

白山火山付近の顕著な群発地震活動

和田博夫・伊藤 潔・大見士朗・平野憲雄・平松良浩*・中山和正**

歪集中帯大学合同地震観測グループ

*金沢大学大学院自然科学研究科

**金沢大学理学部地球学科

要 旨

白山火山付近において、2005 年 1 年間に 4 回の顕著な群発地震が発生した。いずれの群発地震活動も、震源が非常に浅く、また火口を取り巻く、ごく狭い地域の異なった場所で発生した。期間中の最大 M_i は 4.2 (2005 年 10 月 3 日) であった。2003 年に大白川観測点 (白山東麓) を設置して以来、同観測点のモニター記録から、浅い群発地震活動が非常に活発であることが明らかであり、白山火山の火山活動を注意深く監視する必要がある。

キーワード：白山火山，群発地震，跡津川断層，地震活動

1. はじめに

白山火山は、1659 年の噴火以来火山活動はなりを潜めているが、最近の周辺地域の地震活動を見ると、活発な様子を見せており、火山活動に対する十分な備えが必要である。金沢大学大学院自然科学研究科では 2000 年から、夏期に白山において地震の臨時観測を実施して、地震活動の調査を実施してきた。また、京都大学防災研究所地震予知研究センター上宝観測所では、定常観測網で地震活動を調査してきたが、2003 年 7 月から、白山東麓岐阜県白川村の大白川ダム付近に衛星通信システムによる臨時地震観測点を設置して、白山火山周辺の地震活動を監視している。また、2005 年後半には、気象庁によって、白山山頂に近いところに地震計が設置され、白山火山周辺の地震観測体制が徐々に整備されつつある。また、2005 年からは、全国の大学における歪集中帯合同観測によって臨時地震観測も実施され (歪集中帯大学合同地震観測グループ, 2006)、その副産物として、白山火山付近の地震活動も詳細に

把握されるようになっている。このような状況の中で、2005 年には 4 回の顕著な群発地震が発生して、地元を驚かせた。ここでは、2005 年に発生した個々の群発地震活動の詳細について報告する。

2. 白山火山周辺の地震活動

白山火山付近の地震活動については、これまでは近くに観測点が無く、非常に荒い観測網による結果しか報告されていなかった。しかし、金沢大学大学院自然科学研究科では、夏期に白山火山において臨時観測を実施し、京都大学防災研究所の観測網のデータも含めて解析し、白山付近の地震活動を調査してきた (東田・他, 1990 ; 高橋・他, 2003)。これらの結果からも白山火山の極近傍に地震活動の集中が見られることが明らかにされていた。

一方、跡津川断層帯に沿っては、地表活断層に沿って顕著な地震活動が見られるが、線状の活動域は断層の端とされる御母衣断層帯との邂逅点付近を超えて、

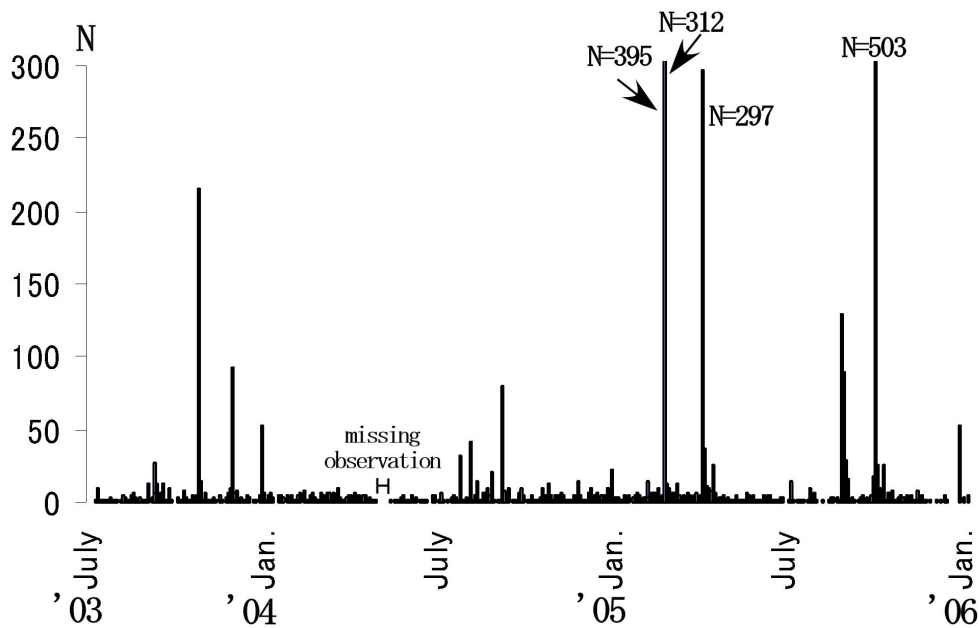


Fig.1 Daily frequency distribution of earthquakes with s-p time less than 1.0 s at the station of Ohshirakawa from July 2003-Jan.2006 counted on monitor records.

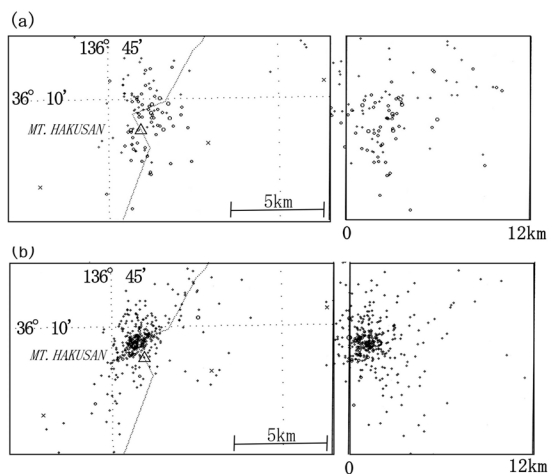


Fig.2 Epicenter (left figures) and focal depth (right figures) distributions of earthquakes in the Hakusan Volcano area. Upper and lower figures show seismicities before (from Aug., 1995 – June, 2003) and after (July, 2003 – Dec., 2004) the installation of the Oshirakawa station, respectively. The focal depth sections are taken in the N-S direction.

南西方向の白山の方までのびているように見える（和田・他，2002）。跡津川断層帯の北東端は立山火山であることが分かってきたので，断層帯の南西延長部がどこまで延びているかを地震学的に調べる目的で，2003年7月に大白川観測点を設置して臨時地震観測を開始した。その結果については，和田・他（2004）に述べてあるが，概略は次の通りである。白山火山直下の極浅いところに地震活動の集中が見られ，なお群発的な活動の傾向が見られる。また同時期の金沢大学

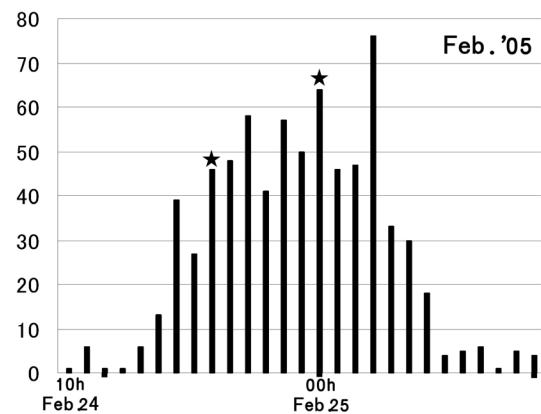


Fig.3 Hourly frequency of micro-earthquakes in the Hakusan Volcano area on Feb. 24 -25, 2005. Stars show the occurrences of the largest two earthquakes of M1.5 in the swarm.

による臨時地震観測の結果からも，同様な結果が得られており（高橋・他 2003），白山火山の活発な地震活動の様子が伺える。Fig.1 は，大白川観測点設置後の，同観測点におけるモニター記録から，S-P 時間が約1秒以下の地震についての日別頻度分布を示したものである。観測点設置後，群発地震が多く観測されているのは前述のとおりであるが，2004年に入ると，前半は比較的穏やかな状態で推移していたが，7月から9月頃にかけて活発な活動状況を示した。しかし，翌年1月頃までは再び穏やかな状態が続き，2005年の顕著な群発地震活動へと移行していった。大白川観測点設置までの期間及び以降2004年12月までのこの地域の震源分布をそれぞれ Figs. 2 a, 2b に示す。大白川観測点

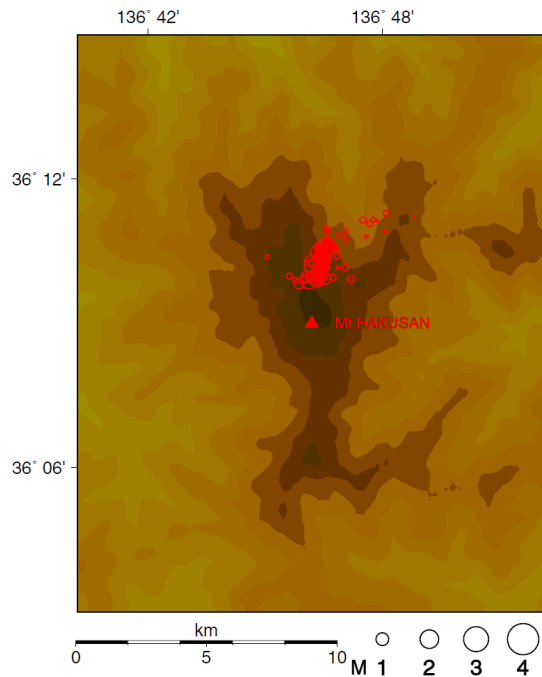


Fig.4 Hypocenter distribution of micro-earthquakes (red circles) in the Hakusan Volcano area on Feb. 24-25, 2005, plotted on topography with a contour interval of 250m. Triangle shows the summit of Mt. Hakusan at 2702m above sea level.

設置によって検知能力が格段に向上したことが明らかである。観測網の粗さによる影響と考えられるが、震源のばらつきがかなり気になるところである。

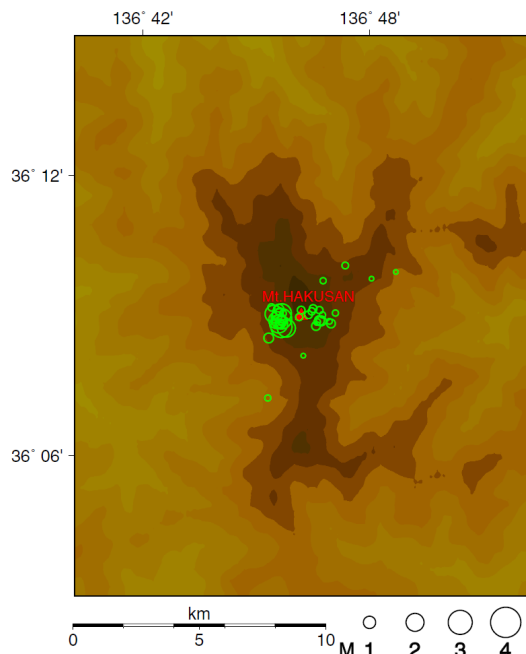


Fig.5 Hypocenter distribution of micro-earthquakes (green circles) in the Hakusan Volcano area on Apr. 06-07, 2005, plotted on topography with a contour interval of 250m. Triangle shows the summit of Mt. Hakusan at 2702m above sea level

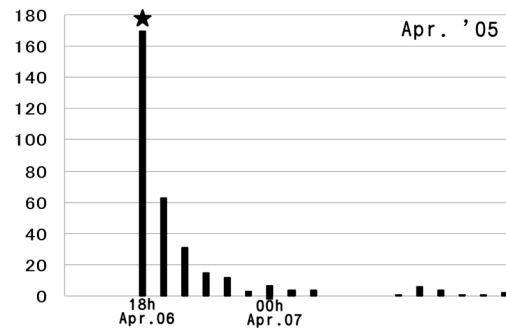


Fig.6 Hourly frequency of micro-earthquakes in the Hakusan Volcano area on Apr. 06-07, 2005. Star shows the occurrence of the largest event.

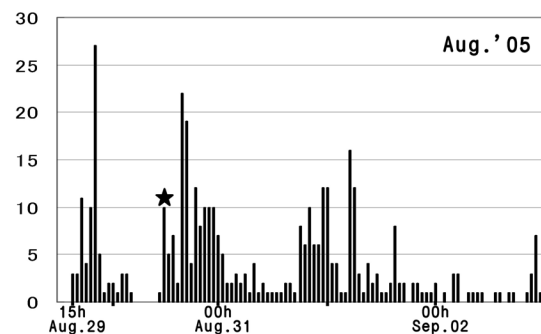


Fig.7 Hourly frequency of micro-earthquakes in the Hakusan Volcano area on Aug.29- Sep. 02, 2005. Star shows the occurrence of the largest event.

3. 2005 年の群発地震活動

2005 年には、2 月、4 月、8 月及び 10 月に中規模な群発地震が発生した。震源はいずれも白山火山の直下で、しかも極く浅い場所であった。以下に個々の群発地震活動について述べる。

Fig.3 に 2 月の群発地震の時間ごとの地震数の分布を示す。2 月 24 日 10 時に始まった活動は、翌 25 日 12 時頃まで続き、大白川観測点のモニター記録から読みとった総数は 703 回であった。この期間中の最大マグニチュード (M) は、1.5 (24d 18:41,25d 00:56)で、25 日の 3 時をピークに急激に減少して終息した。Fig.4 に震央分布を、250m 間隔で色分けした地形図に重ねて示すが、震源は白山火山の北方 2km 付近を中心にして、北北東—南南西に約 2km の震源域を形成した。続いて 4 月 6 日 18 時から、白山火山を挟むように東西約 2km の地域において群発地震が発生した。Fig.5 に震央分布を示す。同時間には、最大 M=2.5 (6d 18:27)を含む、170 回の地震を観測し、同日中に 294 回の地震発生が確認されたが、約 6 時間後にほぼ終息

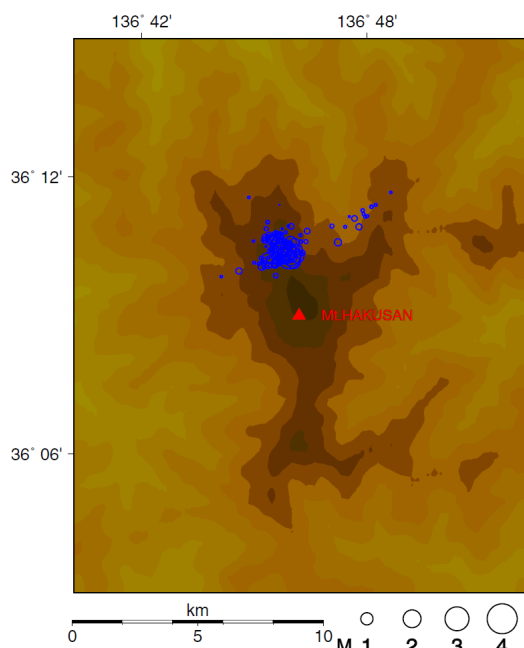


Fig.8 Hypocenter distribution of micro-earthquakes (blue circles) in the Hakusan Volcano area on Aug.29-Sep.02, 2005, plotted on topography with a contour interval of 250m. Triangle shows the summit of Mt. Hakusan at 2702m above sea level.

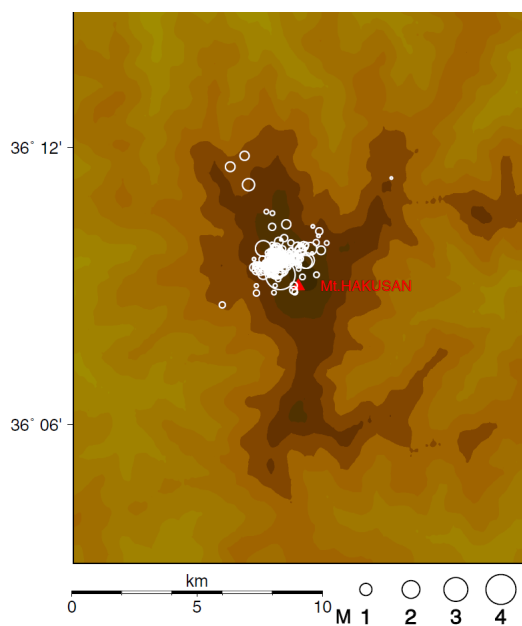


Fig.9 Hypocenter distribution of micro-earthquakes (circles) in the Hakusan Volcano area on Oct. 3-4, 2005, plotted on topography. Triangle shows the summit of Mt. Hakusan with a contour interval of 250m. Triangle shows the summit of Mt. Hakusan at 2702m above sea level. The Large circle shows M4.3 earthquake, the maximum event during 2005 activity.

に至った (Fig. 6)。

その後、しばらく穏やかな期間が続いていたが、8月29日15時頃から活発化の傾向が見られ、30日04

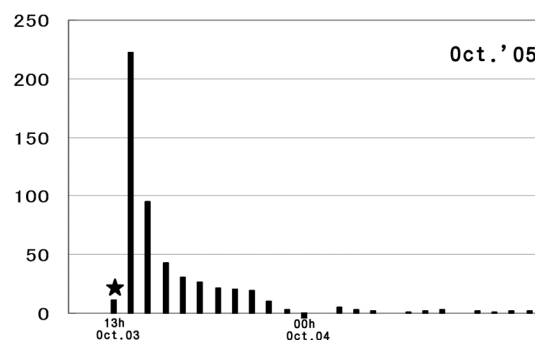


Fig.10 Hourly frequency of micro-earthquakes near the Hakusan Volcano area on Oct.3-4, 2005. Star shows the occurrence of the largest event.

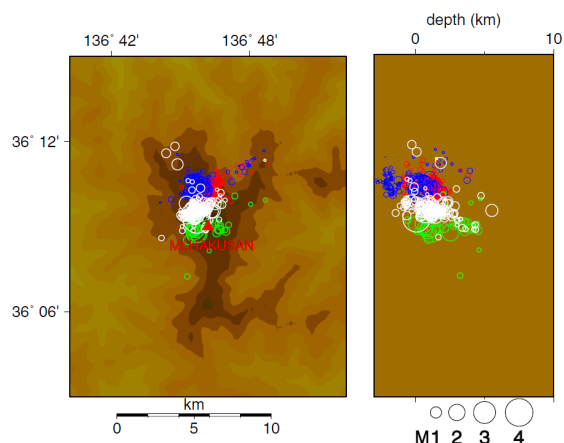


Fig.11 Epicenter (left figure) and focal depth (right figure) distributions of swarm earthquakes in the Hakusan Volcano area in 2005. Triangle shows Mt. Hakusan.

時頃には一旦終息するかのように見えたが、12時にこの群発地震活動中最大M=3.0 (12:27)の地震が発生して再び活発な状態となり、同日16時をピークに発生回数は減衰していた。しかし31日18時頃から再度活発化の様子を見せて、9月2日頃まで比較的長時間にわたって継続して、一連の地震活動は終息した (Fig. 7)。この活動の震源は、白山火山の北西方向で、2月の群発地震活動域の西側に隣接するように発生した (Fig. 8)。

10月3日13時には、2005年の一連の群発地震活動の中では、Fig.9に示すように、最近では希なM=4.2 (3d 13:59)の地震が白山火山に最も近い場所で発生した。この群発地震活動について Fig.10に時系列を示す。同日14時に1時間に200回を越すような多数の地震が発生したが、最大地震の規模が大きかったにもかかわらず約半日という短時間で終息に至った。Fig.11に2005年の白山火山付近の震源分布を示すが、僅か1年間に4回も発生ししかも直下のごく浅く、しかも狭い場所で群発地震活動が活発化したことがわかる。また、

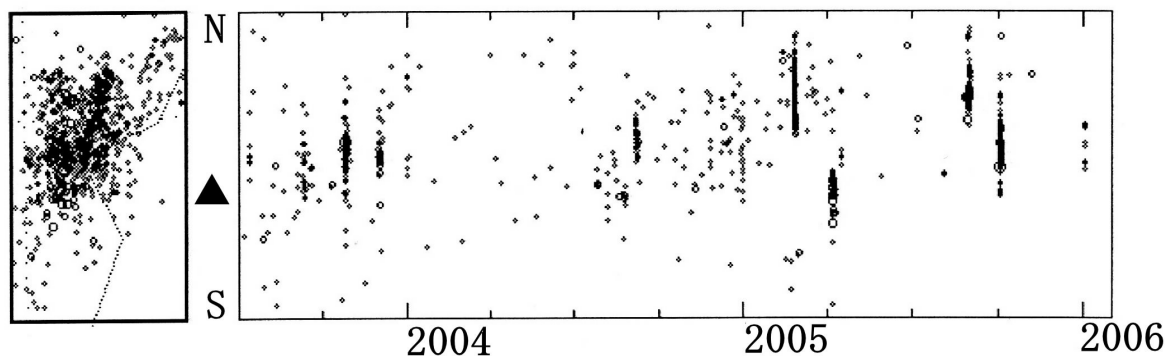


Fig.12 Epicenter map (left figure) and space time diagram (right figure) of the earthquakes near Hakusan Volcano after the installation of the Oshirakawa station (July, 2003-Jan. 2006). Triangle shows Mt. Hakusan .

Fig.12 には白山付近の地震の 2003 年からの時空間分布を示すが、2005 年には群発地震活動が頻繁に発生したことがより明らかである。このような事実が、白山の火山活動とどのように関係しているのかは今のところ明らかではないが、白山火山の活動が継続していることは明かである。観測点を設置した結果、活動の様子が詳細にわかるようにはなったが、2003 年 10 月に発生した M3.3 の地震は、1989 年の M3.3 の地震以来のおおきな活動であり、最近活動が活発化していることは確かである。この活動が継続するかどうか、現状の地震活動に注目しながら、今後も引き続き白山火山付近の地震活動の様子を調査することは大変重要なことと考える。

3. メカニズム解

今回の一連の群発地震のメカニズム解については、中山・他 (2005) によって求められた (Fig.13 左図)。Fig.13 の震央分布は上記の震央分布と同じようなデータを使用して作られているが、一部に金沢大学の白山付近の臨時観測のデータが追加されている。概略的には前述の結果と同じような分布を示すが、マスターイベント法を用いていることによって相対的な震源はより正確である。

メカニズム解については、2 月の群発地震は求められた殆どの地震が逆断層タイプである。4 月の群発地震は、決められた個数は 4 個と少ないが、横ずれ断層、逆断層、正断層タイプと種々の解が求まっている。8 月の群発地震については、最大地震は横ずれ断層タイプであるが、他に求まったものは殆どが逆断層タイプである。10 月の群発地震についても解は 4 個と少ないが、最大地震は横ずれ断層型と求められ、逆断層タイプも混在している。以上の結果からこの地域では概ね横ずれ断層タイプと逆断層タイプが混在していること

が明らかとなった。これらの結果は、白山火山付近の地下構造の複雑さを反映していると考えられるが、一方、地震の規模が小さいこと、震源の深さの精度が未だ十分でないための誤差である可能性も考慮に入れておく必要がある。浅い地震のメカニズムが逆断層型か横ずれ型かは速度構造や観測点配置を詳細に考慮しないと確定するのは難しい。初動の方向だけでなく、振幅も使った解析が必要だと思われる。

また、主圧力軸は、ほとんどの地震について、東西ないし北東-南西方向に求まっており、この方向は Fig.13 の右図に示す小泉、他 (1993) の解析結果とほぼ一致しており、中部地方北西部における広域応力場を反映している。

5. まとめ

2005 年 1 年間に、2 月、4 月、8 月および 10 月と 4 回の活発な群発地震活動が見られた。これらの活動は、白山火山の直下で、しかもごく浅いところで発生しており、それぞれの活動は場所を変えて発生している。また、高橋・他 (2003) は白山山頂に設置した地震観測点のデータを加えて再決定し、上記の報告よりもさらに浅く震源を求めている。したがって、これらの群発地震活動は火山活動と密接に関係しているものと考えられ、今後の推移が注目される。気象庁も 2005 年末に山頂付近に観測点を設置したし、大白川観測点のデータも気象庁の一元化システムに組み込まれることになった。これらのデータ等も含めて震源精度が向上し、火山活動の監視網が整備されることが望まれる。また、これらのデータによって、火山の活動様式がより詳細に解明されることが期待される。

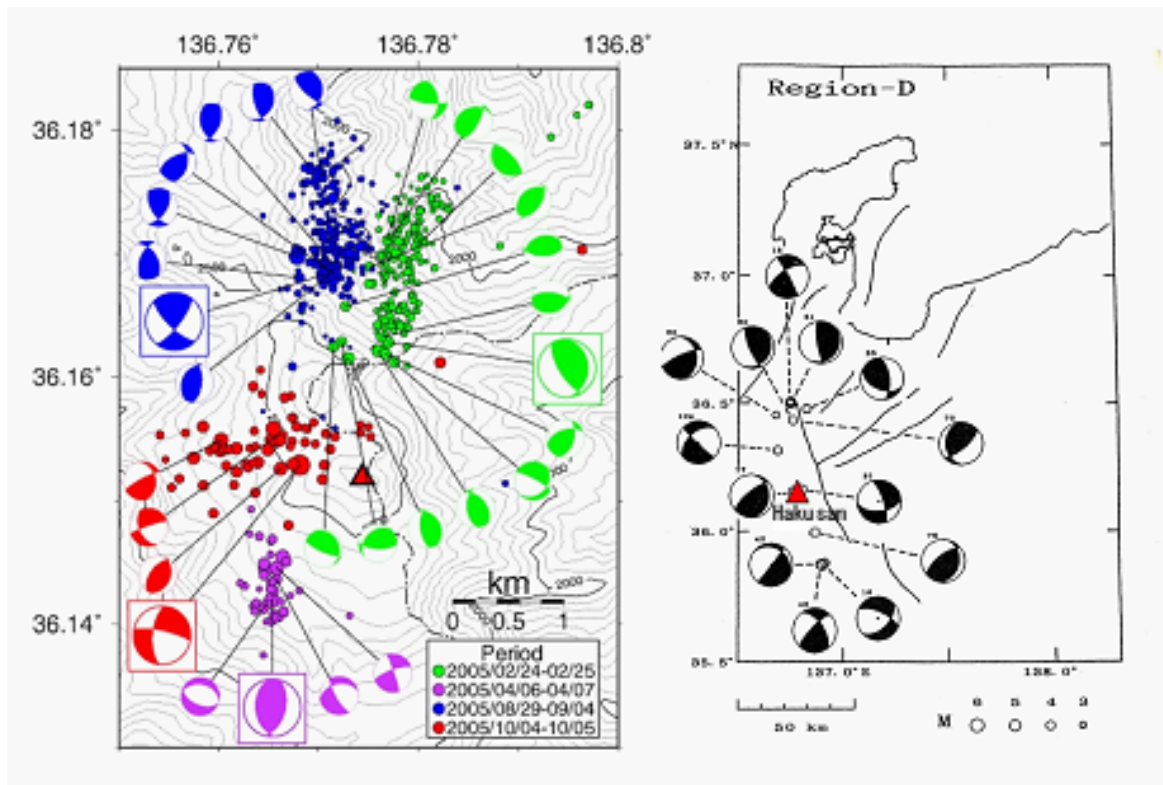


Fig.13 Left figure shows the epicenters and focal mechanisms of the four earthquake swarms in 2005 determined by Nakayama et al. (2005). Circles indicate epicenters of the four swarm activities showing different periods by different colors. Focal mechanism solutions for events in each swarms are indicated by corresponding color of the epicenters, Focal mechanism of the maximum event in each swarm activity are shown in a square with corresponding color to the epicenter. Hypocenters are relocated by master event method adding temporary observation station data.

謝 辞

大臼川観測点での臨時地震観測は、電源開発（株）中部支店御母衣電力所の大塚春雄所長、峯岸誠二所長代理他多くの方々の御理解がなかったら出来なかったことであり、ここで改めて心から感謝致します。データ解析では、Hi-net 観測網、多くの他機関のデータを利用して戴いた。御礼申し上げる。本報告の作図の一部は森下可奈子氏によるものである。記して感謝の意を表します。作図には GMT(Wessel and Smith 1998)を使用した。

参考文献

歪集中帯大学合同地震観測グループ(2006)：歪集中帯を中心とする大学合同地震観測一跡津川断層域を中心として一、東京大学地震研究所彙報、印刷中
小泉 誠・伊藤 潔・和田博夫(1993)：中部地方北西部における地震の発震機構、京都大学防災研究所年

報、第 36 号 B-1, pp.305-324.

中山和正・平松良浩・古本宗充・和田博夫・伊藤 潔 (2005)：2005 年 2 月、4 月に発生した白山群発地震活動、日本地震学会 2005 年秋季大会講演予稿集, pp.117.

高橋直季・平松良浩・古本宗充・三宅 学・平田 直 (2003)：白山火山近傍での微小地震観測、地震、第 2 輯、第 56 巻, pp.89-94.

東田進也・西上欽也・平野憲雄・和田博夫(1990)：白山付近に発生する地震の震源再決定、地震、第 2 輯、第 43 巻, pp.453-457.

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.705-711.

和田博夫・伊藤 潔・大見士朗・平野憲雄・小泉 誠 (2002)：飛騨地域における地震活動の線状配列、京都大学防災研究所年報、第 45 号 B, pp.555-559.

Wessel, P. and Smith, W. H. F. (1998)：Generic Mapping Tools vol.3.1.

Earthquake Swarm Activities in the Hakusan Volcano Area in the Northeastern Chubu District, Japan

Hiroo WADA, Kiyoshi ITO, Shiro OHMI, Norio HIRANO, Yoshihiro HIRAMATSU* ,
Kazumasa NAKAYAMA**and Japanese University Group of the Joint Seismic Observations at NKTZ

* Graduate School of Natural Science & Technology, Kanazawa University

** Department of Earth Sciences, Faculty of Science, Kanazawa University

Synopsis

Four earthquake swarm activities occurred in the Hakusan Volcano area in 2005. The maximum event of M4.2 occurred in October. The hypocenters of the earthquake swarms are very shallow as less than 5km and very close to the summit of the volcano but locations of the swarms are different with each other. The seismicity in the volcano area has been high since 2003, therefore, a careful monitoring of volcanic activity is necessary for the Hakusan Volcano.

Keywords: Hakusan volcano, earthquake swarm, Atotsugawa fault, seismicity in volcanic area