨時観測点データを加えて、再処理を行った。定常観測によるトリガーリストを用いて、臨時の観測連続データから、対応する時間のデータを切り出し、定常観測のデータと統合して読み取り処理を行い、新たに震源などを決定した。対象とする地震は、定常観測網によって決められた立山カルデラ内及びその周辺に震源が決定されている地震である。なお、臨時観測点のみでしか捉えられないような極微小地震も観測されているが、今回の解析では、それらの地震の震源決定は行っていない。

さらに、回収した連続データを1時間ごとにプリントアウトし(Fig.5)、立山カルデラとその近傍の極微小地震の調査を行った。データの欠測が少なく、ほぼ順調に記録が得られている「スゴ谷観測点(SGD)」における2003年9月から2ヶ月間、及び2004年6月から5ヶ月間の結果では、一日に10回を越すような活動の集中する時期が5回もあり(Fig.6)、立山カルデラ及びその周辺における極微小地震活動が非常に活発であることが明らかとなった。以下、3つの臨時観測点で同時に観測が行われていた2003年9月から10月までの期間のデータの処理結果について述べる。

5. 解析結果

Fig.7には、立山カルデラ付近の、定常観測網による震源分布を示す。特徴として、1)立山カルデラの周辺において地震が発生しており、カルデラ内には殆んど地震が発生していない。2)跡津川断層と茂住一祐延断層に挟まれた地域に活動がみられる。3)富山一長野県境の黒四ダム付近に活動の集中が見られる。4)深さについては、跡津川断層と茂住一祐延断層に挟まれている地域での地震は10km前後と深く、立山カルデラから東側では下限が5km程度と浅く求まっており、それぞれの活動の深さには明らかな違いが見られるが、全体的にはかなりのばらつきがある。

同じ範囲で、今回の臨時観測点のデータを入れて再処理した結果をFig.8に示す。この図により、立山カルデラ周辺の活動はFig.7とあまり変わりはないが、有峰湖付近の活動が、より北側に求まっており、茂住一祐延断層の地表面の位置に対応している。このことは、この地震活動が跡津川断層の活動によるものと考ええるより、茂住一祐延断層の活動と考えるのが妥当だ

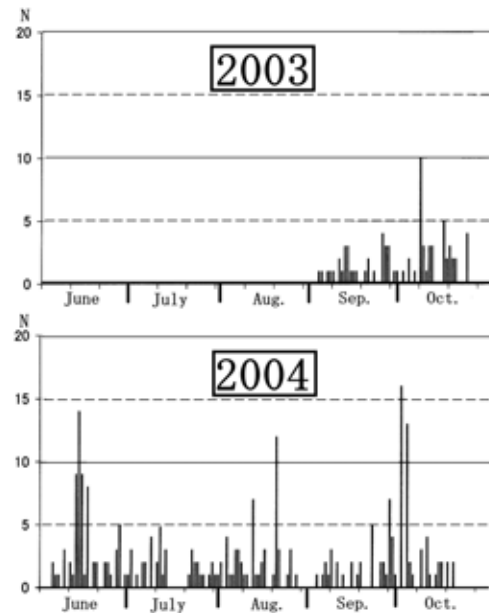


Fig.6 Daily frequency of earthquakes with S-P time less than 1.5s at the Sugo-dani Vally.

と考えられる。しかし、現時点でまだ地質学的等の情報を考慮していないので、はっきりとした判断は出来ないが、今後、現在始まっている歪集中帯合同観測点のデータを解析することによって、明らかになっていくものと思われる。また、明らかに跡津川断層沿いの地震と思われる地震も観測されている。深さ分布では、有峰湖付近の活動が10km付近にかたまり、立山カルデラから東側では、3km付近に集中し、双方の地震活動の深さには明瞭な違いが見られた。このことは、立山カルデラより東側で発生している地震は、飛騨山脈で発生している地震活動の深さに対応しており、跡津川断層は、飛騨山脈の西側でとぎれて終わっているのかもしれない。今後詳細なデータ蓄積によって、明らかになるものと思われる。

6. まとめ

立山カルデラ内において、2002年から、夏期間のみの臨時微小地震観測を行った。その結果、極微小群発地震活動がかなりの頻度で発生していることが明らかとなった。これらの地震活動は、カルデラ内では少なく、その周囲、主に跡津川断層系及び飛騨山脈で発生している。

従来、跡津川断層有峰湖付近の活動を跡津川断層の動きによる活動と考えてきたが、臨時観測点のデータを加えて再処理した結果から、茂住一祐延断層の活動である可能性が考えられる。

深さは、跡津川断層系に発生する地震と、立山カルデラより東側に発生する地震の間に明瞭な違いが見

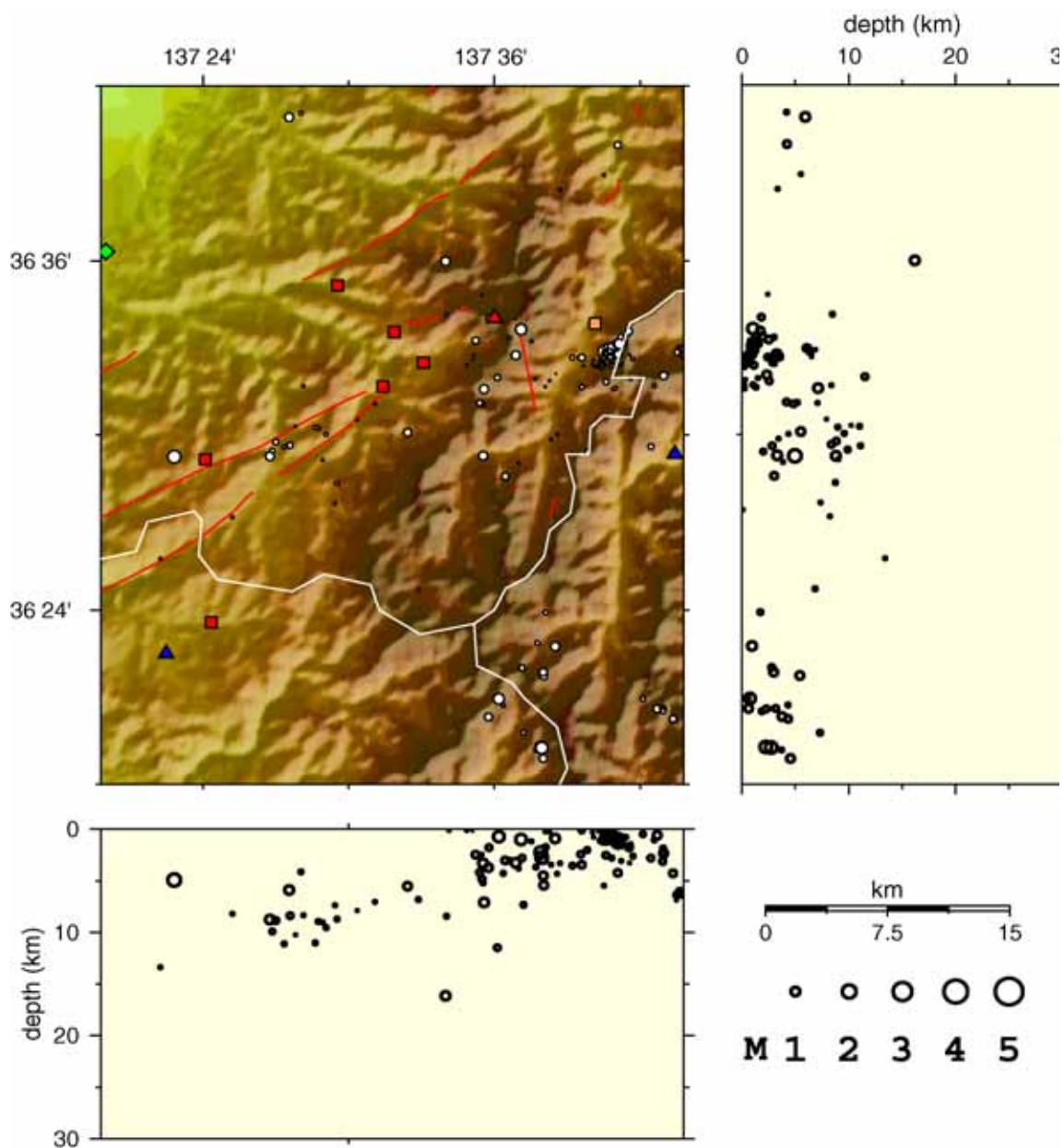


Fig.7 Hypocenter distribution of micro-earthquakes in and around the Tateyama volcano by the routine network observation from September to October, 2003.

Table 1 List of locations and periods of observation for temporary stations

Station	多枝原 (DASHIWARA)	スゴ谷 (SUGODANI)	水 谷 (MIZUTANI)	岩井谷 (IWAIDANI)
Latitude	36.5375N	36.5278N	36.5590N	36.5008N
Longitude	137.5544E	137.5238E	137.5316E	137.5081E
Height	1,390m	1,120m	1,120m	1,240m
Code	DSW	SGD	MZT	IWI
Station ID	8430	8436	8433	
Seismometer	L-4C-3D	L-4C-3D	L22D L-4C-3D	L22D
Periods	Oct.22~Nov.02 2002 July26~Oct.26 2003 June04~Oct.26 2004	Sep.03~Oct.26 2003 June04~Oct.26 2004	Sep.03~Oct.26 2003 June04~Oct.26 2004	Oct.22~Nov.03 2002

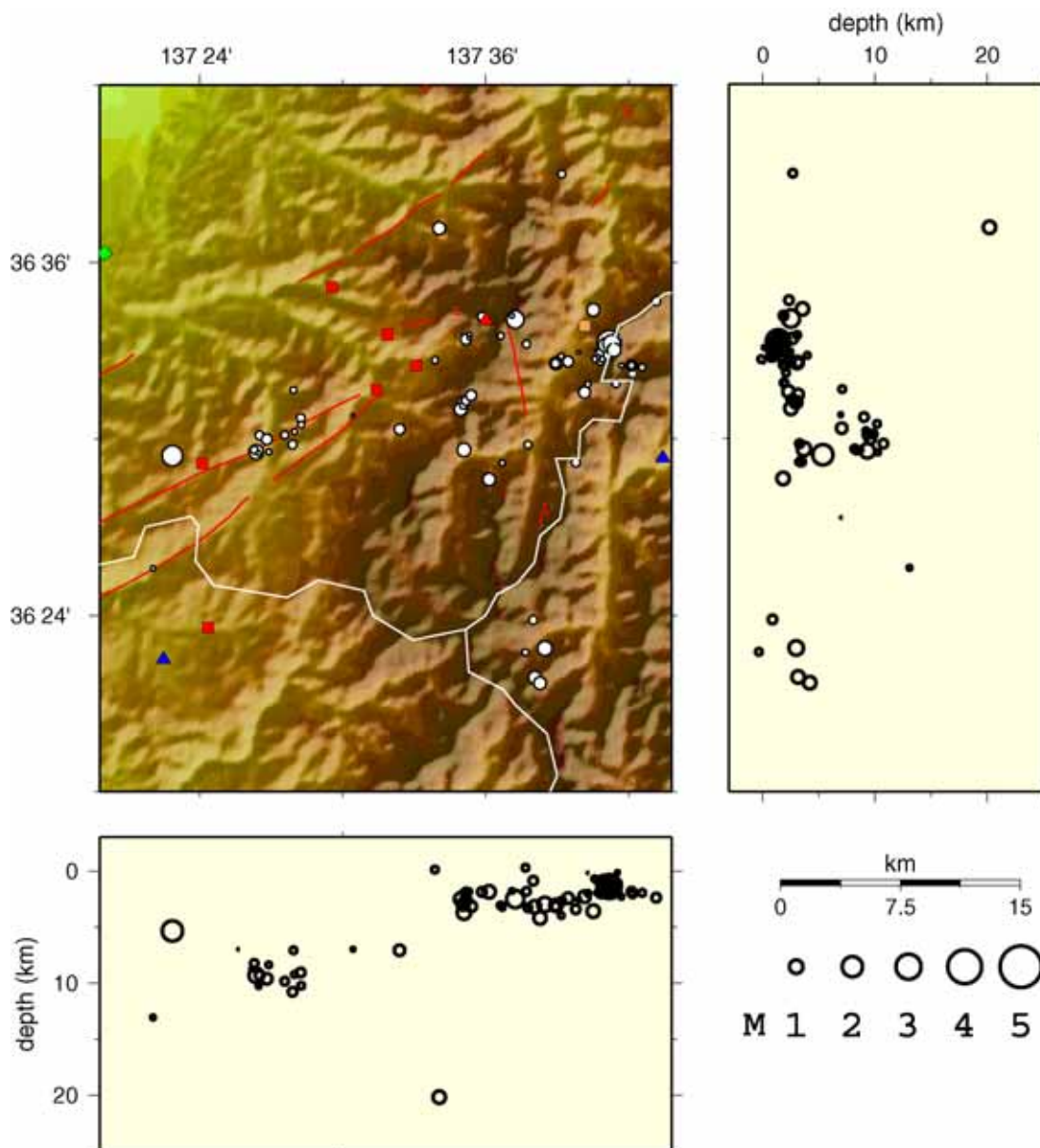


Fig.8 Hypocenter distribution of micro-earthquakes in the same area and the same period as those in Fig.7, but events are located by adding the data of temporary stations.

している可能性がある。

今後、より多くのデータが得られるよう、一番静かな冬季間の観測をめざして、検討、準備を行ってきたい。

謝 辞

今回の臨時観測点設置では、国土交通省立山砂防事務所ならびに富山県に格別のご理解、ご協力をいただいた。また、立山カルデラへの通行にも特別の便宜を図っていただきました。併せてお礼申し上げます。

参考文献

- 和田博夫・岸本兆方(1974)：跡津川断層における微小地震活動 第1報,地震2,第28巻,第1号,p.1-9.
 和田博夫(1975)：跡津川断層における微小地震活動 第2報,地震2,第28巻,第2号,pp.1113-124.
 伊藤 潔・和田博夫(2003)：跡津川断層の地震活動と断層クリープ,月刊地球,Vol.25, No.2, pp.143-148.
 和田博夫・伊藤 潔(2003)：中部地方北西部の地震活動域,月刊地球,Vol.25, No.12, pp.929-937.
 和田博夫・伊藤 潔・大見士朗・平野憲雄(2004)：白山火山周辺の微小地震活動,京都大学防災研究所年報,第47号B, pp.705-71

Temporary Observation of Micro-earthquakes in the Tateyama Caldera

Hiroo WADA, Kiyoshi ITO, Shiro OHMI, Norio HIRANO and Kanako MORISHITA

Synopsis

Temporary observations of earthquakes have been carried out in the Tateyama Caldera from 2002 during summer seasons. This observations are aiming at revealing the detailed hypocenter distribution of earthquakes at the end of the Atotsugawa fault system and as well as surveying the seismicity in the Tateyama volcano area. Continuous observations of earthquakes have been done by deploying four individual high-gain stations. The data of the stations have been analyzed with routine observation station network data. The observation periods were limited only 3-4 months during summer because of the difficult accessibility by heavy snow fall. Preliminary results, however, show that seismicity is relatively low in the middle of the caldera and that many micro-earthquakes occur in the rim of the caldera. Focal depths on the east of caldera are less than 5km and significantly shallower than those of 10km in the Atotsugawa fault system on the west of the caldera. This suggests that the Atotsugawa fault system end at the west of the Tateyama volcano region. Besides, in detailed, the earthquakes in the eastern end of the Atotsugawa fault system seem to occur on the Mosumi-Sukenobu fault not on the Atotsugawa fault.

Keywords: seismicity, Atotsugawa fault, Tateyama caldera, temporary observation of earthquakes, active fault