



Title	1995—96年松前群発地震と広域地殻活動
Author(s)	本谷, 義信; MOTOYA, Yoshinobu; 笠原, 稔 他
Citation	北海道大学地球物理学研究報告, 60, 97-110
Issue Date	1997-03-31
DOI	https://doi.org/10.14943/gbhu.60.97
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/14251
Type	departmental bulletin paper
File Information	60_p97-110.pdf



1995—96 年松前群発地震と広域地殻活動

本谷 義信・笠原 稔

北海道大学理学部地震予知観測地域センター

(1997年1月16日受理)

Contemporary Regional Crustal Activities with 1995–96 Matsumae Earthquake Swarm in Hokkaido, Japan

Yoshinobu MOTOYA and Minoru KASAHARA

Research Center for Earthquake Prediction,

Faculty of Science, Hokkaido University

(Received January 16, 1997)

A remarkable earthquake swarm occurred off Matsumae, southernmost tip of the Oshima Peninsula, Hokkaido, Japan. During its activity from October 1, 1995 to mid-May, 1996, some seismic activities as well as volcanic ones took place far apart from its source region.

When the decay rate of Matsumae swarm activity varied, another earthquake swarm started off the Aonae Cape of Okushiri Island, about 80km apart from Matsumae swarm. In the beginning of November, a synchronous decrease was recognized in both activity of Matsumae swarm and aftershock activity of 1994 Hokkaido Toho-Okai Earthquake of M8.1 which had occurred off Shikotan Island on October 4, 1994. At the same time, volcanic earthquakes suddenly increased at Meakan-dake Volcano in the eastern part of Hokkaido. After the largest event of M4.4 in Matsumae swarm on November 23, 1995, seismicity east near off the Oshima Peninsula decreased, while seismicity in the central part of Hokkaido increased. Komagatake Volcano in the Oshima Peninsula erupted on April 5, 1996, in the late stage of Matsumae swarm activity.

It is left unknown whether these events associate with Matsumae earthquake swarm. However, the fact that they happened at nearly the same time implies the crustal activity in and around Hokkaido remained high level in late 1995 and 1996.

I. はじめに

北海道渡島半島南端の松前町の南西約 10 km 沖合いで 1995 年 10 月 1 日から地震が散発し始めた。その後、地震回数は急激に増加し群発地震であることが明らかになった（以下では松前群

発地震という)。北海道大学理学部地震予知観測地域センター(RCEP)では、この群発地震の活動域を把握し活動経過を監視するために、松前町に地震観測点を設置して観測を続けており、地震群の詳細な空間分布、地震の発震機構解などが明らかにされつつある。一方、この群発地震の活動が続いているのと同時期に北海道とその周辺でいくつかの地震現象と火山現象が広域的に発生したので、ここでは松前群発地震の活動経過とこれらの広域地殻活動について報告する。

II. 観測と資料

RCEPの定常地震観測で、1995年10月1日から北海道渡島半島南端に位置する松前町の南約10km沖合いで微小地震が散発していることがわかった。翌日の夕方にはこれらの地震の発生頻度は増加し、群発地震活動であることが明らかになった。この時点では、RCEPで震源決定に使われている観測点で松前群発地震の震源域に最も近い観測点は、北海道側では上ノ国(KKJ)であり、本州側では弘前大学の三厩観測点(MMA)であった。どちらも震源域から40km以上離れているので、RCEPでは、大きな地震の震源決定精度を上げるとともに小さな地震の震源決定も可能とするために、松前町に地震観測点を新たに設置した(Fig. 1)。観測は松前小学校(KKM)で10月6日から始めた。11月になると有感地震の回数が再び増加したので、愛幼稚園(ATM)と小島小学校(GAM)にも地震計を設置して11月15日から観測を始めた。データをNTT専用回線でRCEPへ伝送して、RCEPの観測網に組み込んで定常処理をしている。

これらの観測点のデータを用いて地震の震源決定を行い、松前群発地震活動の時空間分布が明らかにされている(北海道大学理学部, 1996b)。しかし、活動の初期の段階では震源域の近くに観測点はなかったので震源決定精度が違っていると考えられるし、RCEPの定常データ処理はイベント・トリガー方式によっているので、地震活動の時間経過を見る上では必ずしも一様なデータとはなっていない。一方、RCEPでは17観測点の上下動成分のデータを並べてインク書き、紙送り速度1cm/minの連続記録をしているので、この連続記録からKKJでS-P時間が10秒以下で記録振幅が5mm以上の地震を検出して、松前群発地震の活動経過を調べるためのデータを得た。KKJ近傍の定常的な地震活動は低いし、KKMで観測を始めてからはその連続記録も参照しているので、松前群発地震以外の地震を数えていることはほとんどなく、時間的には一様なデータセットになっている。以下では、このようにしてKKJの記録から検出した地震をKKJの地震という。KKJの地震数は震源決定されている地震数より少ないが、両方のデータを用いることによって、松前群発地震活動の全貌を明らかにすることができる。なお、この報告で用いるKKJ以外の観測点の地震回数も同じ連続紙記録から数えたものである。

この報告では札幌管区気象台(SMO)の資料も用いている。SMOも松前町には地震観測点を持っていなかった。しかし、松前群発地震の活動が活発化した10月3日15時から津軽半島にある市浦観測点(仙台管区気象台所管)のデータをSMOのイベント・トリガー方式に組み込んで、地震検知能力と震源決定精度の向上をはかっている。また、10月7日には松前町に計測震度計を設置して震度観測を開始した。それ以前の有感地震の状況についてはSMOが現地問い合

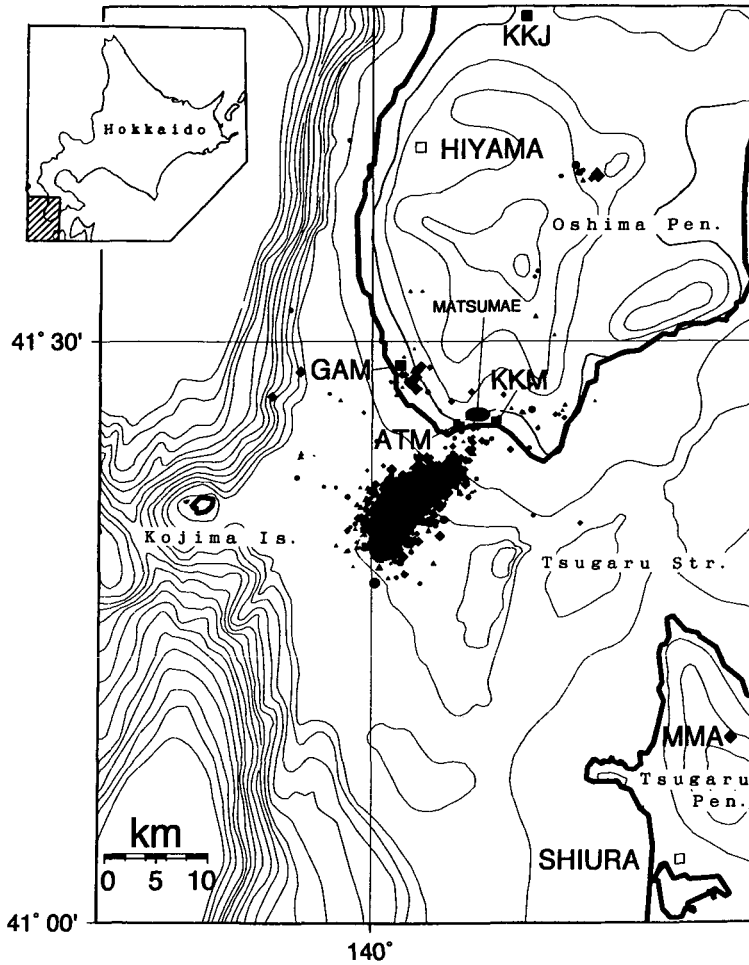


Fig.1 Hypocenter distribution of Matsumae earthquake swarm and location of seismic stations. KKJ, GAM, KKM, and ATM are of Hokkaido University, and MMA of Hirosaki University, and HIYAMA, and SHIURA of Japan Meteorological Agency, respectively.

わせなどにより資料を得ている。

III. 松前群発地震の活動特性

松前群発地震の日別地震回数の時間変化を見ることで全体の活動状況をおさえつつ、調べた活動の特性を述べる。

KKJの地震の日別回数の時間変化をFig.2の上を示す。松前群発地震活動は1995年10月1日から始まって、1996年12月でもまだいくつかの地震が発生しているが、大勢としては1996年5月中旬頃で終息したと言ってもよいであろう。Fig.2の下はSMOの資料による松前の有感地

震の日別回数の時間変化である。ここでも大部分の有感地震は1996年5月中旬までに発生したことがわかる。

群発地震活動の始まりの様子を詳しく見るために、活動が初めて検知された日から3日間のKKJの地震の回数積算曲線をFig. 3に示す。観測された最初の地震は10月1日18時10分のマグニチュードM2.1の地震であった。活動はゆるやかに始まり、最初に地震が観測されてから約22時間経った10月2日16時頃に活動が活発化して、その後はほぼ一定の発生頻度で地震数が増加していったことがわかる。

10月4日に日別地震回数が最も多くなってから、10月15日頃までKKJの地震回数は急速に減少を示したが、有感地震回数には対応する減少は見られないから(Fig. 2)、活動の初期には小さな地震が多かったと考えられる。この時期の地震には1日のある時間帯に集中して発生する傾向がみられ、潮汐との関連をうかがわせる。24時のそれぞれの時間帯ごとに観測されたKKJの

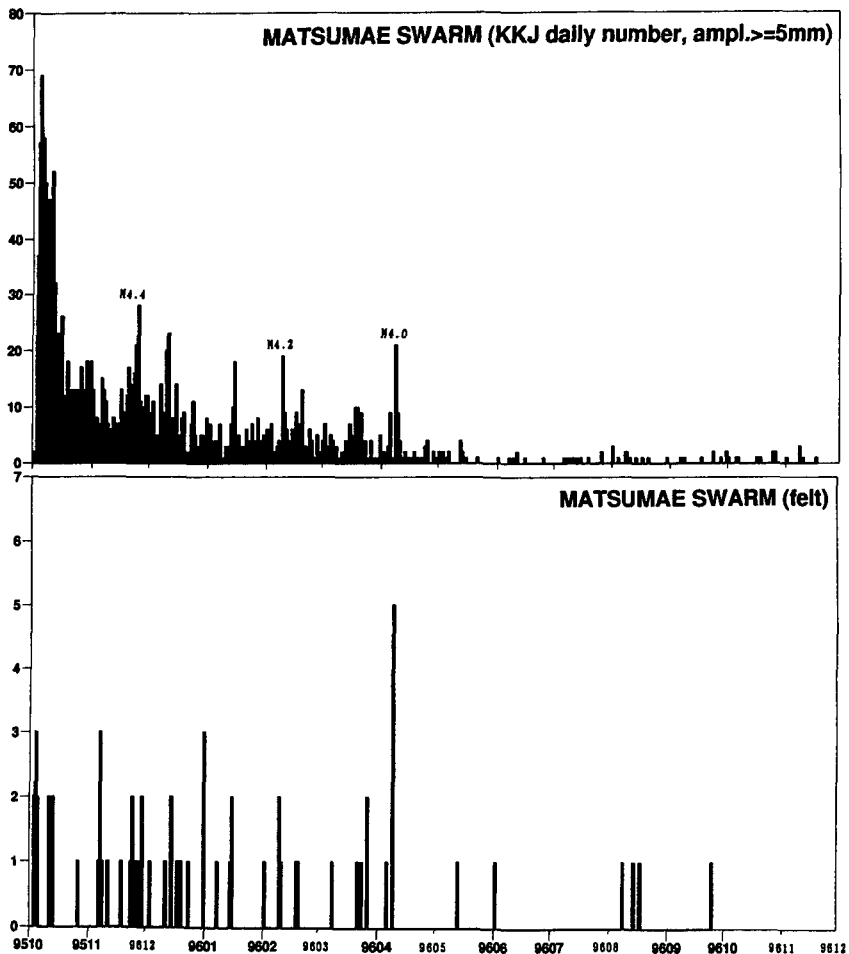


Fig. 2 Daily number of earthquakes of Matsumae swarm. Days are marked when earthquakes of magnitude M4.0 and larger occurred.

MATSUMAE SWARM initial stage (KKJ cumulative number)

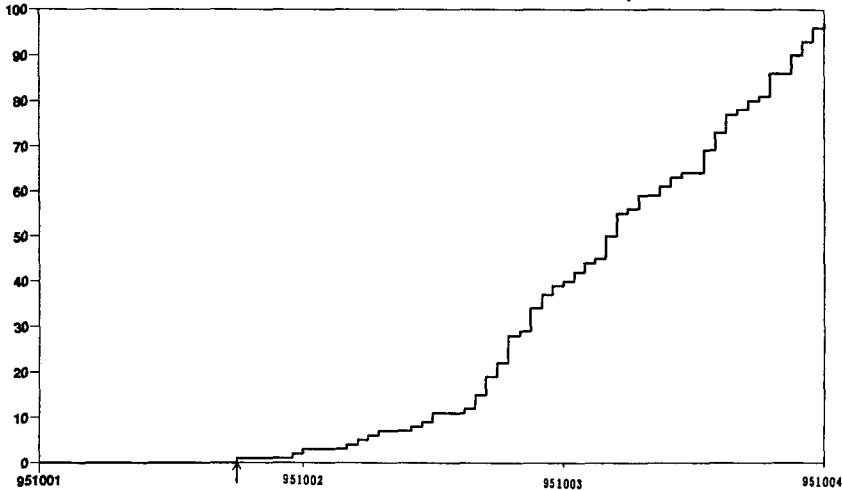


Fig. 3 Cumulative number of earthquakes in the first three days of Matsumae swarm activity. An arrow shows the first event observed.

地震回数の頻度分布を Fig. 4 に示す。10月の前半には地震は日中に少なく夜間に多く発生する傾向が強かったが、10月後半には00-03時の時間帯でいくぶん地震が多い程度で、11月になると地震発生頻度に昼夜の差は見られなくなった。

10月と11月の間で松前群発地震の活動度に差が見られた。10月16日から31日までのKKJの日別地震回数の平均値は 12.8 ± 3.7 回であるが、11月1日から16日までの平均値は 8.3 ± 3.2 回に減少した。

松前群発地震の最大地震は1995年11月23日20時02分に発生したM4.4の地震である。この地震では松前で震度4を記録したが、被害の報告はない。M4以上の地震は3回あり、これらの地震が発生した日には小さい地震の回数も多くなっている。1996年4月7日には日別有感地震の回数としては最も多い5個の地震が1時間の間に続けて発生した。この日の活動は21時02分のM4.0の地震に続く「本震-余震」型の活動であったが約1時間後には終息し、その後の群発地震活動を活発化させるような影響は与えなかった。

松前群発地震について、M別度数分布の特徴を表すグーテンベルグ・リヒターの式の係数b値を調べた (Fig. 5)。SMOの資料を用いて、 $M \geq 2.0$ の地震が10個発生する毎に宇津の式 (宇津,

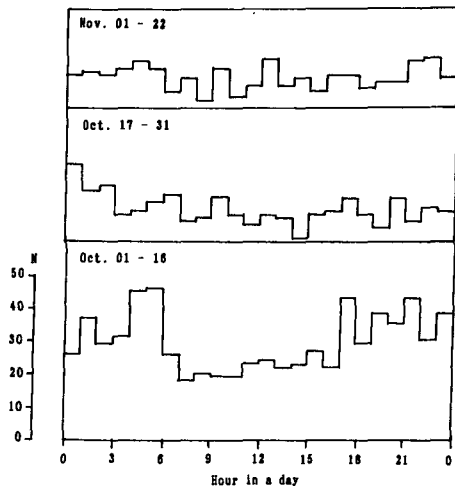


Fig. 4 Frequency distribution of occurrence times of earthquakes of Matsumae swarm.

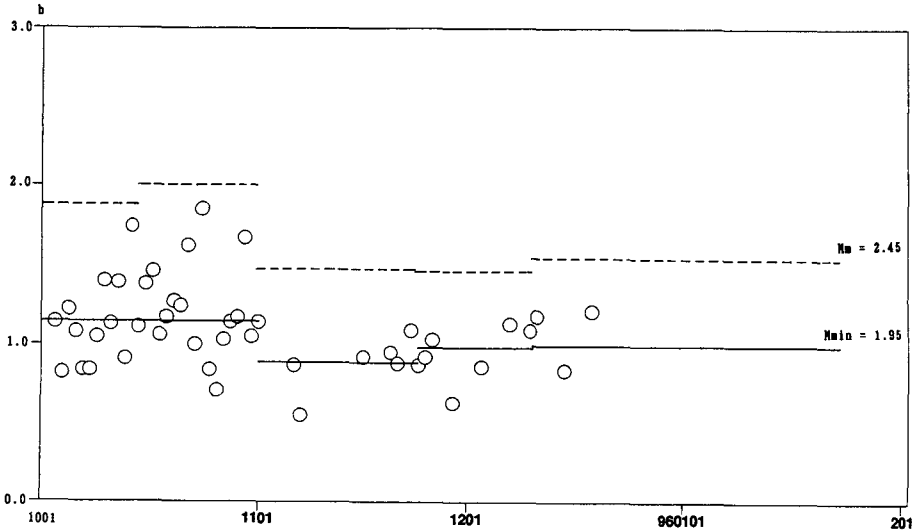


Fig. 5 Time variation of b values of Matsumae swarm. b values are calculated with successive ten earthquakes (open circle). b values from earthquakes in each time interval are also shown (solid and dotted lines depending on magnitude threshold).

1965)で、最小マグニチュード $M_m=1.95$ として求めた b 値が白丸である。また、上に述べた地震活動度の変化を考慮して期間を設定し、各期間に発生した地震をまとめて求めた期間毎の b 値を実線 ($M_m=1.95$) と破線 ($M_m=2.45$) で示してある。11月始めの活動低下とともに b 値が小さくなっている。10月と11月の有感地震回数はほとんど同じであるから、Mの小さい地震の活動低下が b 値を小さくしているのであろう。全ての地震の数 M_{2+} と $M < 2.0$ の地震の数 M_{2-} の比、 M_{2-}/M_{2+} が10月後半で0.14であるのに対して、11月前半には0.07に減少していることから、11月にはMの小さい地震が相対的に少なくなったことは確かである。先にKKJの地震回数と有感地震回数との比較 (Fig. 2) から10月前半には小さな地震が多かったことを述べたが、10月前半と後半では $M \geq 2.0$ のデータで求めた b 値には差が認められない。しかし、 M_{2-}/M_{2+} は0.19から0.14に変わっているから、10月前半にはMの小さい地震が相対的に多かったことは確かであろう。

松前群発地震の活動度が変化した時期に対応して、活動の特性にも変化があったことを述べた。さらに、同じ時期に北海道とその周辺で広域的にいくつかの地震現象と火山現象が見られたので、これらについて次節で述べる。

IV. 松前群発地震と広域地殻活動

松前群発地震の日別回数の時間変化に、以下で取り上げる広域的な現象が見られた時期を重ねて Fig. 6 に、それらの広域的な現象が見られた場所を Fig. 7 に示す。

松前群発地震の地震回数は10月4日から10月15日頃までかなり急に減少したが、その後10

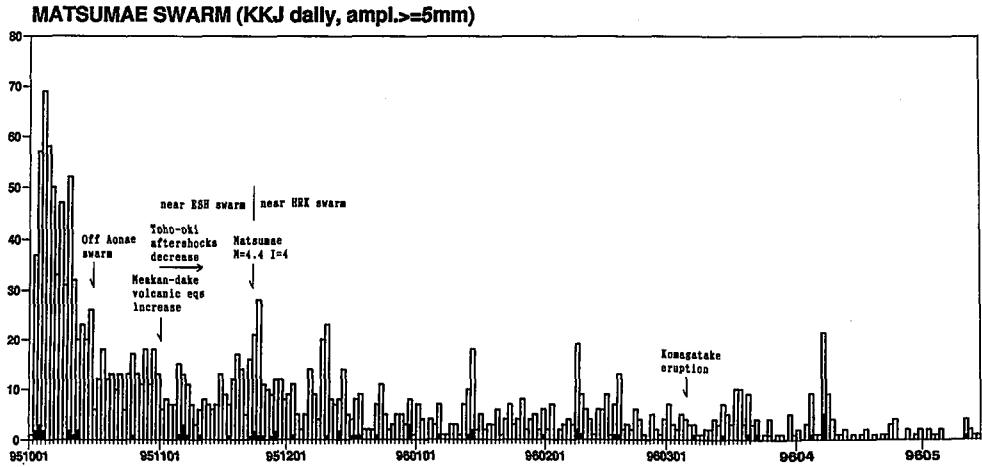


Fig. 6 Daily number of earthquakes of Matsumae swarm marked with regional crustal activities whose locations are shown in Figure 7. Solid bars show felt events.

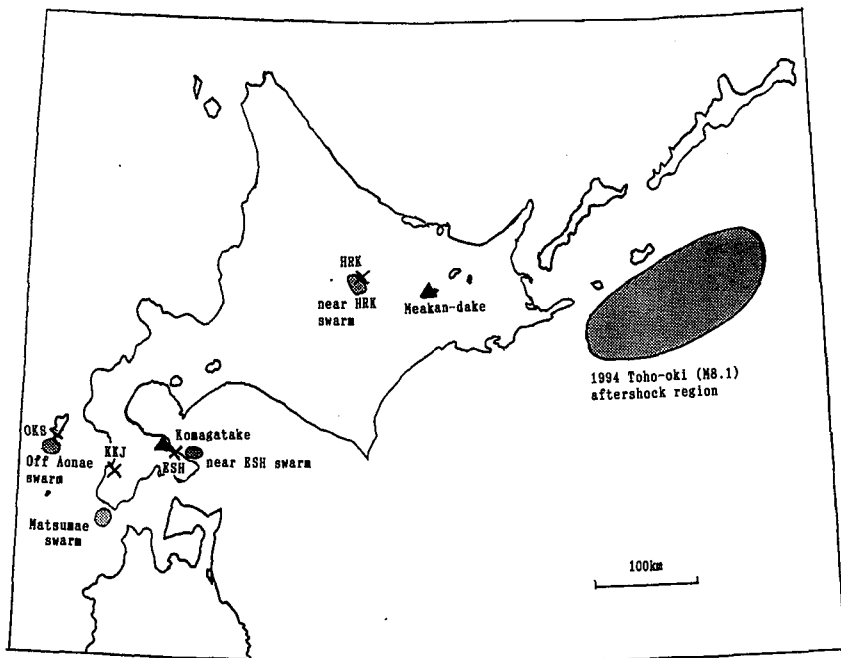


Fig. 7 Index map showing seismic stations (cross) and locations of regional crustal activities of seismic event (net, rough size) as well as volcanic one (triangle).

月末まではほぼ一定の地震発生頻度で経過した。この地震発生回数の傾向が変わるのと同じ時期に、奥尻島南端の青苗岬沖で群発地震活動が発生した。活動は10月15日07時30分から始まり、15日13時12分のM3.5（奥尻で震度2）の地震が最大地震であった。奥尻島にある青苗観測点（OKS）で数えたこの群発地震の日別発生回数とKKJの地震の日別発生回数を並べてFig.8に示す。青苗岬沖の群発地震活動があった周辺の応力場は1993年北海道南西沖地震（M7.8）の影響を受けていると考えられ、奥尻島内ではこの大地震によって誘発されたとみられる浅発地震活動が続いている（本谷，1994）。しかし、青苗岬沖とその南方の海域では、93年の大地震から今回の群発地震が発生するまでの期間にこれだけの数の地震が時空間的に集中して発生したことはなかった。

前節で述べたように、10月と11月の間で松前群発地震の活動度に差が見られた（Fig.9上）。SMOの資料を用いて1994年北海道東方沖地震（M8.1）の余震域に発生した地震の積算回数曲線をFig.9の下に示すが、松前群発地震の活動が低下した時期と同じ時期に94年の大地震の余震活動も明らかに低下したことがわかる。また、11月1日には雌阿寒岳で火山性地震が急増したのでSMOは臨時火山情報を発表した。表面的な火山活動にはつながらなかった（釧路地方気象台，1995）。

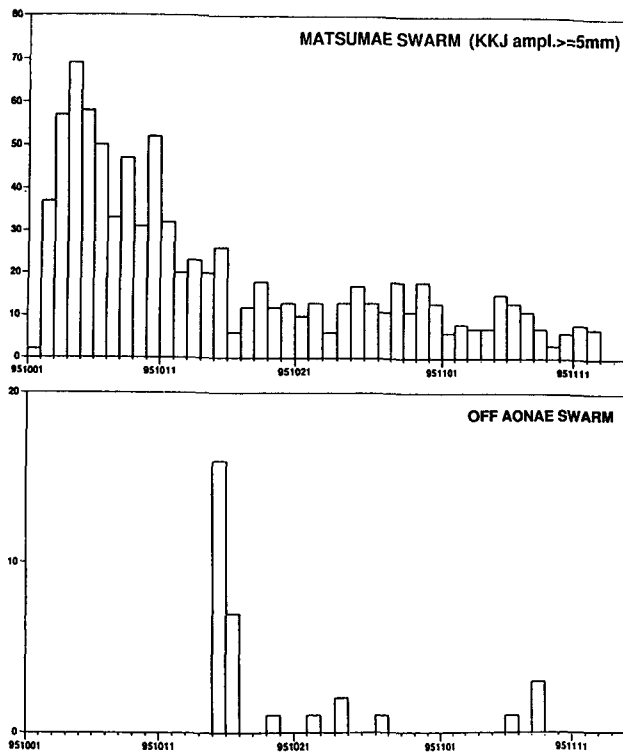


Fig. 8 Daily number of earthquakes of Matsumae swarm (upper) and that of off Aonae earthquake swarm (lower).

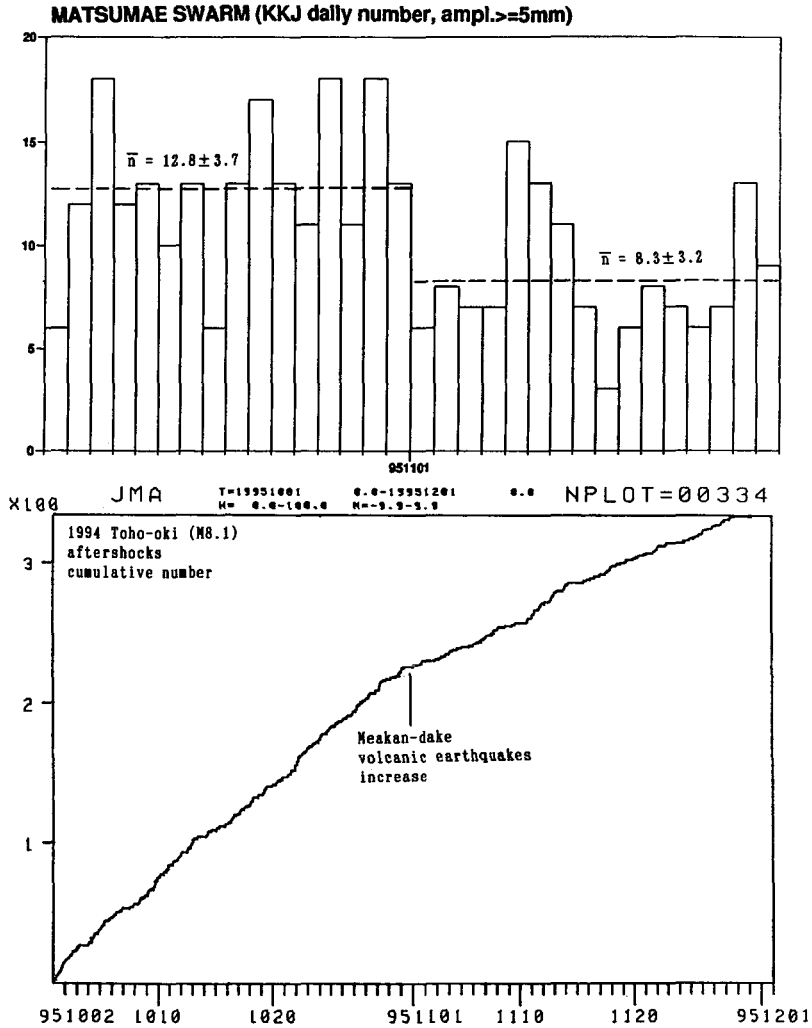


Fig. 9 Contemporary decrease in activity of Matsumae swarm and aftershock activity of 1994 Toho-oki Earthquake and sudden increase of volcanic earthquakes at Meakan-dake.

1995年8月14日から17日にかけて恵山観測点 (ESH) の極く近傍で微小群発地震があった (北海道大学理学部, 1996a)。ESHではこの群発地震活動が終息してからS-P時間が1秒台の地震はほとんど発生していなかったが、松前群発地震が始まって3日目の10月3日からESHの極く近傍で地震活動が再び活発になった。ESHでS-P時間が1.5秒以下の地震の日別回数を Fig. 10 の上に示す。活動は3日23時39分に発生したM1.9の地震から始まり、初期には「本震-余震」型であったが10月20日頃から「群発」型へ移行した。11月23日に松前群発地震の最大地震が発生すると、このESH付近の地震の活動度は低くなった。

北海道中央部には十勝岳、旭岳、丸山の3つの活火山があり、1988年12月の十勝岳の噴火の

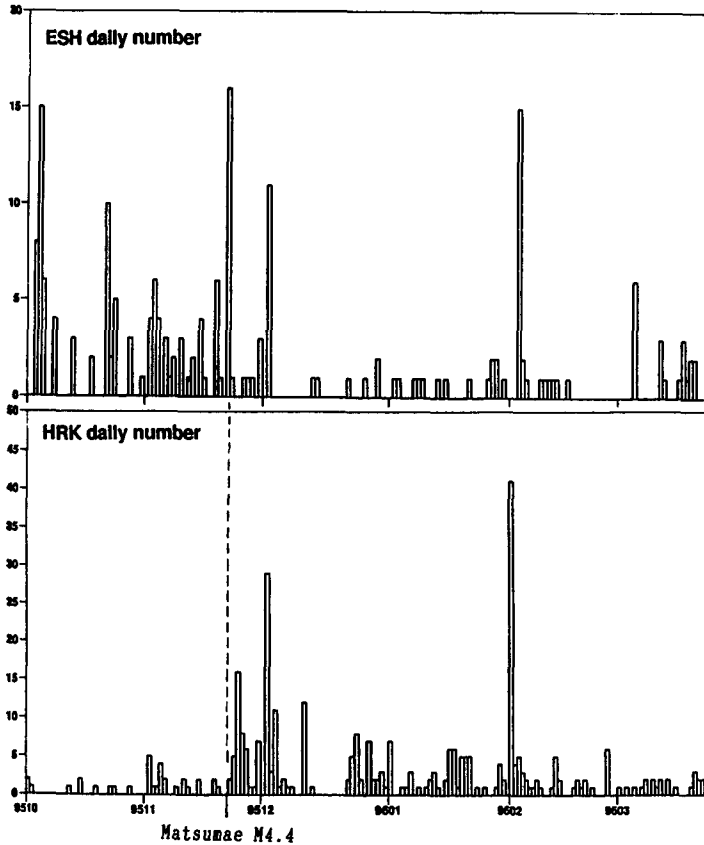


Fig. 10 Daily number of earthquakes near ESH and HRK station, respectively. Note the variation of activities after the largest event of M4.4 of Matsumae swarm on November 23, 1995.

1ヶ月後からこの地域で顕著な群発地震が発生し始めて(鈴木, 1992), その後も時間的にも空間的にも断続的に地震活動が続いている。幌加観測点(HRK)のデータでこの地域の地震活動の消長が調べられている(北海道大学理学部, 1995)が, この地域の地震活動は1995年5月23日の北空知の地震(M5.7)や1996年11月の雌阿寒岳の噴火とそれに先行する火山性地震活動と関連している可能性が指摘されており(北海道大学理学部, 1996a, 1997), 広域応力場の変動に鋭敏なことが推測される。HRKでS-P時間が5秒以下の地震の日別発生回数をFig. 10の下に示す。松前群発地震の最大地震発生後, HRK周辺の地震活動が活発化したことがわかる。

上に述べたESH近傍の地震活動, 松前群発地震活動, HRK付近の地震活動の時間的關係を見るために, 松前群発地震の最大地震が発生した前後の期間について, これら3つの地震活動を形成している地震の時間別発生回数をFig. 11に示した。ESH近傍の地震活動は12月2日まで高いレベルで続いているが(Fig. 10の上), 詳細に見ると松前群発地震の最大地震発生直前にその活動は一時的に急激な低下を示していたことがわかる。ESH付近の地震活動, 松前群発地震活

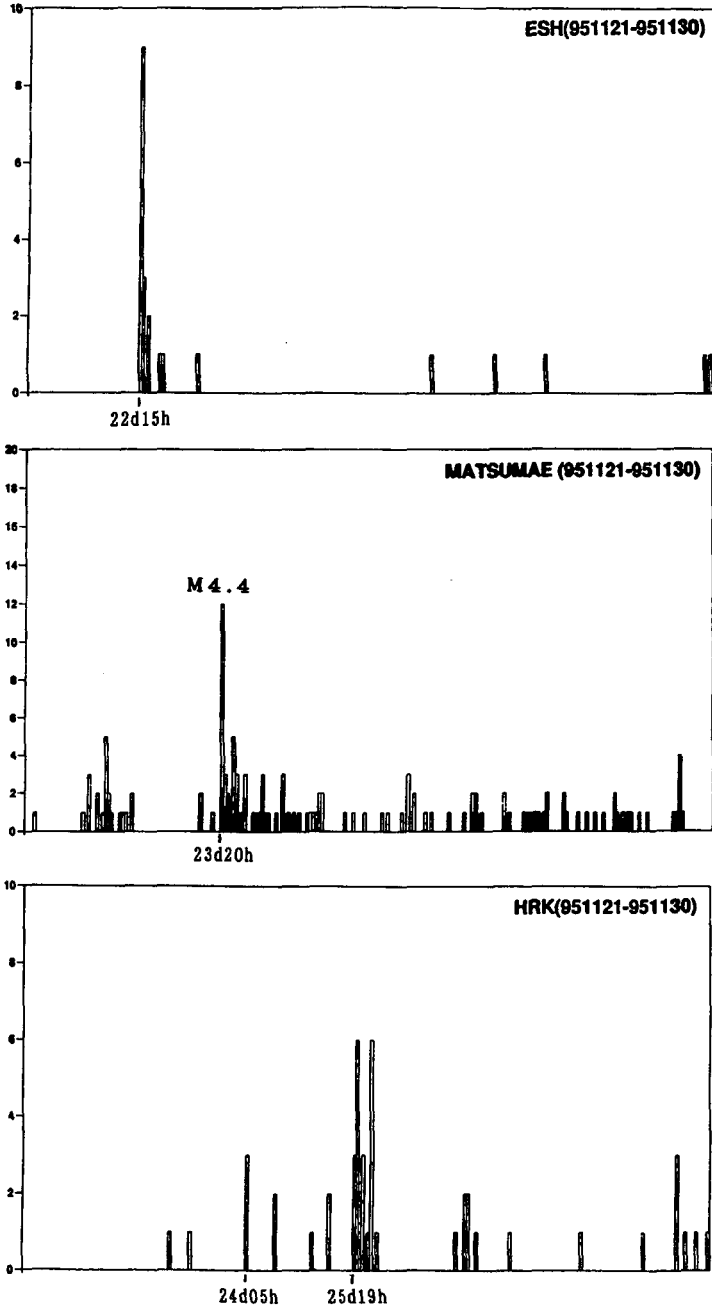
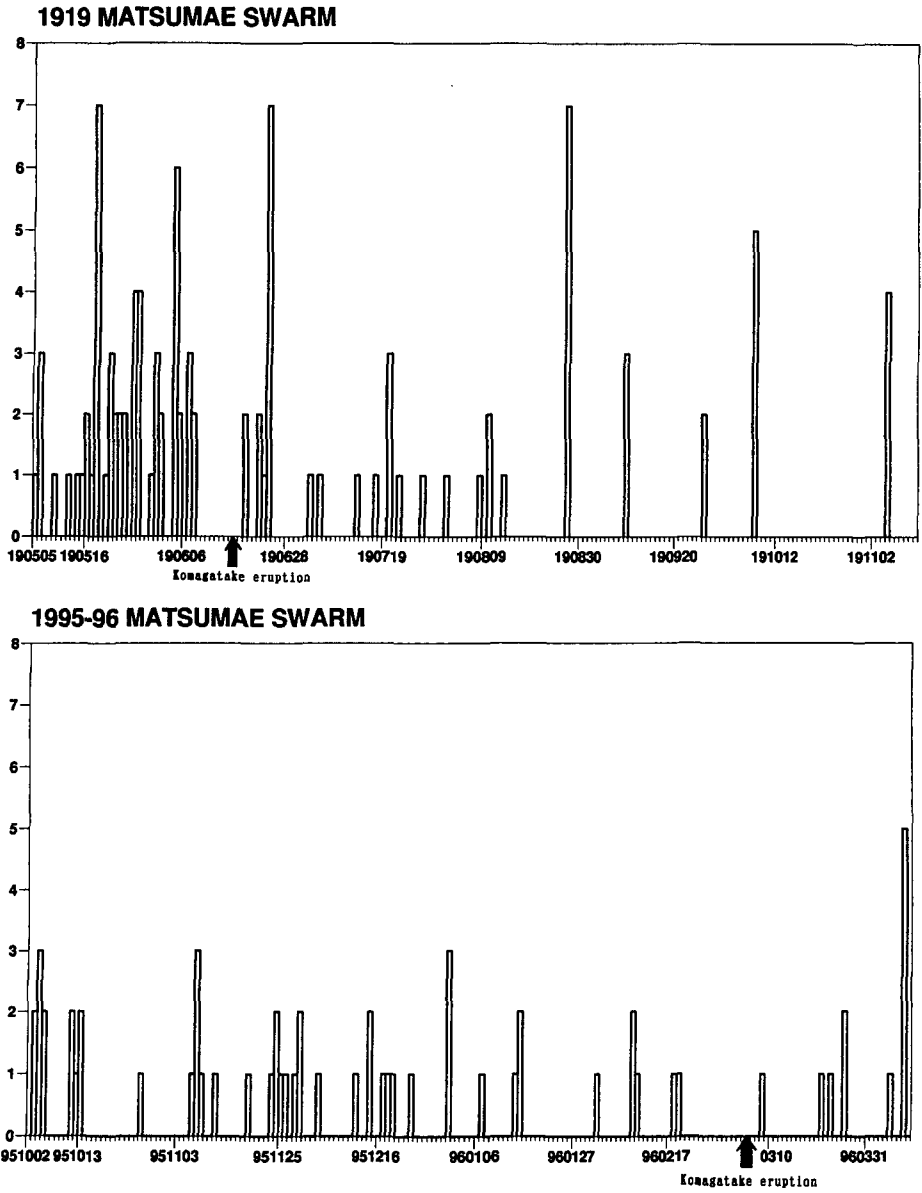


Fig. 11 Hourly number of earthquakes near ESH, that of Matsumae swarm, and that near HRK station, respectively, showing details of activity before and after the Matsumae largest event (M4.4).

動, H R K付近の地震活動は離れた場所での活動ではあるが, 短い時間にこの順番で連動するように活動に変化があったことが注目される.

松前群発地震活動がまだ終息していない1996年3月5日に駒が岳が54年ぶりで小噴火をした. これまでの駒が岳の噴火前後には渡島半島の群発性地震活動が活発であったことが指摘されている(本谷, 1981). 1919年6月17日の駒が岳の噴火も松前付近で5月5日から始まった群発



地震活動が続いている間に発生した。この群発地震については地震計測による資料はないが、松前周辺地区での有感地震回数の資料(鈴木, 1978)によって11月まで活動が続いたことがわかっている。この群発地震の日別地震回数を、1995-96年の群発地震の日別有感地震回数とともに、同じスケールでFig. 12に示す。1919年の群発地震では活動の始まりに近い時期に、1995-96年の群発地震では活動の終わりに近い時期に、駒が岳が噴火していることがわかる。また、KKJの北東約20kmの所に位置する厚沢部町館の付近で1929年1月21日に震度5の地震があり、その余震活動が5月まで続いて、6月17日に駒が岳が大噴火をしている。群発性地震活動が直接的に噴火予測に役立つものとはいえないが、同じ現象が繰り返されていることは地殻活動が活発化した表れとして注目すべきことであろう。

V. お わ り に

1995年10月1日から発生し始めた松前群発地震の活動経過を調べた。全体は活動度によっていくつかの期間に分けられるが、期間すなわち活動度によって地震発生時刻の分布、b値に変化がみられた。

松前群発地震の活動が続いている間に、北海道とその周辺で、いくつかの地震活動の発生、地震活動の変化などがみられた。さらに、雌阿寒岳で火山性地震が急増したし、駒が岳では小噴火が発生した。松前群発地震の震源域から離れた場所で見られたこれらの事象と松前群発地震活動との間に直接的な因果関係を考えることはむずかしいが、これらの地殻活動がたんに同時期に発生しているというだけではなく、松前群発地震の活動の節目に発生していることが多い点でも注目される。これらの現象をひき起こす地殻の応力状態が広域的に変動したのであろう。

鈴木・広田(1973)、鈴木(1976)などにより北海道周辺の大地震と内陸部の浅発地震活動との関係が調べられている。内陸に発生する個々の群発性地震と大地震との対応を考えるよりも、群発性地震活動や火山活動が広域的に同時に起きることに反映されている応力場の変動が大地震の発生に関連していると考えられるので、これらの現象をたよりにして広域応力場の変動を推測することが重要である。

謝辞 地震観測に便宜をはかって頂いている松前町役場企画課に感謝致します。札幌管区気象台地震火山課の宮村淳一技術専門官には気象庁の資料に関する情報を提供して頂きました。北海道大学理学部地震予知観測地域センターの一柳昌義技官には一部の図を作成して頂きました。

文 献

- 北海道大学理学部, 1995, 北海道東部火山地域の地震活動(1994年11月-1995年4月), 地震予知連絡会報, 54, 13-21.
北海道大学理学部, 1996a, 北海道とその周辺の最近の地震活動(1995年5月-10月), 地震予知連絡会報, 55, 6-15.

- 北海道大学理学部, 1996b, 松前群発地震活動 I (1995年10月-1996年5月), 地震予知連絡会報, **56**, 16-20.
- 北海道大学理学部, 1997, 北海道とその周辺の最近の地震活動 (1996年5月-1996年10月), 地震予知連絡会報, **57**, 12-21.
- 本谷義信, 1981, 北海道南西部の群発地震活動, 地震, **31**, 105-121.
- 本谷義信, 1994, 奥尻島の浅発地震活動, 月刊 海洋, 号外, **7**, 74-79.
- 釧路地方气象台, 1995, 臨時火山情報 雌阿寒岳, 第2号.
- 鈴木貞臣・広田知保, 1973, 北海道東部およびその周辺の地震活動 (1)-弟子屈・阿寒地域の浅発地震-, 地震, **26**, 77-92.
- 鈴木貞臣, 1992, 群発地震の震源と噴火火口の線状配列 -1989年十勝支庁北部群発地震と東大雪山系丸山火山-, シンポジウム 内陸地震-発生の場合と物理-, 33-38.
- 鈴木雄次, 1976, 北海道内陸部の浅発地震活動について, 地震予知連絡会報, **16**, 11-15.
- 鈴木雄次, 1978, 北海道内陸部の地震 -主として局地的な地震について-, 手書き資料, 5-6.
- 宇津徳治, 1965, 地震の規模別度数の統計式 $\log n = a - bM$ の係数 b を求める一方法, 北海道大学地球物理学研究報告, **13**, 99-103.