

火山活動の経過 —1997～2007年—

京都大学防災研究所 井口 正人・為栗 健
横尾 亮彦

1. はじめに

桜島の南岳における爆発的噴火回数は減少傾向にあり、ここ数年は年間10回以下の爆発しか発生していない。それとは逆にA型地震は増加傾向にあり、2003年以降、南岳直下だけではなく周辺部の地震活動が活発化している。第10回桜島火山集中総合観測では、南岳に近接した臨時地震観測と桜島の北方および南方海域における海底地震観測を実施した。これらについては本報告書に詳細に記載されているので参照されたい^{1), 2)}。南岳の噴火活動度は低下傾向にあるもののその東山腹の昭和火口では2006年6月4日に58年ぶりとなる噴火活動が再開し、2007年5月～6月、2008年2月と噴火が繰り返して発生した。本稿では常時地震観測によって得られた1997年以降2007年までの地震活動と噴火活動の特徴について述べる。

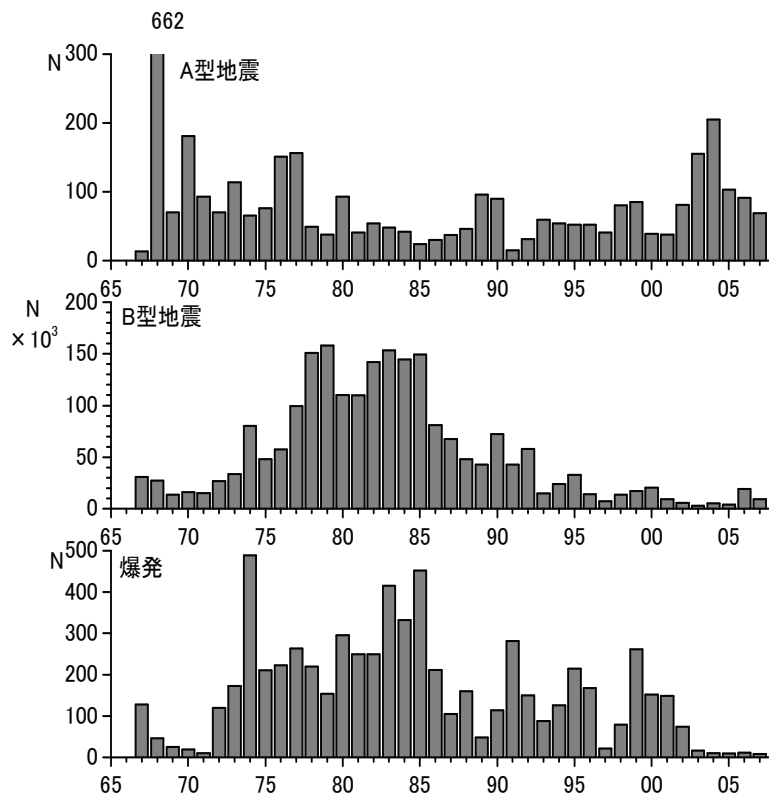


図1. 1967年から2007年までのA型地震、B型地震および爆発地震の年別発生頻度

2. 地震活動

2. 1. 地震発生回数

図1に1967年以後のA型地震、B型地震および南岳山頂火口における爆発的噴火に対応する爆発地震の年間および月別の発生回数を示した。ここでいう爆発的噴火とはこれまでどおり「南岳火口の北西2.7kmにあるハルタ山観測所において空気振動10Pa以上、地震の最大振幅10 μ を記録した噴火」である。1972年10月2日の爆発を契機として噴火活動が活発になり、1974年と1985年には年間爆発回数が400回を超えた。2000年以降、爆発回数は減少傾向にあり、2003年以降の爆発回数は年20回以下である。B型地震の発生回数の推移は爆発回数と同様の傾向を示す。爆発的噴火が頻繁に発生していた時期に対応する1978年から1985年まではB型地震の年間発生回数は100,000回を超えていたが、1986年以降減少傾向にある。前回の報告書³⁾において1996年の発生回数は1974年以降では最も低いレベルであったことが指摘されているが、1997年以降も長期的な減少傾向が続いている。一方、A型地震の発生回数は増加傾向がみられる。1997年から2002年までのA型地震の発生回数は40回～80回であり1978年から1996年までの活動と大きな違いはないが、2003年は155、2004年は205回と1970年から1977年までの爆発的噴火活動期初期のレベルに達している。2005年以降もやや発生回数の多い状態が続いている。

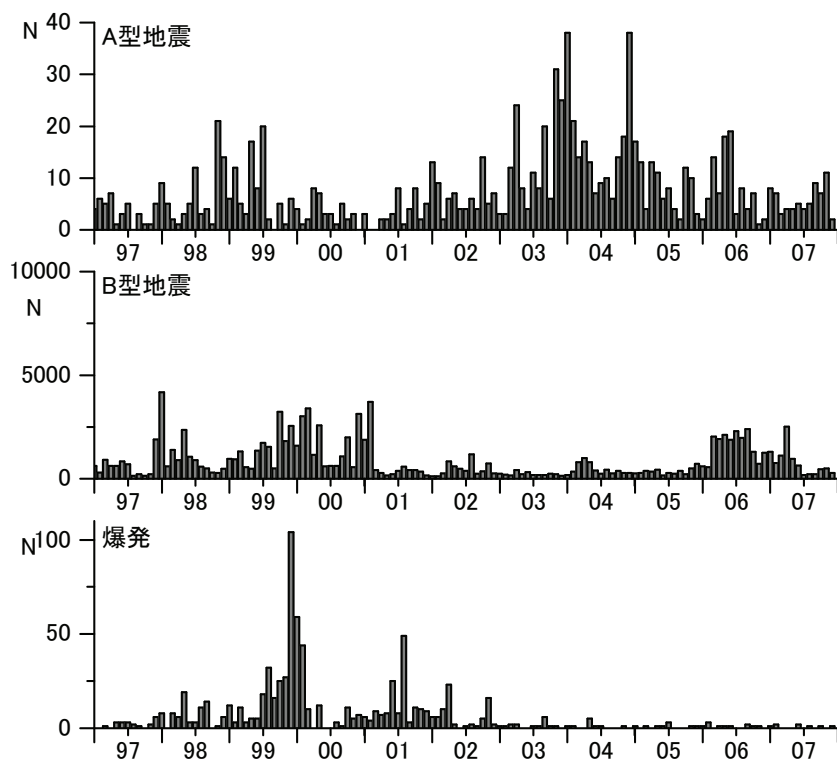


図2. 1997年から2007年までのA型地震、B型地震および爆発地震の月別発生頻度

図 2 に 1997 年から 2007 年までの A 型地震, B 型地震および爆発地震の月別発生回数を示した。1999 年 12 月に爆発回数は 104 回に達し, この期間のピークに達している。1997 年 12 月から爆発回数は徐々に増加していく傾向がみられる。これに対応して A 型地震, B 型地震も発生回数が増加した。この時期には GPS 連続観測により桜島北岸を中心とする膨張が検出されており⁴⁾, 始良カルデラ下のマグマ溜りにマグマを急激に蓄積させつつその一部が南岳に移動し, 噴火活動が活発化したものと解釈できる。2001 年に一時的に爆発回数が増加したものの 2000 年以降は減少傾向にあり, 2003 年以降の 60 ヶ月間で爆発が発生しなかった月は 24 カ月に及ぶ。一方, 南岳東山腹の昭和火口では 2006 年 6 月 4 日に 58 年ぶりに噴火が発生し, 2007 年 5 月から 6 月にかけても噴火が繰り返された。2008 年 2 月 3 日と 6 日には火砕流を伴う爆発的噴火が発生した。B 型地震も爆発地震の推移と同様の傾向であり, 2001 年 3 月から 2006 年 2 月までは 1000 回/月を下回った。これは 1972 年以降の活動期では最も低いレベルにある。2006 年 3 月から 2007 年 6 月までは 1000~3000 回/月とやや増加したが, これは昭和火口の噴火活動に関連した地震活動である可能性が高い。一方, A 型地震は 2001 年以降, 増加傾向にあり, 2003 年 11 月には急激に増えた。2004 年 1 月と 10 月に 38 回/月に達した。その後も発生回数が多い状態が続いている。

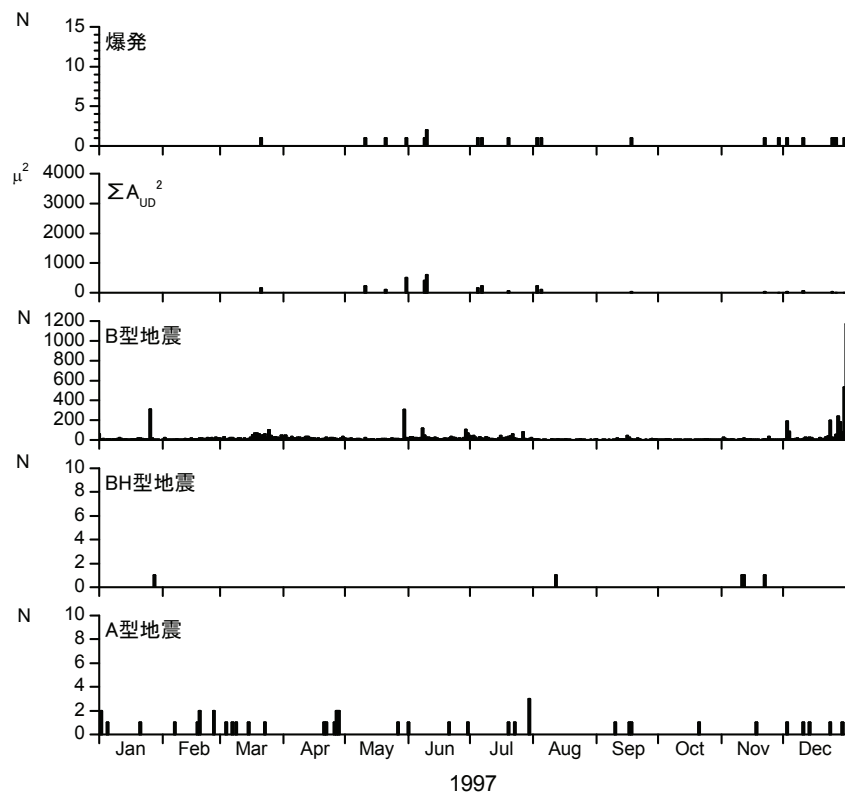


図 3. A 型地震, B 型地震および爆発地震の日別発生状況(1997 年)

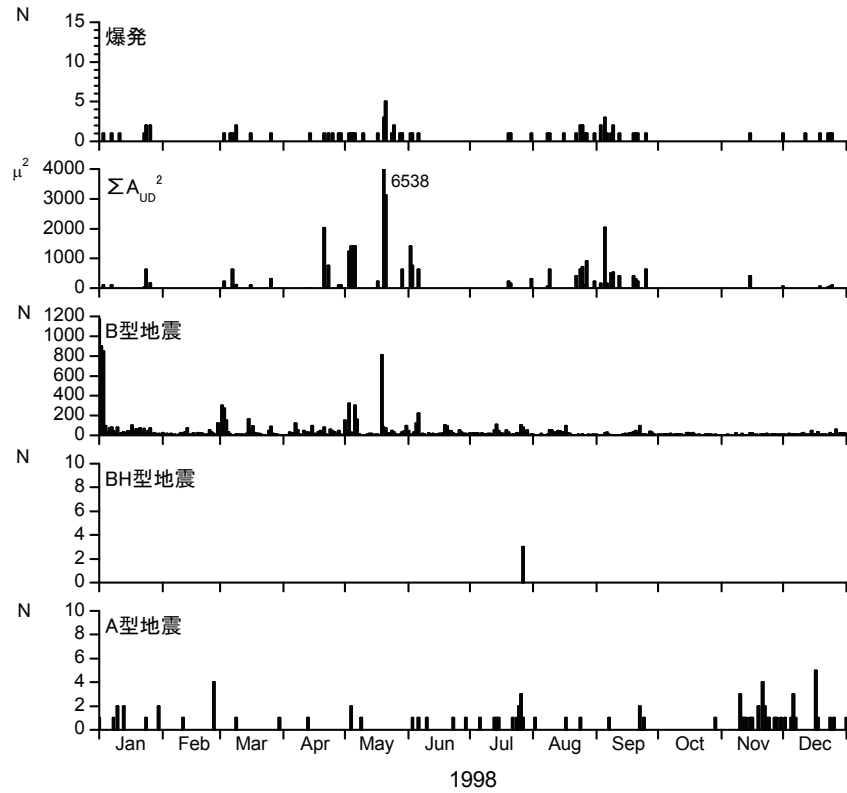


図 4. A 型地震, B 型地震および爆発地震の日別発生状況(1998 年)

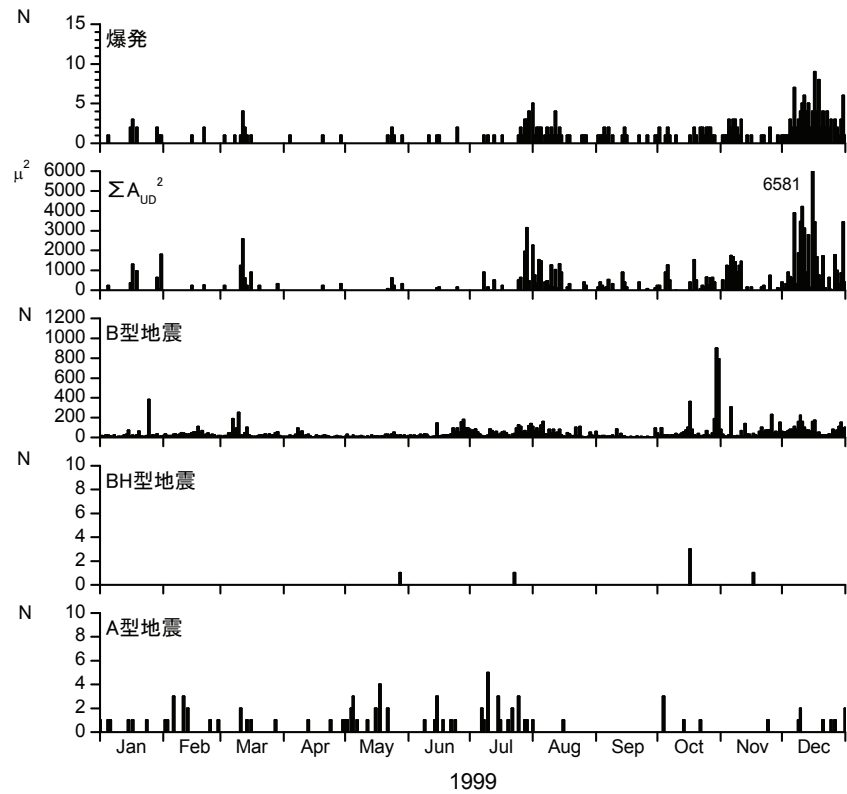


図 5. A 型地震, B 型地震および爆発地震の日別発生状況(1999 年)

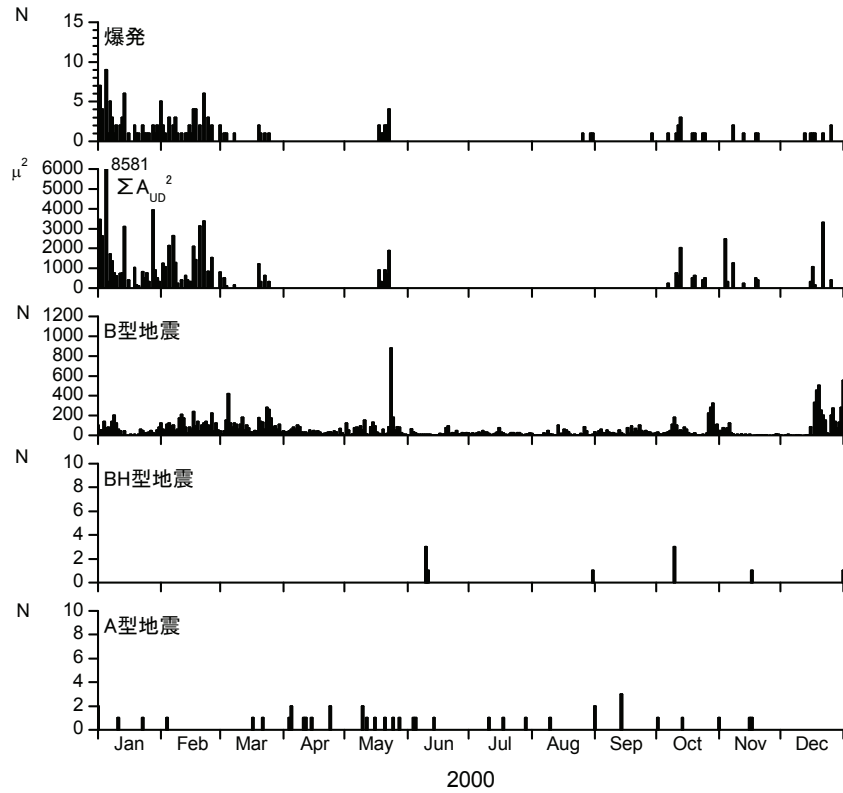


図 6. A 型地震, B 型地震および爆発地震の日別発生状況(2000 年)

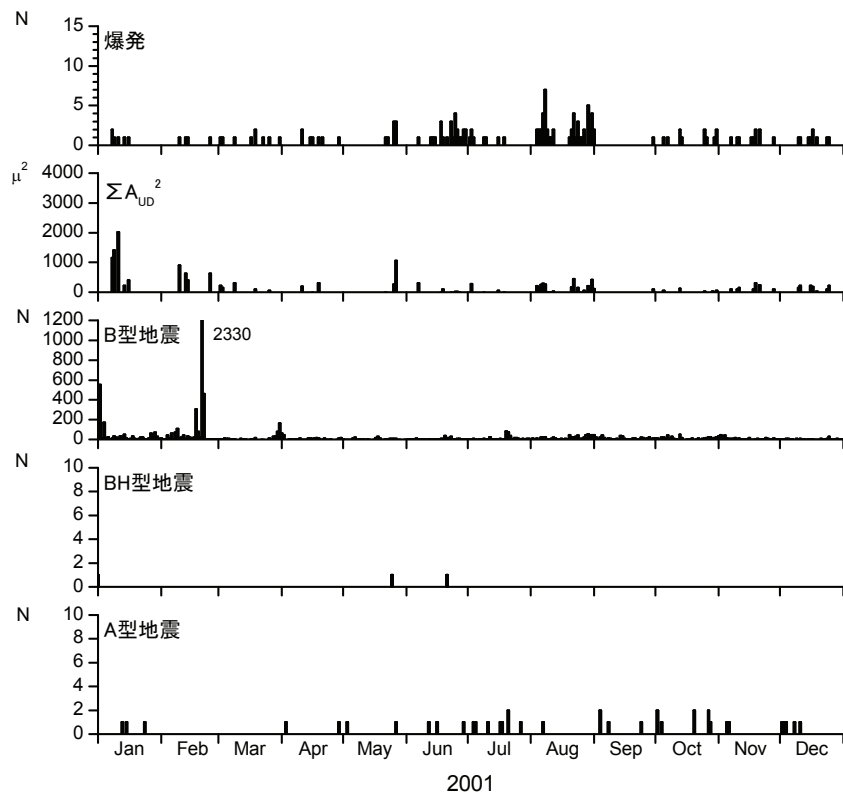


図 7. A 型地震, B 型地震および爆発地震の日別発生状況(2001 年)

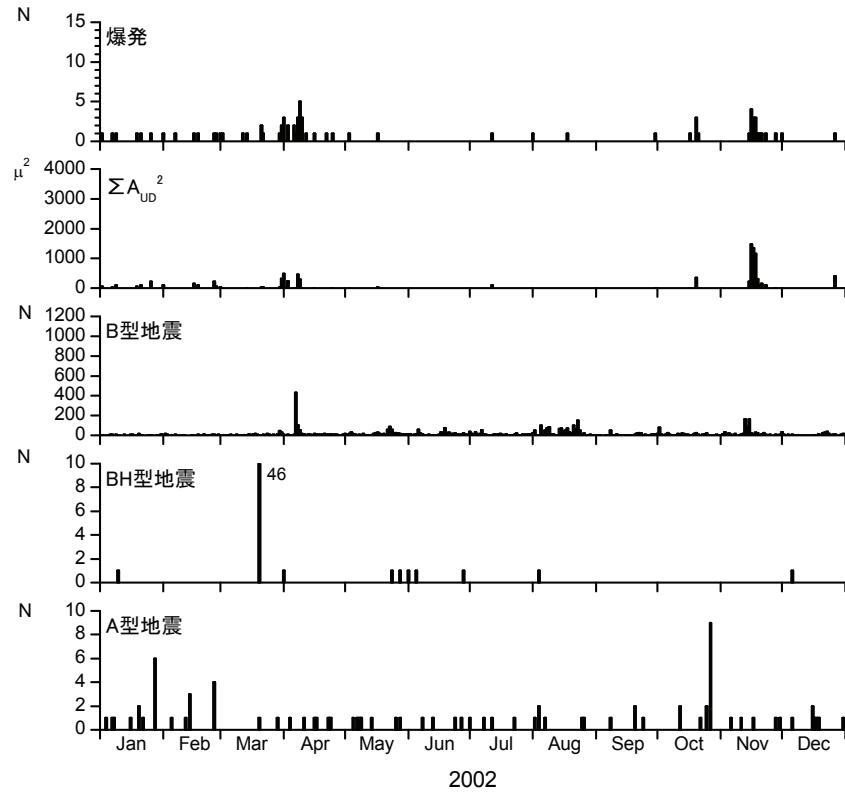


図 8. A 型地震, B 型地震および爆発地震の日別発生状況(2002 年)

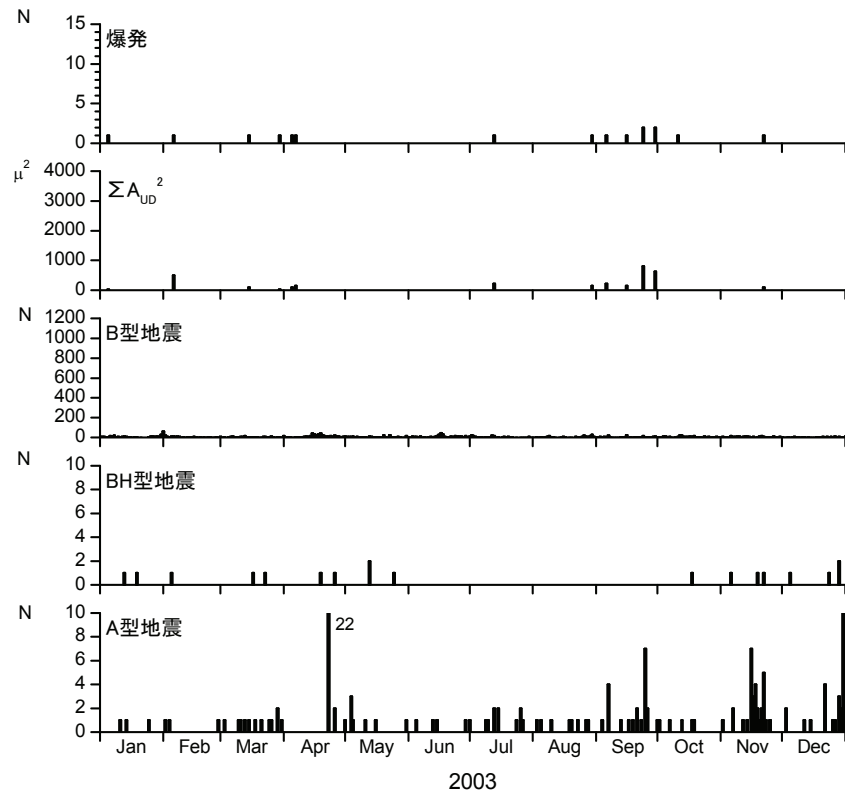


図 9. A 型地震, B 型地震および爆発地震の日別発生状況(2003 年)

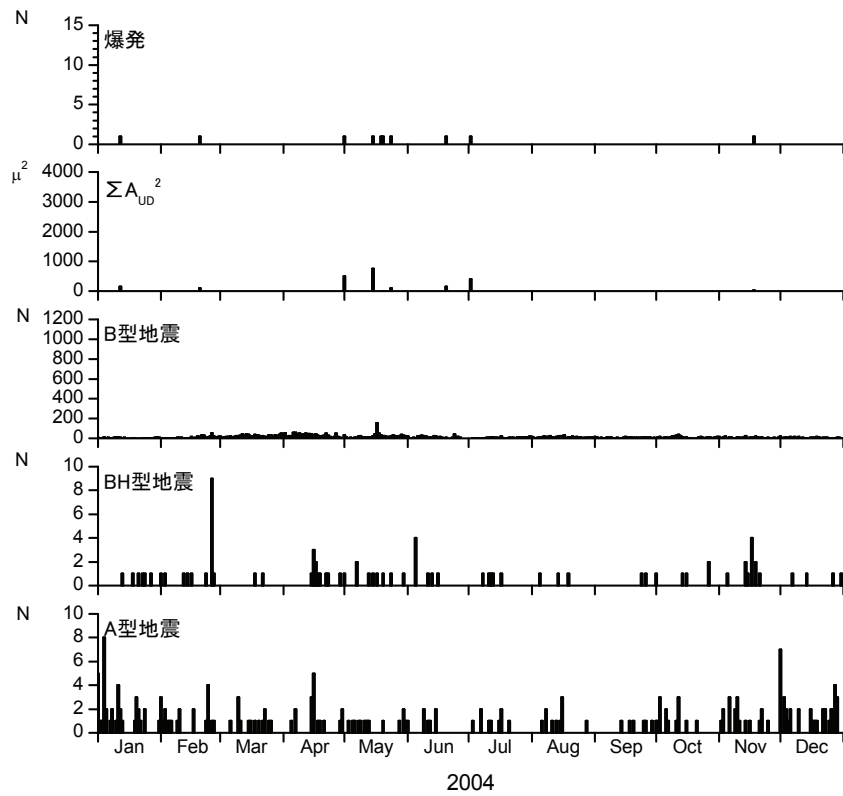


図 10. A 型地震, B 型地震および爆発地震の日別発生状況(2004 年)

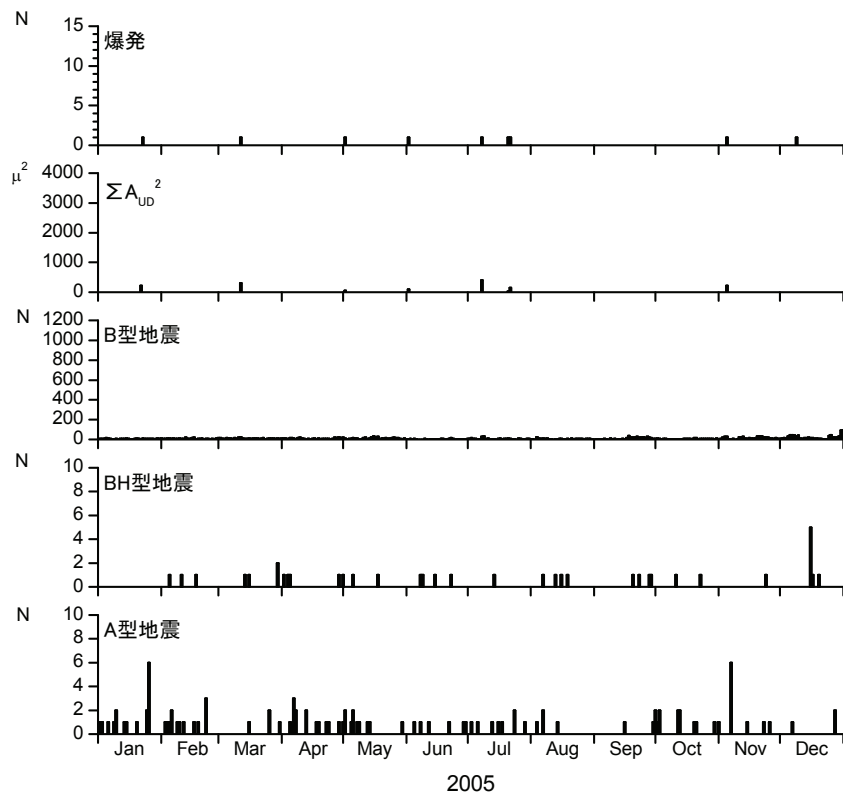


図 11. A 型地震, B 型地震および爆発地震の日別発生状況(2005 年)

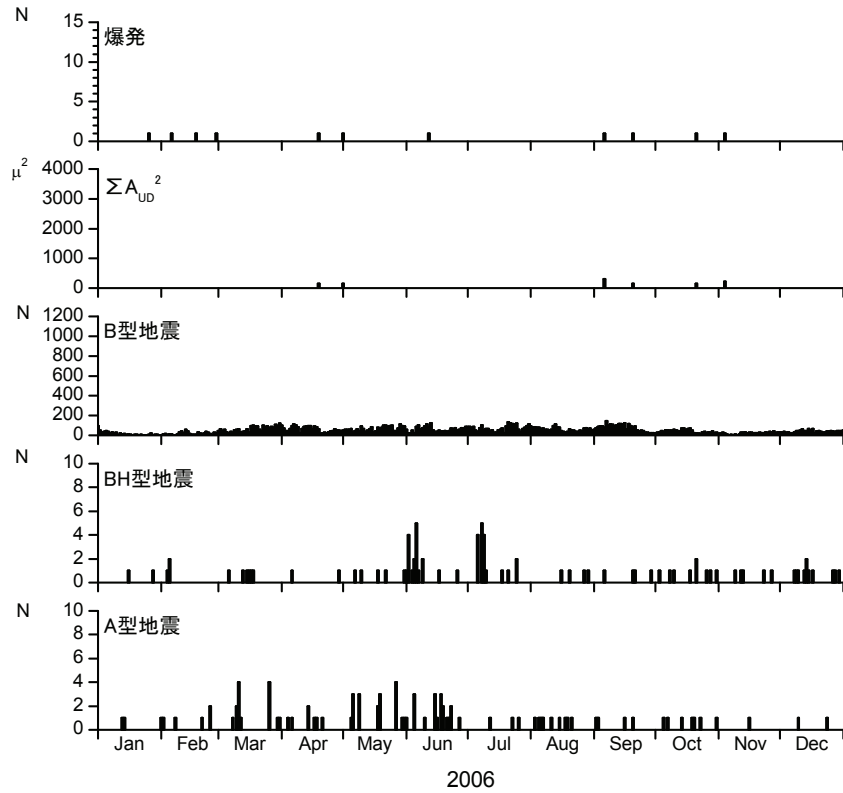


図 12. A 型地震, B 型地震および爆発地震の日別発生状況(2006 年)

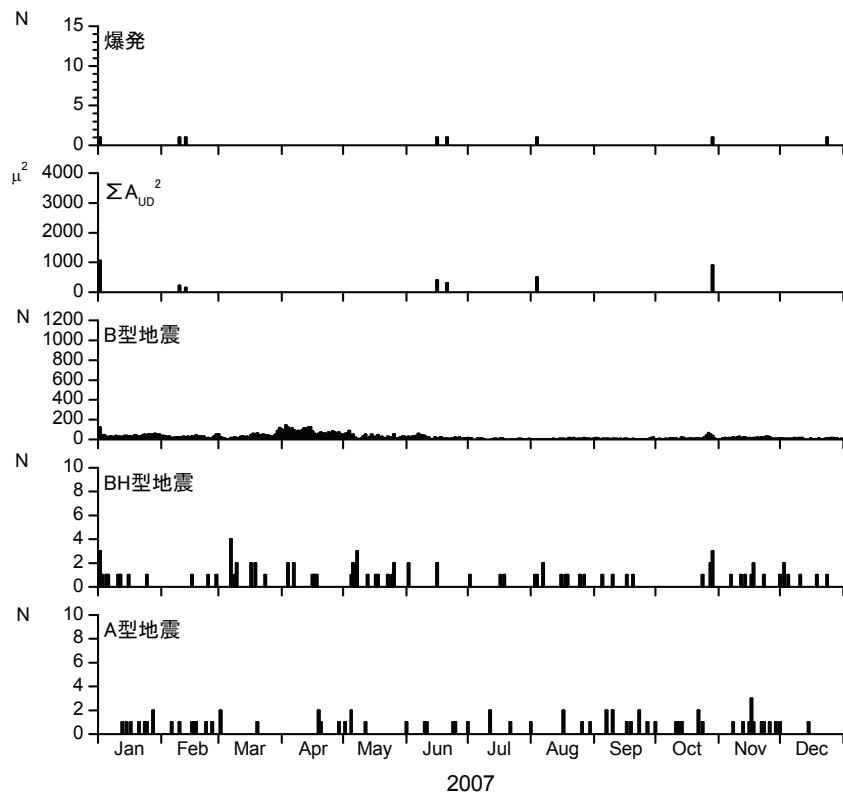


図 13. A 型地震, B 型地震および爆発地震の日別発生状況(2007 年)

図3～図13には、1997～2007年のA型地震、B型地震および爆発地震(爆発的噴火)の日別発生回数を年毎に示した。1980年代に頻繁に発生したB型群発の発生はあまり見られなくなった。500回/日を超えたのは1997年12月31日～1998年1月3日(530, 1170, 900, 850回)、1998年5月19日(810回)、1999年10月30日～31日(900, 790回)、2000年5月24日(880回)、2001年1月1日～2日(550, 550回)、2001年2月21日(2330回)であり、2003年以降は、特に発生回数が少ない。ただし、2006年3月から発生したB型地震は振幅が大きくなっており、2007年6月2日に発生したものは 63μ と爆発地震と同等の規模を持つものであった(図14)。

1980年代から1990年代の初めにかけてB型群発からC型微動へ頻繁に移行したが⁵⁾、この現象もみられなかった。一方、C型微動はこれまでとは異なる出現の仕方をした。2002年10月11日の爆発では爆発発生から3分後にC型微動が発生し、12分間継続し、翌10月12日の噴火に伴ってC型微動が発生した⁶⁾。また、2006年以降の昭和火口の噴火活動期にはC型微動がしばしば発生した(図15)。

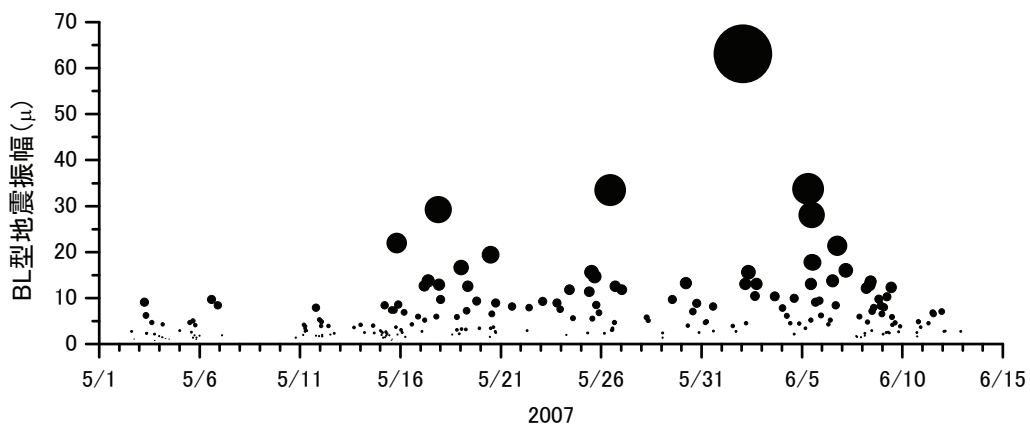


図14. B型地震の振幅の変化(ハルタ山に設置したS-1000地震計による)

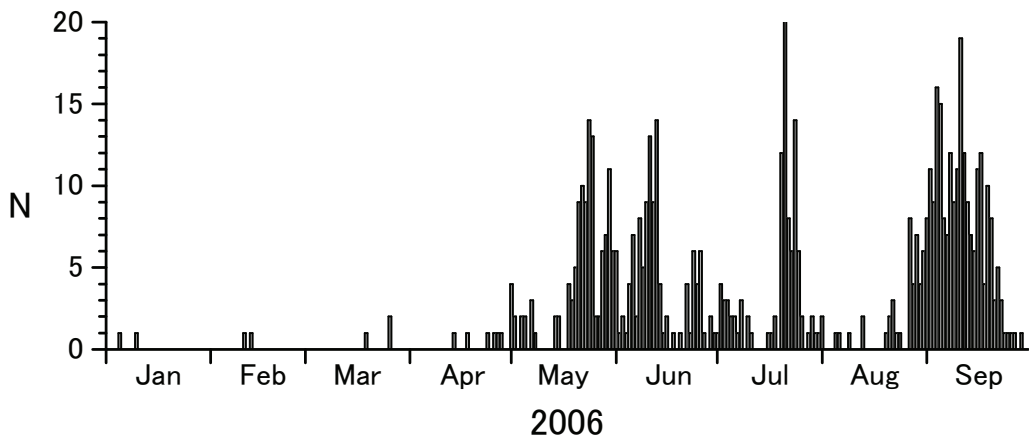


図15. C型微動発生回数の推移

2. 2. 震源分布

震源が決定された 1997 年から 2007 年までの A 型地震の震源分布を図 16 に示した。マグニチュードは $-0.5 \sim 2.8$ の範囲である。図 17 には山頂付近の拡大図を示した。南岳の山頂付近に多くの地震が分布し、深さは $0 \sim 4\text{km}$ である。 2km より浅い部分では火口よりも東側に地震が多い傾向がみられ、震源域も東側に拡大している。また、北岳付近にも東北東から西南西方向に地震の配列が認められる。この期間の特徴として桜島の南西部および始良カルデラ内の北東部にある若尊火山とその周辺の A 型地震の活動が活発になっていることが指摘できる。大部分は南岳火口周辺の $0 \sim 5\text{km}$ の範囲に分布するが、桜島の南西域の地震は深さ $6 \sim 8\text{km}$ に集中して発生しており、南岳山頂直下に発生しているものよりも深い。また、これらの地震の発震機構は東南東-西北西に張力軸を持つ正断層型である⁷⁾。始良カルデラ北東の地震については若尊火山浅部に集中して発生しているものと、その周辺において発生しているものに分けられる。若尊火山付近に集中して発生している地震の深さは 4km 以下である。その周辺において発生している地震は若尊火山直下のものに比べて深く、 $4 \sim 10\text{km}$ の深さに分布し、東南東方向から西北西方向への列状の配列が見える。これらの地震の発震機構は南北方向から北北西-南南東方向に張力軸を持つ横ずれ断層型である⁷⁾。

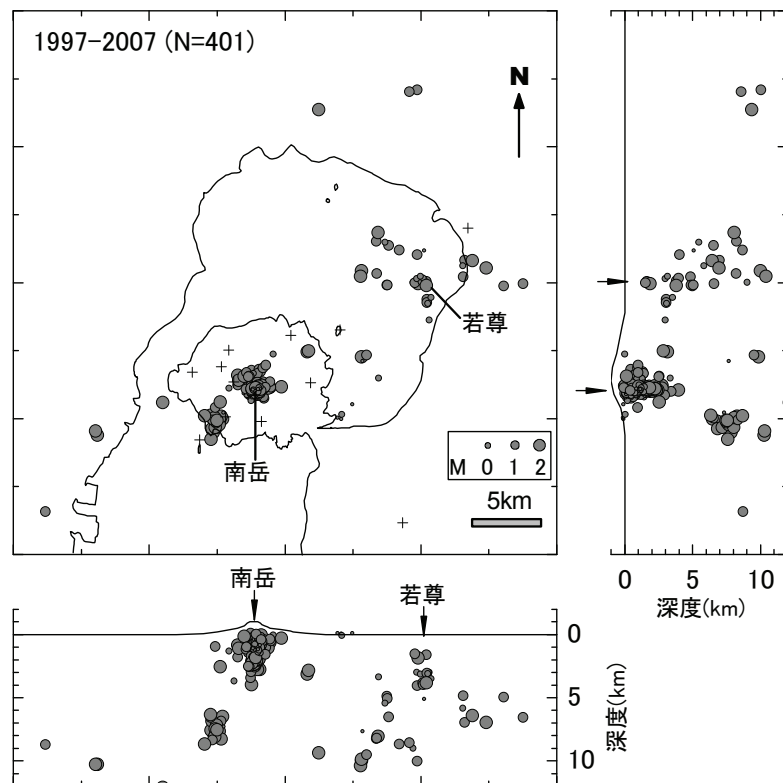


図 16. A 型地震の震源分布(1997~2007 年)

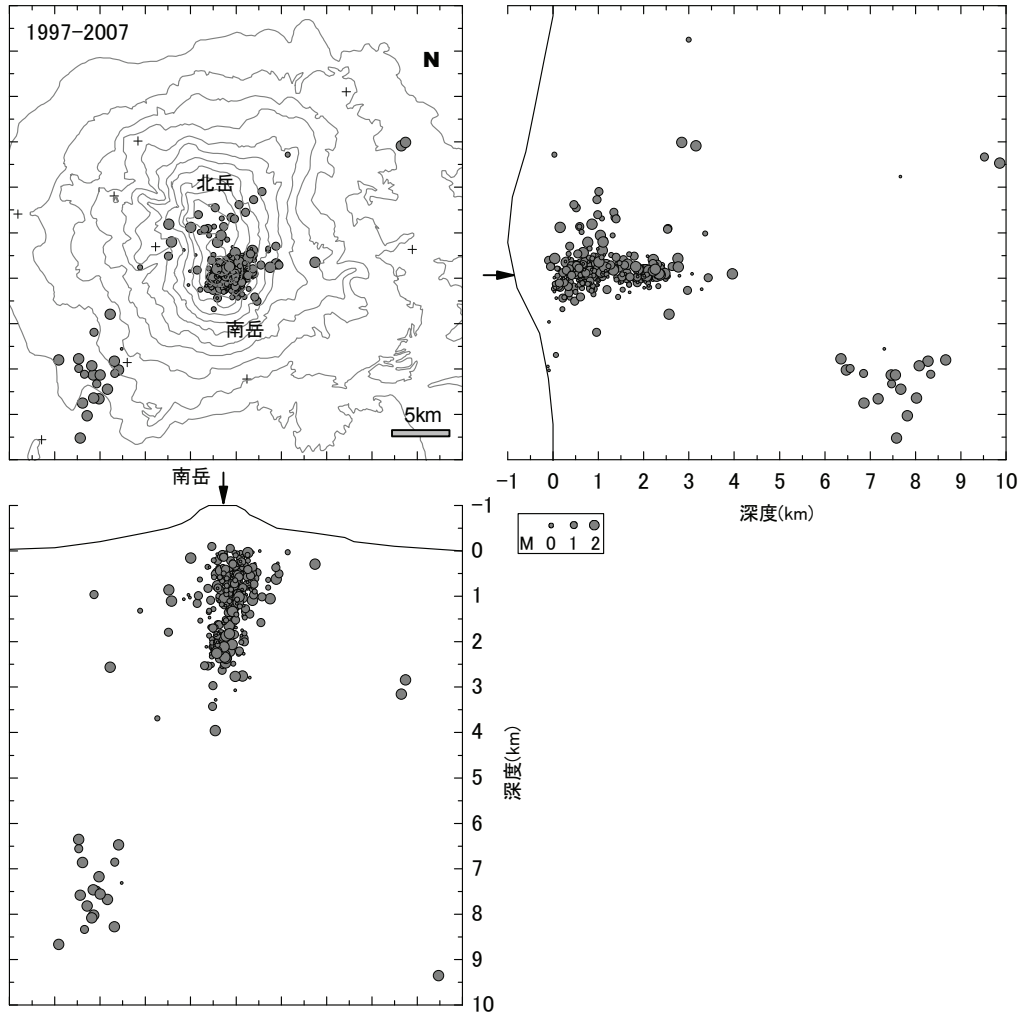


図 17. 桜島島内における A 型地震の震源分布(1997～2007 年)

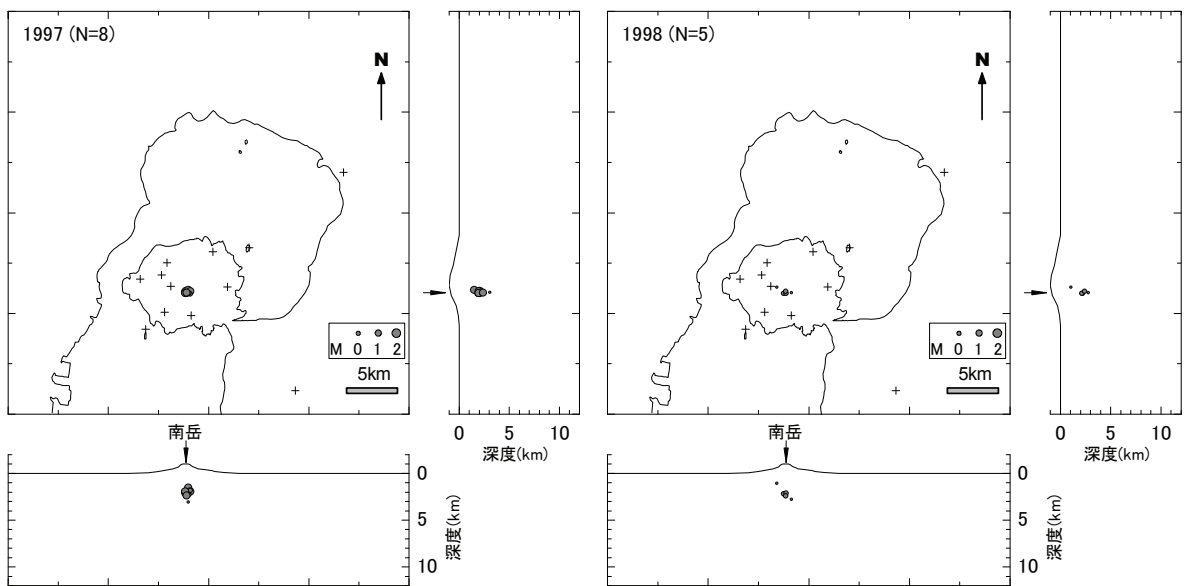


図 18. A 型地震の震源分布(1997 年～1998 年)

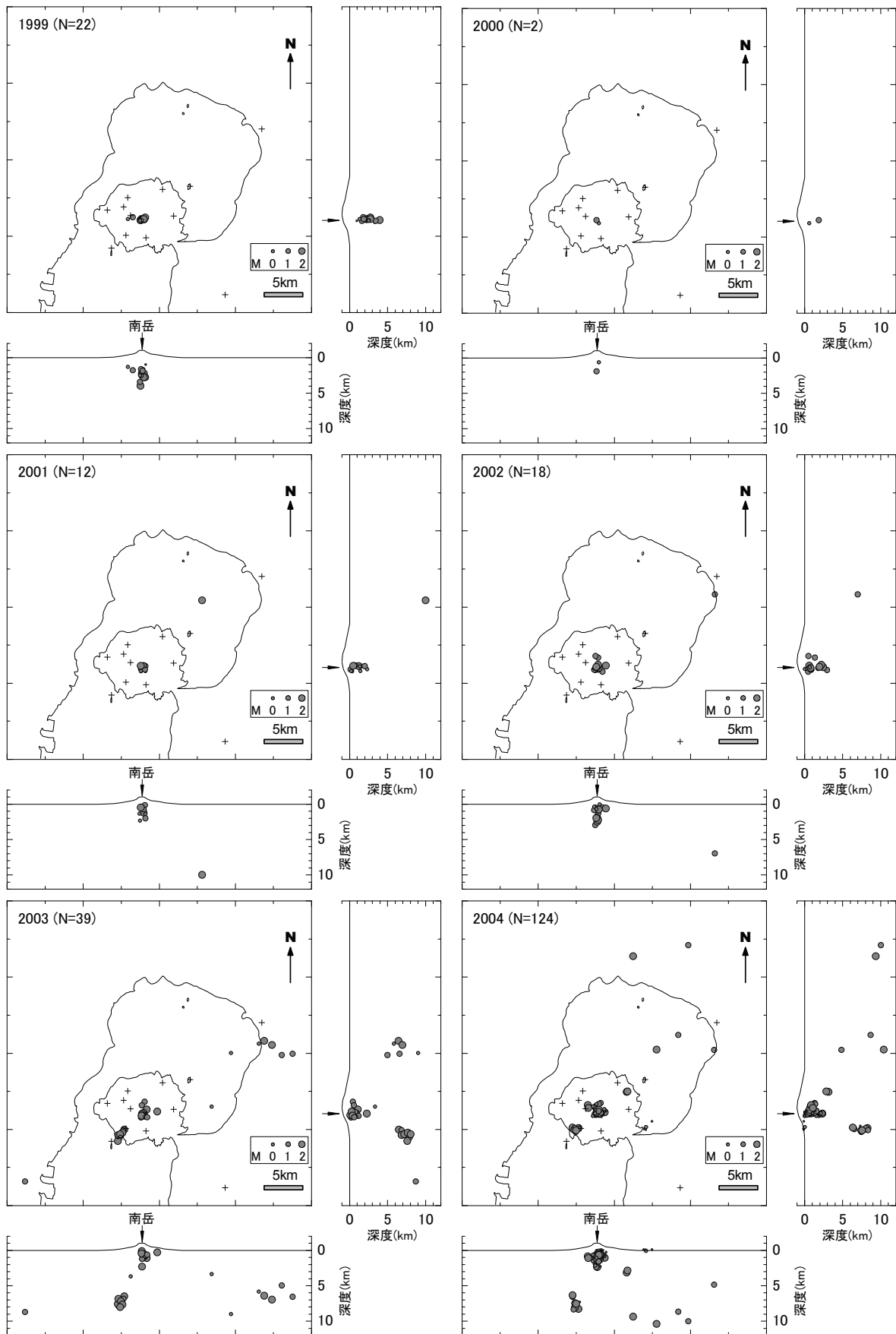


図 19. A 型地震の震源分布(1999 年～2004 年)

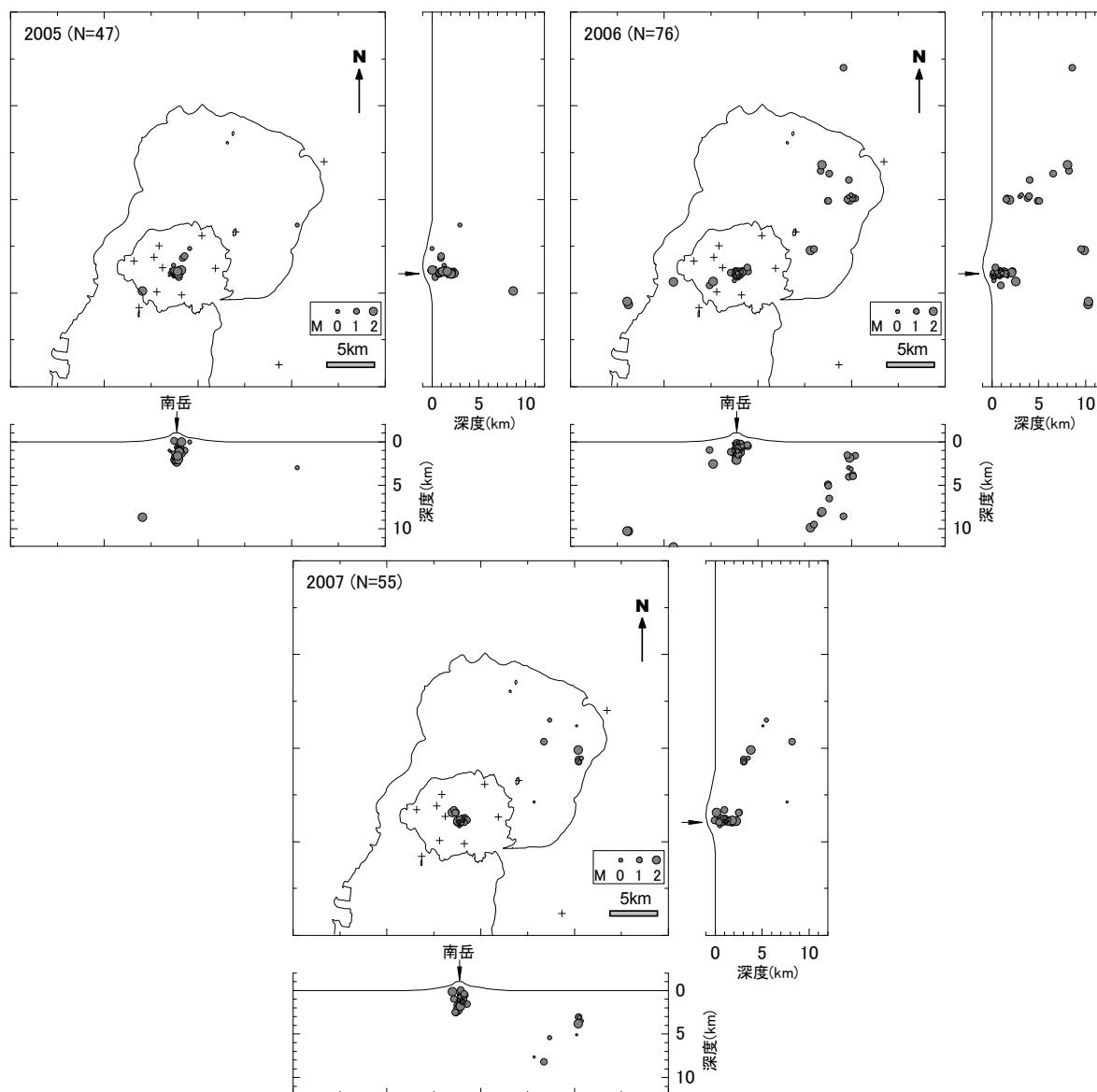


図 20. A 型地震の震源分布(2005 年～2007 年)

次に、1997 年から 2007 年までの震源分布を年毎に図 18～20 に示した。1997 年から 2002 年までは年によって消長はあるものの震源決定された地震は南岳直下の深さ 0～4km に集中している。この傾向は 1996 年以前の震源分布の特徴と³⁾と同様である。なお、1999 年 12 月 21 日 21 時 46 分の地震では鹿児島市で有感であり、桜島島外の観測網から求めた震源は鹿児島市南部の深さ約 11km でマグニチュードは 3 であった。

2003 年以降、南岳山頂直下だけではなく南西部および北東海域において地震活動が活発になった。まず、2003 年 11 月に桜島南西部において地震が多発し、続いて 2003 年 12 月には北東海域の地震活動が活発化した。桜島南西部の地震活動は 2004 年 1～2 月にかけても活動的であった。また、北東部海域での地震も時折発生した。2005 年は南岳火口直下の地震が多いが南岳をはさんで北東から南西方向への地震の配列が認められる。2006 年 8 月と 9 月に

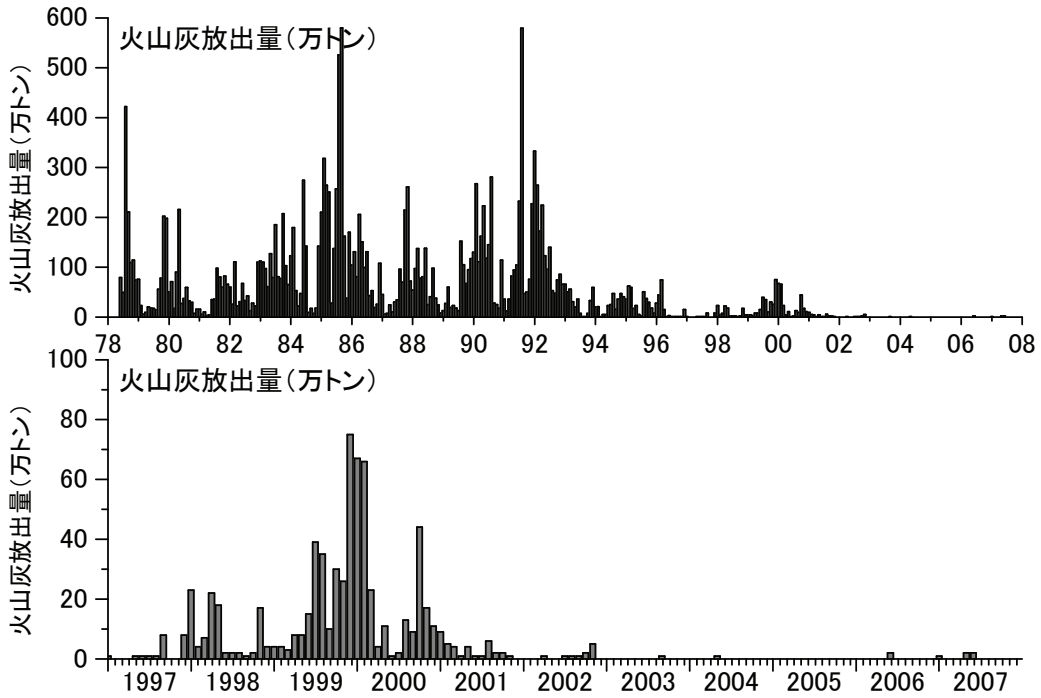


図 21. 1978 年 6 月から 2007 年 12 月までの月別火山灰推定量(上段)と 1997 年から 2007 年までの拡大図(下段)

は北東部海域の深さ 8~10km において地震が発生した。さらに 2006 年 12 月 26 日には若尊火山浅部深さ 0~4km において地震が多発した。

3. 南岳山頂火口における表面現象と特記事項

1997 年から 2007 年まで南岳山頂火口における噴火活動について、注目すべき現象と被害を述べる。図 21 に降灰量観測を開始した 1978 年 6 月以後の月間降灰量を示した。1997 年以降については 1999 年 12 月の爆発回数が 104 回に達した一連の活動期を除いて火山灰量は少ない。1999 年 12 月の火山灰量も 76 万トンであり、1992 年以前と比べて多くはない。特に、2002 年以降はほとんどの月が火山灰量 1 万トン以下であり、1992 年以前と比較して極端に減

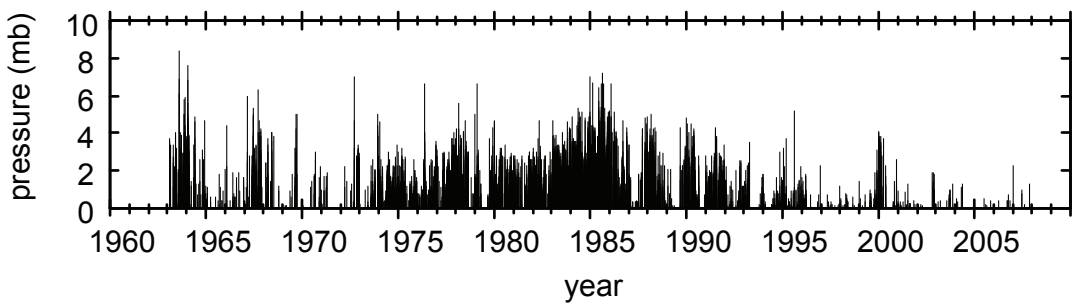


図 22. 1963 年以降のハルタ山観測室における空気振動の最大振幅の推移。

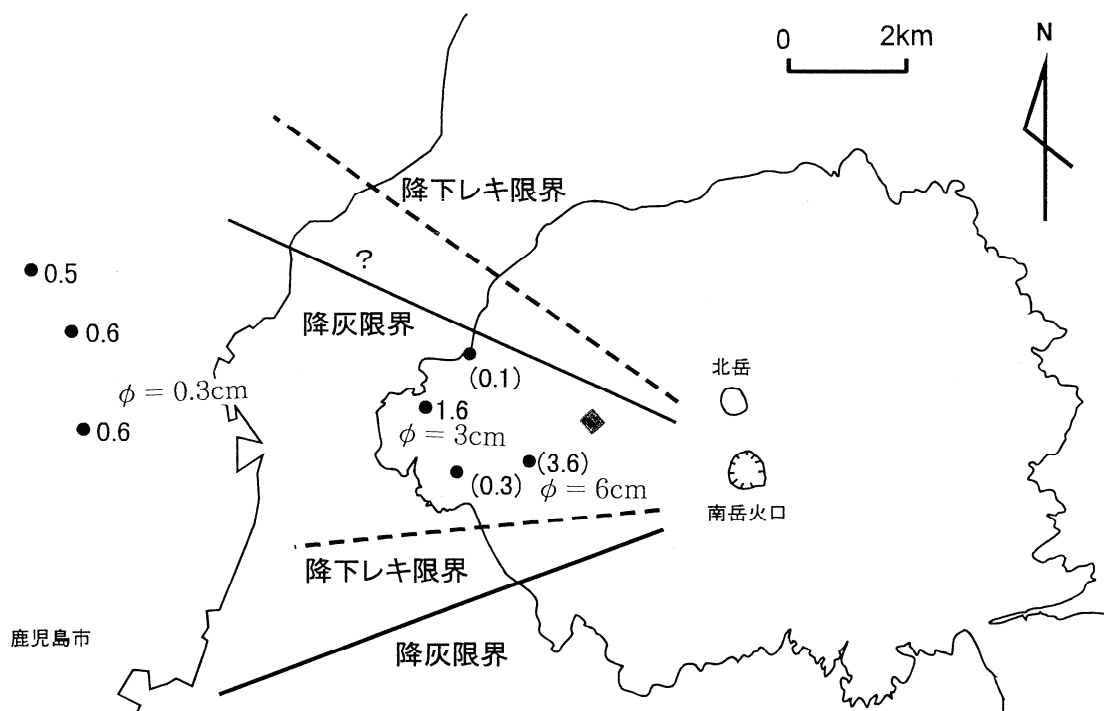


図 23. 2000 年 10 月 7 日の爆発に伴う降下火山灰量。数字は降灰重量(kg/m²)。

少ししたことが分かる。また、1996 年～1998 年および 2000 年以降の爆発回数が少ない時期には爆発に伴って発生する空気振動の振幅も小さくなっている。空気振動は火道上部に形成されたガス溜りの破裂により発生すると考えられており⁸⁾、空気振動の振幅が小さくなったことはガス溜りの圧力が低下したことを反映しているのかもしれない。噴火活動の低下を反映して噴火による被害も少なく、発生した被害は 2000 年 10 月 7 日 16 時 42 分の爆発だけであった。火山灰および火山レキの飛散範囲を図 23 に示した。この爆発によって鹿児島市桜島横山町付近まで直径 3cm 程度のレキが到達しており、火山レキによって車 35 台以上のフロントガラスが割れた。噴煙は 5000m に達し、強い東風によりレキが火口の西側 5～6km まで達し、鹿児島市街地でも 0.5kg/m² 以上の多量の降灰があった。この爆発により放出された火山灰量は約 40 万トンと推定される。

4. 昭和火口噴火

2006 年 6 月 4 日に昭和火口は 58 年ぶりに噴火を再開した。顕著な地震動を伴っていなかったため、噴火の開始時刻の特定はむずかしいが 10 時ごろと推定される。噴火に前駆する顕著な地震活動や地盤変動はなかったが、2006 年に入って昭和火口周辺の噴気量が増加し、地表面の温度が高くなっていた⁹⁾。6 月 7 日の噴火では噴煙高度 1000m に達し、その後、同等

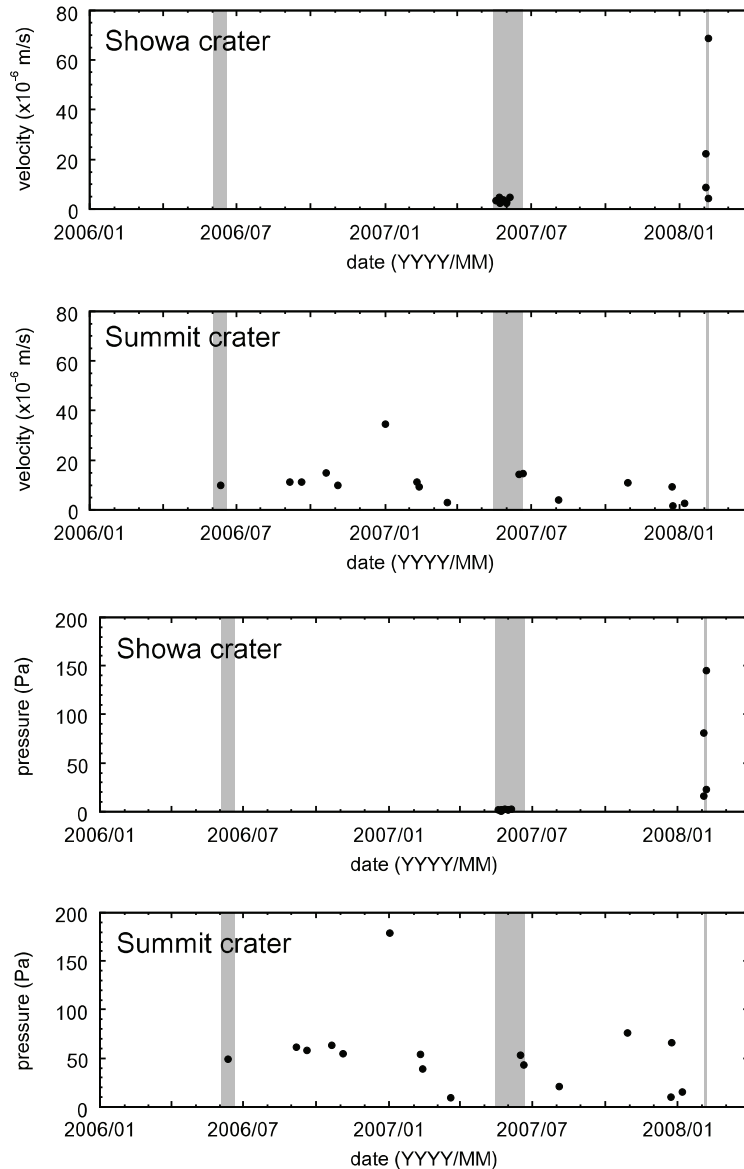


図 24. 2006 年以降の爆発地震の最大振幅(ハルタ山: 上段)と空気振動の振幅(有村: 下段). 灰色の帯は昭和火口における噴火活動期を示す.

規模の断続的な噴火が 6 月 20 日まで繰り返された。この期間の噴火の例を口絵写真 1 に示した。また、6 月 12 日には南岳の山頂火口でも爆発が発生した。

2007 年 5 月～6 月の噴火活動は 5 月 15 日 19 時 38 分に振幅の大きい B 型地震が発生した後、20 時 39 分ごろから噴火が始まった可能性が高い。5 月 19 日ごろから昭和火口において火映が観測されるようになり、夜間には赤熱した噴石や火山灰の放出も確認された。5 月 24 日に発生した噴火を上空から撮影したものを口絵写真 2 に示す。6 月 5 日の噴火では噴煙高度が火口上 2400m に達した。噴火は断続的に発生し、6 月 21 日まで繰り返された。

その後、2007 年秋ごろから昭和火口周辺の噴気量が増加し、2008 年 2 月 3 日 10 時 17 分

に爆発的な噴火が発生した。噴石は 4 合目まで飛散した。南岳の爆発と同等の基準を適用すれば、この噴火が 2006 年以降の活動において昭和火口における最初の爆発となる。続いて同日 15 時 54 分に発生した爆発では火砕流を伴い、東方向に約 1km 流下した。2 月 6 日 11 時 25 分には再び火砕流を伴う爆発が発生し、東方向に約 1.3km 流下し、標高 500m 付近の平坦部で停止した。この噴火の状況と火砕流先端部の様子を口絵写真 3, 4 に示した。

昭和火口と南岳における爆発地震と空気振動の最大振幅を比較して図 24 に示した。2006 年 6 月の噴火活動では地震動、空気振動とも検出限界以下と小さい。2007 年 5 月～6 月の活動では地震動が $5\mu\text{m/s}$ 以下、空気振動が 3Pa 以下と検出できるほどの大きさとなった。2008 年 2 月 6 日の爆発では地震動が $70\mu\text{m/s}$ 、空気振動が 150Pa に達しており、最近の南岳山頂火口における爆発と同等かそれよりも大きい。このように 2006 年 6 月の昭和火口における噴火開始以後、爆発の強度が増している傾向が見て取れる。

参 考 文 献

- 1) 為栗 健・井口正人・山崎友也・高山鉄朗(2008): 桜島火山における火山性地震観測の強化, 第 10 回桜島火山の集中総合観測(平成 19 年 5 月～平成 20 年 3 月), 19-25, 本報告書.
- 2) 八木原 寛・平野舟一郎・宮町 宏樹・井口正人・為栗 健・高山鉄朗・山崎友也 (2008): 若尊カルデラおよび桜島南方海域における海底地震観測, 第 10 回桜島火山の集中総合観測(平成 19 年 5 月～平成 20 年 3 月), 27-36, 本報告書.
- 3) 石原和弘・西 潔(1998): 桜島火山の地震活動, 第 9 回桜島火山の集中総合観測(平成 8 年 10 月～平成 9 年 4 月), 1-10.
- 4) Kriswati, E. and Iguchi, M(2003): Inflation of the Aira Caldera prior to the 1999 Eruptive Activity at Sakurajima Volcano Detected by GPS Network in South Kyushu, Ann. Disast. Prev. Res. Inst., Kyoto Univ., No.46B, 817-826.
- 5) 西 潔 (1984): 爆発に先行する火山性 B 型地震の群発, 京大防災研年報, 27B-1, 29-34.
- 6) Maryanto, S., Iguchi, M. and Tameguri, T. (2008): Constraints on source mechanism of harmonic tremor based on seismological, ground deformation and visual observations at Sakurajima Volcano, Japan, Jour. Volcanol. Geotherm. Res., Vol. 170, 198-217.
- 7) Hidayati, S., Ishihara, K. and Iguchi, M. (2007): Volcano-tectonic earthquakes during the stage of magma accumulation at the Aira caldera, southern Kyushu, Japan, Bull. Volcanol. Soc. Japan, Vol. 52, 289-309.
- 8) Ishihara, K. (1990): Pressure sources and induced ground deformation associated with

explosive eruptions at an andesitic volcano: Sakurajima volcano, Japan, In: Ryan, M. (Ed.), Magma Transport and Storage. John Wileys & Sons, Chichester, 335-356.

- 9) 横尾亮彦・井口正人・石原和弘(2007) : 熱赤外映像観測からみた桜島南岳山体斜面の熱活動, 火山, 第 52 卷, 121-126.

(Received on April 9, 2008)