



Title	1984年奥尻島群発地震の活動
Author(s)	鈴木, 貞臣; 宮町, 宏樹; 岡田, 弘; 前川, 徳光; 本谷, 義信; 中西, 一郎; 高橋, 尚紀
Citation	北海道大学地球物理学研究報告, 45, 51-63
Issue Date	1985-03-15
DOI	10.14943/gbhu.45.51
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/14135
Type	bulletin (article)
File Information	45_p51-63.pdf



[Instructions for use](#)

1984年奥尻島群発地震の活動

鈴木 貞臣*・宮町 宏樹**・岡田 弘**・前川 徳光**
本谷 義信*・中西 一郎*・高橋 尚紀***

北海道大学理学部

(昭和60年1月10日受理)

The 1984 Earthquake Swarm in Okushiri Island, Hokkaido

Sadaomi SUZUKI*, Hiroki MIYAMACHI**, Hiromu OKADA**

Tokumitsu MAEKAWA**, Yoshinobu MOTOYA*, Ichiro NAKANISHI*

Naoki TAKAHASHI***

Faculty of Science, Hokkaido University

(Received January 10, 1985)

An earthquake swarm occurred in Okushiri island off the southwestern part of Hokkaido during the period from March 18 to early May, 1984. The largest event was of M4.1 and occurred on March 20. Seismic activity of the earthquake sequence is studied by using data observed at routine stations in Hokkaido and the northern part of Honshu and at temporary stations in the island. The sixty-five events larger than M2 observed by the routine station KAM in Hokkaido and most of them were perceptible at the northwestern side of the island. Microearthquakes which were observed by the temporary stations were located at depths from 1 to 4km below the western flank of Mt. Kamui.

The best focal mechanism solution fit for the P-wave first motions of the largest event observed by the routine stations shows the P-axis: azimuth=N143°E and inclination=51° and the T-axis: azimuth=N17°W, inclination=51°. This solution is nearly consistent with the P-wave first motions of the microearthquakes observed by the temporary stations. This solution, however, differs from that for the main shock of the 1983 earthquake of the sea of Japan (M7.7) of which focal region extended 70-230km south of the island.

* : 地震予知観測地域センター Research Center for Earthquake Prediction

** : 有珠火山観測所 Usu Volcano Observatory

*** : 地球物理学教室 Department of Geophysics

I. はじめに

1984年奥尻島群発地震は3月18日に始まり5月下旬でほぼ終息した。最大地震は3月20日のM(マグニチュード)4.1であり、その他はM3.6以下であった。したがって各々の地震の規模は大きなものではなかったが震源が奥尻島内で浅かったため局地的に有感となり住民に不安を与えた。特に1983年5月26日の日本海中部地震(M7.7)の津波により奥尻町では死者3人のほか家屋、漁船等に甚大な被害を受けたため、この群発地震活動が津波再来の前兆ではないかとの憂慮があった。

震源域は北海道大学地震予知観測地域センター(以後RCEPと略称)のテレメータによる定常地震観測網から離れているため、地震活動を調べるには不十分であり、3月21日から6月15日まで奥尻島の現地で臨時観測を行なった。この観測を実施したのは群発地震に対する一般的な地震学的興味だけでなく、1983年日本海中部地震後の日本海沿岸での地震活動を知る上で重要と考えたからである。

ところがこの臨時観測によって得られた速報的震源分布は津波の再来についての危惧を静める結果となったが、代って「神威山噴火説」が住民の関心と呼ぶところとなった(北海道大学理学部, 1984 a, b)。そのため神威山の火山活動に関する総合調査も行なった(北大奥尻島群発地震調査グループ, 1984)。その際、島内で多点の地震観測を行ない詳細な震源データを得ることができた。

本文ではその観測データも含めて、今回の群発地震の観測によって得られたデータを解析したのでその結果を報告する。

II. 過去の地震活動

奥尻島を含めた北海道南西部は北海道の中でも群発地震がしばしば発生する地域として知られている(本谷, 1981)。最近では1978~82年の函館群発地震, 1977~82年の有珠山噴火の際の群発地震が顕著である。

奥尻島付近では1957年5月12日~6月11日に群発地震があった。札幌管区气象台(1984)によると震源は奥尻島北方海域で(Fig. 1), 最大Mは5.1であった。その当時の地震の検知能力は現在のものより低かったが、北海道地震月報によると16個の地震が観

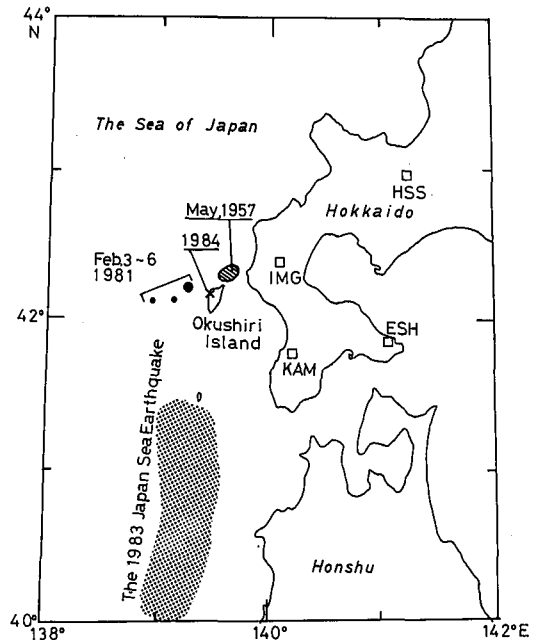


Fig. 1 Location map of Okushiri island and epicentral zones of earthquakes occurring near it. A cross indicates the location of the 1984 Okushiri earthquake swarm. Squares denote the routine stations of Hokkaido university.

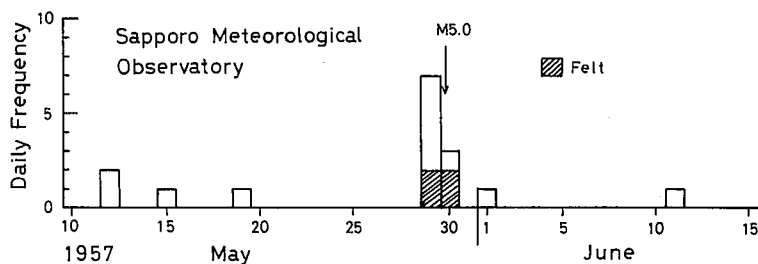


Fig. 2 Daily frequency of events during the 1957 earthquake swarm north off Okushiri island.

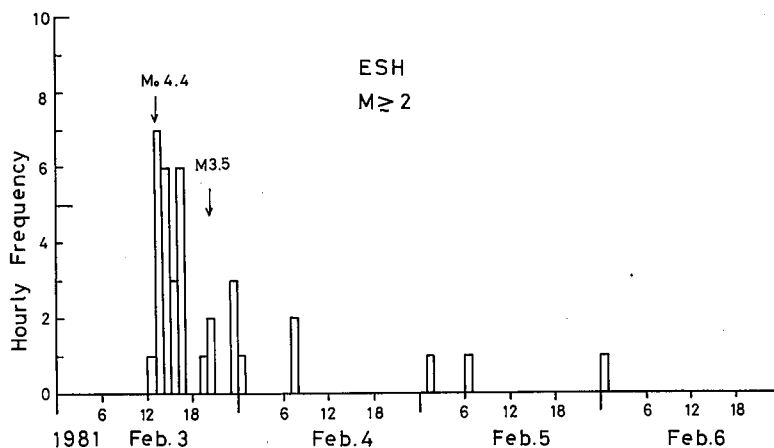


Fig. 3 Hourly frequency of events occurring west off Okushiri island in 1981.

測され、Fig. 2のような日別回数を示している。これによると「本震・余震型」というより「群発地震型」と考えられる。この地震群の内4回が有感地震で、いずれも奥尻島北端の稲穂岬で震度IIであった。

その後短期間ではあったが、1981年2月3～6日に奥尻島西方20～50 km付近で、最大M4.4を含む浅発地震群が発生し、奥尻島で最大震度IIであった。RCEPのテレメータ観測網で、Fig. 3のように35個の地震が観測されたが、それによるとこの地震群は「群発地震型」というよりも「前震・本震・余震型」と考えられる。Fig. 1では震央分布が東西に延びているように見えるが、それは震源域が観測網から離れていて震源決定の誤差が大きいためであり、実際にはもっと狭い範囲で起こったのであろう。

III. 地震観測と震源分布

1. 有感地震

奥尻町役場の調べによると、今回の群発地震は有感地震が3月18日に始まり、5月10日で終

了している。これらの有感地震 57 回の中で最大のものは 3 月 20 日 06 時 42 分に起こった M4.1 (気象庁では 4.2) の地震で、震源に近い神威脇で商家の棚の上の物が落ち、震度 III 程度であった (北海道地震火山月報では II~III になっている)。その時渡島半島西岸の江差での震度は I で (札幌管区気象台)、今回の地震群中、北海道本島で唯一の有感地震であった。RCEP のテレメータ観測網によって、この地震の震源が奥尻島西海岸付近であることがただちに判断できた。参考までにこの地震のモニター記録を付録 (Fig. A1) に示した。

その他の有感地震は奥尻島内、それも多くは神威脇を中心とした西海岸の地域でのみ有感であった。住民の話では 3 月 20 日の最大地震以前は、航空機による衝撃音がひんぱつしているのかと思ひ、役場を通じて島内の航空自衛隊に問合せたとのことである。3 月 25~27 日に著者らが神威脇の民宿で体験した地震は下から突上げるような地震動と一緒に振動音を伴い、継続時間が短く、かつ P と S 相の区別がつくものであった。

Table 1. List of earthquakes located by the routine observation system of Hokkaido university.

Date 1984	Time(JST)	Location	Depth km	M	Intensity*	First-Motion**	
						KAM	IMG
Mar. 18	03h53m21.9s	42.23° N 139.30° E	s†	2.0	I	d	d
19	03 02 0.2	42.13 139.35	20	2.6	I	d	e
19	08 34 18.7	42.15 139.37	s	2.6	I	d	e
19	09 50 37.7	42.21 139.34	s	2.4	I	d	u
19	14 23 20.4	42.31 139.61	s	2.4	0	e	e
20	00 21 0.6	42.13 139.42	s	2.3	0	d	e
20	06 42 8.9	42.10 139.37	15	4.1	III	d	d
25	13 11 37.0	42.12 139.16	13	3.6	II	d	e
26	07 08 24.5	42.12 139.26	s	2.5	I	d	e
26	21 56 49.5	42.11 139.42	15	3.4	II	u	d
29	07 17 51.1	42.16 139.23	s	2.7	I	d	e
Apr. 3	06 38 12.6	42.16 139.21	8	2.1	0	e	e
3	20 02 46.6	42.10 139.09	13	3.1	I	u	d
3	22 26 15.7	42.16 139.37	s	2.3	I	e	d
7	02 58 12.6	42.07 139.27	s	2.1	0	e	e
11	15 52 40.7	42.32 139.11	s	2.6	I	d	e
12	00 39 49.6	42.12 139.21	s	2.6	I	d	d
12	05 54 17.7	42.10 139.36	18	3.3	III	d	d
14	13 37 38.9	42.20 139.47	s	2.7	I	d	e
14	17 04 36.0	42.18 139.47	5	2.7	I	d	e
16	15 33 30.5	42.12 139.34	s	2.4	I	e	d
17	11 26 32.6	42.15 139.42	s	2.3	I	d	e
23	22 42 15.6	41.95 139.43	s	2.1	I	d	d
29	09 08 19.6	42.15 139.47	s	2.5	I	d	u

† : s shows shallow depth.

* : Intensity felted at Kamuiwaki in Okushiri island.

** : The first-motion data observed by the two routine station KAM and IMG.

u : upward motion, d : downward motion and e : unclear.

これらの有感地震のほとんどは RCEP のテレメータ観測点である IMG(今金), KAM(上ノ国) の高感度地震計 (Fig. 1) に記録され, M がほぼ 2 以上であることが分かった. Fig. 4 に KAM で観測された $M \geq 2$ の日別発生回数を斜線棒グラフで示した. また RCEP が震源を決めた地震リス

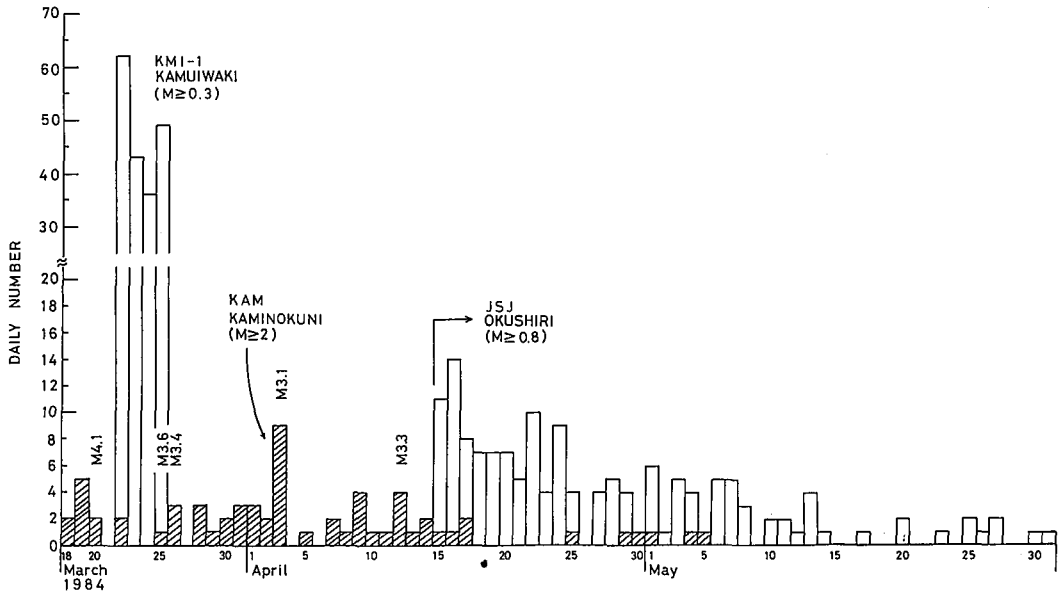


Fig. 4 Daily numbers of events of the earthquake swarm. Histogram with stripe shows the events of $M \geq 2$ observed by the routine station KAM. Histogram during four days on March 22–25 shows the microearthquakes observed by the temporary station KMI-1. Histogram after April 14 shows the microearthquakes observed by the temporary station JSJ.

トを Table 1 に示した. これらによると, 期間中 $M 4.1$ が 1 回と $M 3$ クラスが 4 回を含む $M \geq 2$ の地震が 65 回起きている.

Table 1 の地震について, M と発生回数の積算との関係を示すと Fig. 5 のようになる. $M \geq 2.25$ の地震について宇津 (1977) の方法で b 値を求めると, まず全期間を通じては $b = 0.86$ であり, 群発地震として特異な値ではない. しかし最大地震の前後に分けてみると前者は $b = 2.07$, 後者は $b = 0.72$ となり, 両者の値はかなり違っている. 最大地震の前

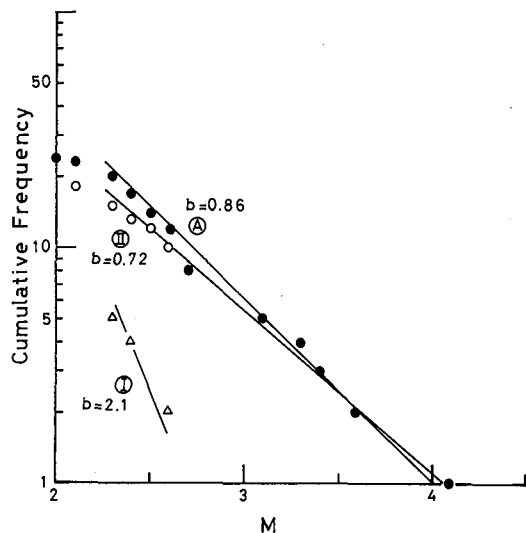


Fig. 5 Cumulative frequency of magnitudes for the events with $M \geq 2$. Closed circles show all events during the swarm. Triangles and open circles denote the events before and after the largest event ($M 4.1$) occurring on March 20, respectively.

後で震源域になんらかの状態変化があったことを示しているのかも知れない。

2. 微小地震観測

一般に $3 > M \geq 1$ を微小地震と呼んでいるが、今回の地震群の中で $M < 2$ の微小地震は現地奥尻島でのみ観測可能であった。北大理学部では最大地震発生の翌日、3月21日から6月15日までの期間に奥尻島内で地震観測をした。臨時観測点の位置と期間を Table 2 に示した。この観測は

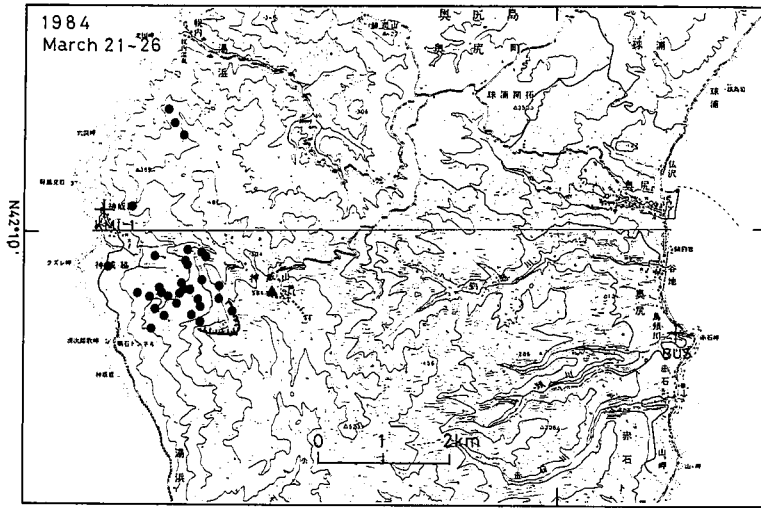
Table 2. List of the temporary stations installed in Okushiri island.

Code	Name	Location		Height m	Period of Operation
		42° N	139° E		
KMI-1	Kamuiwaki, hot spring	10' 8.7"	24' 50.0"	3	Mar. 21 - 26
KMI-2	Kamuiwaki, Ishizaki	10 4.8	24 54.0	5	Mar. 26 - Apr. 4
KMI-3	Kamuiwaki, school	09 50.2	25 10.9	55	Apr. 14 - June 15
MON	Monai	06 23.0	25 46.4	15	Mar. 21 - 26
BUS	Bushigawa	09 8.3	31 19.6	10	Mar. 21 - 26
JSJ	Josuijyo, Okushiri.	10 11.8	30 4.6	55	Apr. 4 - June 15
MKM	Mt. Kamui	09 15.4	27 7.9	565	Mar. 26 - May 12
UHM	Yuhama	08 33.8	25 11.0	10	May 1 - 8
KIT	Kamoishi tunnel	08 57.7	25 3.6	10	May 1 - 8
TRK	Tsurikawa pass	09 58.3	27 50.8	34	May 1 - 8
TMU	Tamaura	11 8.3	29 6.8	340	May 1 - 8
HRR	Horonai river	10 48.8	27 14.4	340	May 1 - 8
HRN	Horonai	11 39.7	25 48.6	15	Apr 15 - May 10
ANM	Anamamisaki	10 45.2	24 50.5	10	May 1 - 8

以下のように3つの期間に分けられる。(1)3月21~26日に行なった震源の速報的情報を得るための観測 (Fig. A2), (2)3月26日~6月15日の長時間レコーダを使った長期間観測, (3)5月1~8日に行なった精細な震源分布を得るための多点観測である。(1)の時期, 神威脇 (KMI-1) での地震回数と(2)の時期, 奥尻浄水場 (JSJ) での回数を Fig. 4 に示した。KMI-1は両振巾で1 mkine以上, JSJは1.4 mkine以上の地震を数えたので, それらのMは目安としてそれぞれ約0.3以上と0.8以上となる。JSJでは3月下旬から4月中旬までの地震回数は欠測で不明であるが, その後は有感地震が少なくなるのと調和して減衰し, 有感地震がなくなった5月中旬以後は回数0の日が多くなった。

3. 微小地震の震源分布

活動初期の3月21~26日に発生した微小地震について KMI-1, BUS, MON の3臨時観測点のデータを使って決めた速報的な震源分布を Fig. 6 に示した。震源決定は3観測点のP波到達時刻 (P時間) と KMI-1 の S-P時間を使い, P波とS波の速度比 $V_p/V_s=1.75$ およびP波の平均速度 $V_p=3.5$ km/sec の値を仮定して行なった。この V_p の値は後述する5月の地震によって得られた値 $V_p=4.48$ km/sec よりもかなり小さく, 真のP波速度を表わすものではない。しかしいくつかの地震の例では, 3観測点のS-P時間から推定される震央とこの V_p を使って求めた



(国土地理院地形図 1/50,000 「奥尻島北部」及び「南部」)

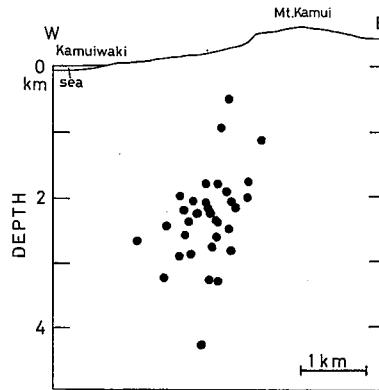
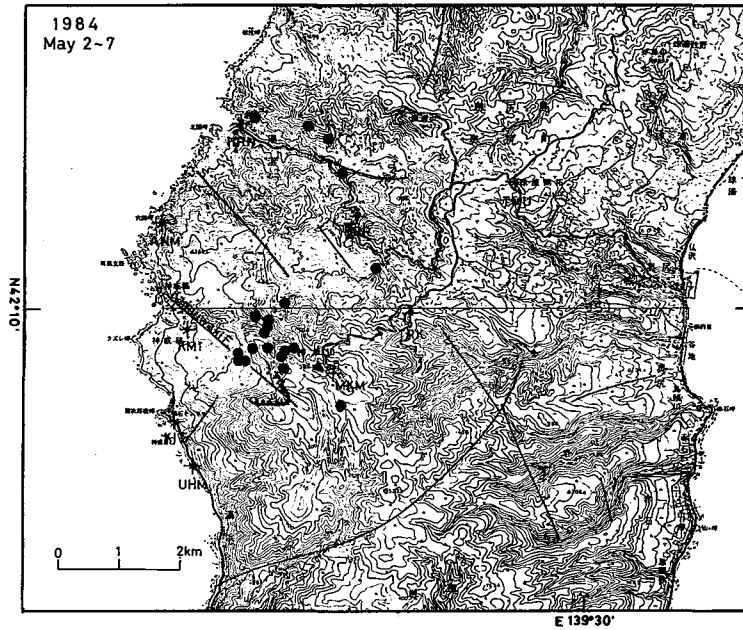


Fig. 6 Preliminary hypocenters of the microearthquakes observed by the three temporary stations during the early stage on March 21-26.

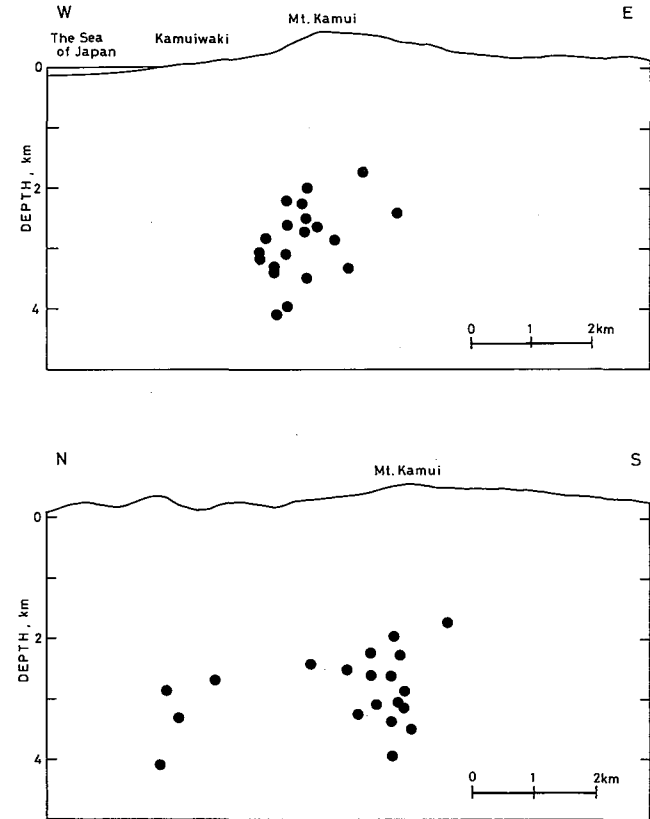
震央とは比較的良好に合っている。これらの震源は観測点が少ないのでその信頼性はそれほど高くないが、5月の観測時と同様に、活動初期も震源域が神威山西側山腹下の深さ数kmのところにあったことは確からしい。またこの地震群とやや離れた北側に3個の地震が発生している。

群発地震終息期の5月1～8日に発生した地震を11観測点のデータを使って震源決定した (Fig. 7)。実際に使われたデータは1つの地震について6～8観測点のP時間と1～3観測点のS時間である。均一な速度構造であることと、 $V_P/V_S=1.75$ を仮定し、 $S-P$ 時間を利用して発震時を求めてからP時間のみを使った。必要な震源域付近でのP波速度に関する資料がないので、まず V_P と震源の位置を未知数として震源決定を行なった。その結果得られる震源の深さと V_P との関係をFig. 8に示した。グラフを直線近似すれば図の破線のように、深くなるにつれて速度が増加する傾向がみられる。しかし深さ2.5 kmより浅い地震は3個でありデータとして少ないので、ここでは深さに依存しないとし、4.48 km/secを平均速度として使うことにした。



(国土地理院地形図 1/50,000 「奥尻島北部」及び「南部」)

Fig. 7 Hypocenters of the microearthquakes observed by the eleven temporary stations during the period from 2 to 7 on May. Geological faults (Hata et. al., 1982) are shown by solid lines for reference.



$V_p = 4.48 \text{ km/sec}$ を使って再度震源決定を行なった結果が Fig. 7 の震源分布である。震央の中心は神威山の西または西北西側山腹にあり、震源域の深さは $1.7 \sim 4.2 \text{ km}$ に位置している。またこれらの地震群からやや離れて、幌内温泉から幌内川に沿って4個の地震が決まっている。Fig. 7 に示された地震の走時残差の標準偏差は最大値 0.12 秒 、平均値 0.012 秒 であるので、それらに V_p を掛けた最大値約 500 m と平均値約 50 m が震源の相対的位置の誤差の目安と考えられる。従って神威山西側の主要な地震群からやや離れて、その北側で副次的な活動があったのは確かと思われる。

4. 発震機構

3月20日の最大地震について RCEP, 北海道大学有珠火山観測所, 東北大学地震予知観測センター, 弘前大学地震火山観測所, 札幌管区気象台のデータを使って、押引分布を示したものが Fig. 9 の大きい丸である。4象限型のモデルを仮定して得られたメ

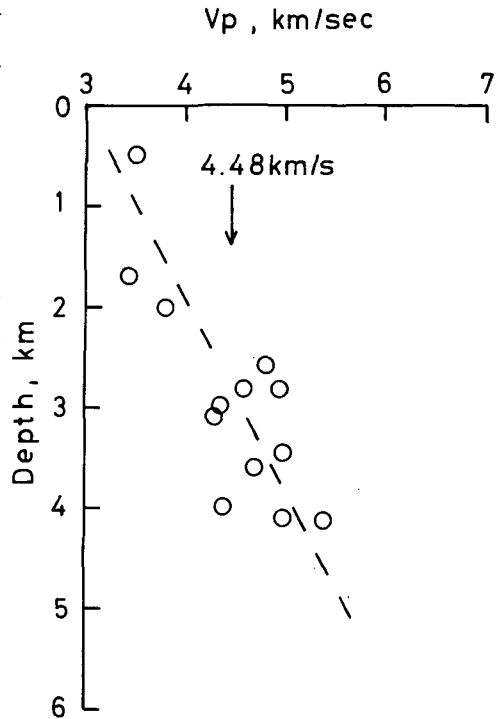


Fig. 8 Relation between focal depths and P-wave velocities obtained by using a homogeneous velocity model. The value of average velocity is 4.48 km/sec .

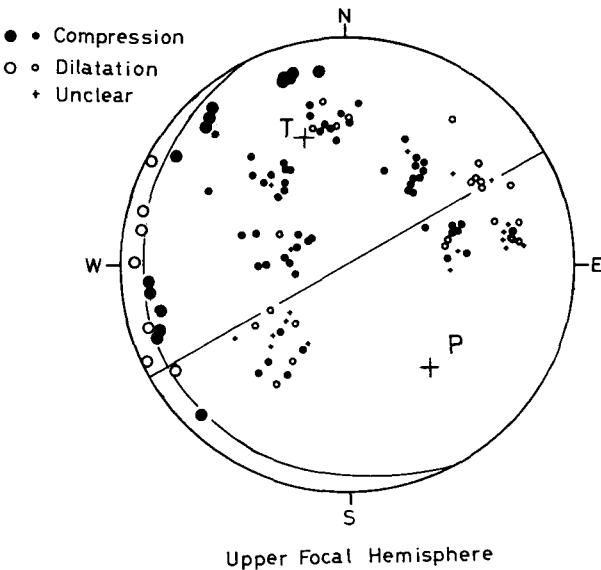


Fig. 9 The first-motion data for the largest event (large circles) and for microearthquakes occurring on May 2-7 (small circles and crosses). The best fit of the double couple mechanism for the largest event is shown.

カニズム解の1つが図に示されており、その節面の1つは $N61^{\circ}E-S61^{\circ}W$ の走向をもつほぼ垂直に立った面、もう1つは水平から 10° 北東に傾いている面である。図に示されているように P 軸は方位 $N143^{\circ}E$ 、傾斜角 51° 、T 軸は $N17^{\circ}W$ 、傾斜角 51° である。

一方これよりも小さい地震については遠地の観測点のデータが少ないので単独でメカニズムを決めることはできない。しかし常設観測点のうち震源域に近い KAM と IMG で観測された初動の立上りが明瞭な 28 個の地震のうち 24 個までが本震と同じ引である (Table 1)。したがって今回の群発地震は、大局的には、ほぼ同じようなメカニズムで起こったものと推定される。この推定に基づき、臨時観測によって得られた微小地震 (Fig. 7 の地震、但し北側 5 個を除く) の押引分布を重ね合せて示したものが Fig. 9 の小さい印である。これらの分布は最大地震の解と大局的には調和していると言えよう。

IV. 考察. 他の地学諸現象との関係

1. 神威山噴火説

3 月下旬に行なった現地観測によって速報的震央分布 (Fig. 6) が神威山西側山腹であること、神威山南西側には大崩落崖があり、神威脇から見るとあたかも西に開く馬蹄形火口 (直径約 1 km, Fig. 6 の太実線) のように発達し、1983 年日本海中部地震の時にはそこから土煙が見えたことなどが心理的に作用し、4 月になると住民の間で神威山噴火の噂が流れた。さらに奥尻町史 10 頁に「奥尻島探島記」によれば、享保 9 年 (1724 年) 春に神威山が噴火し灰燼を降らす事数里の遠きに及んだと言われている。神威山は現在、全山樹木うつ蒼として茂り頂上には噴火の跡を認めることが出来ない。しかし、標高 569 メートル地点より西部海岸神威脇に下る線に約 1.3 キロにわたって噴火口跡と推定される断崖が地図上にも明示されている」と記述されており、この「噴火口跡」は先の大崩落崖を指すものと思われる。また新選北海道史第二巻通説一 (237 頁) にも噴火の記事がある。しかし 5 月 1~8 日地震観測と同時にに行なった総合調査では、神威山では活火山を示す熱的活動は見られないこと (北海道大学理学部, 1984 a), また 1741 年渡島大島噴火の降灰より余り古くない時代に西側山腹の大崩壊による堆積物はあるが噴火による降灰は見られないことから、神威山は活火山ではないと判断された (勝井義雄, 私信)。従って今回の群発地震は噴火の前兆地震ではないと考えられ、実際その後も火山活動の兆候はまったく見られない。

2. 神威脇断層と温泉

秦ら (1982) の地質図によると、神威脇断層は神威脇から神威山大崩落崖にかけて走っており (Fig. 7), ほぼ直立した南西落ちの正断層である。これと震源分布とを比較すると、地震群の震央の中心は断層より北側へ約 0.7 km ずれているが、震源の深さを考慮すると震源域はこの断層のほぼ直下に位置していると言えよう。しかしその分布は震源決定の誤差を考慮しても断層面を想定させるような線状や面状のものではない。また Fig. 9 のメカニズム解の 2 つある節面のうち、垂直に近い節面を地震による断層面と考えると、その走向は神威脇断層と直交する。一方神

威脇断層の西海岸への延長部に神威脇温泉があり、数カ所の涌出はこの断層に沿って配列している(秦他, 1982)。温泉の管理人の話によると、群発地震の期間中、温泉の温度や涌出量が著しく変化した事実は認められないとのことである。したがって今回の群発地震が神威脇断層や温泉と直接因果関係をもつものではなさそうに思われる。しかし例えば、函館群発地震(本谷他, 1983)と函館湯の川温泉の存在、松代群発地震(気象庁, 1968)と松代温泉の存在等、温泉を涌出するための地熱および破碎帯の存在は群発地震を起こし易くする場を構成しているように思われる。

3. 1983年日本海中部地震との関係

1983年5月26日の日本海中部地震(M7.7)によって奥尻町では津波により死者3人のほか家屋の倒壊・破損・浸水・漁船の流失・破損など甚大な被害を受けた。従って地元当局や住民は津波地震の再来を憂慮して、今回の群発地震発生の初期にはその震源の特定を求めていた。日本海中部地震の余震域(例えば気象庁, 1984)はFig. 1に示されているように北緯41°30′, 渡島大島付近を北限としており、今回の群発地震の震源はそれから約70 km北方に離れている。また震源が狭い領域に集中しているのでその余震が飛火したとは考えにくい。また日本海中部地震の本震のメカニズムはほぼ東西のP軸を持つ逆断層型の地震であった(気象庁, 1984)。この東西方向にP軸を持つ傾向は日本海中部地震だけでなく、日本海側で発生する浅発地震に共通するものである(例えば鈴木他, 1983)。ところが今回の群発地震はFig. 9のようにそれとは異なる。その理由として2通り考えられよう。1つは日本海中部地震が発生し、奥尻島下の地殻の応力場が変化したと考えること。もう1つはもともと日本海中部地震とは関係なく、震源域にはFig. 9のような応力場が働いていたが、それが破壊限界を少々越えたので群発地震が始まったという考え方。どちらが適当であるか決論を出せるような資料はないが、日本海中部地震に加えて東北から北海道南部の日本海側の地震活動が活発になったことを示しており、今後の活動には注意が必要と思われる。

謝辞 今回の群発地震の臨時観測と総合調査は奥尻町役場の全面的協力により行なわれた。役場企画課(担当:松塚政人課長, 中野孝治係長, 山下育三係長), 神威脇小学校, 航空自衛隊第29警戒群, 北海道土木現業所, 北海道林務部, 北海道防災消防課および神威脇(末広茂区長), 幌内(池島貞治区長), 藻内, 烏頭川地区の皆様から御援助を得た。また総合調査に参加された北海道大学理学部勝井義雄, 横山泉両教授から御教示を得た。観測器材の準備には同理学部地震予知観測地域センター笠原稔, 高波鉄夫, 岡山宗夫, 石川春義氏の御助力を得た。東北大学地震予知観測センターと弘前大学地震火山観測所からは発震機構の解析に必要なデータの提供を受け、またその解析には北海道大学理学部地球物理学教室笹谷努講師の助言を得た。

文 献

- 秦 光男・瀬川秀良・矢島淳吉, 1982, 奥尻島北部及び南部地域の地質, 地質調査所.
 北海道大学理学部, 1984 a, 奥尻島神威山に発生した群発地震 (1984年3月~5月), 火山噴火予知連絡会報, **31**, p. 56.
 北海道大学理学部, 1984 b, 北海道奥尻島の群発地震 (1984年3月~5月), 地震予知連絡会報, **32**, p. 6.
 北海道大学奥尻群発地震調査グループ, 1984, 1984年奥尻群発地震について, 1984年秋季地震学会講演予講集, p. 85.
 気象庁, 1968, 松代群発地震調査報告, 気象庁技術報告, **62**, p. 137.
 気象庁, 1984, 昭和58年(1983年)日本海中部地震調査報告, 気象庁技術報告, **106**, p. 18.
 本谷義信, 1981, 北海道南西部の群発地震活動, 地震, **34**, 105-121.
 本谷義信・鈴木貞臣・高波鉄夫・石川春義・岡山宗夫, 1982, 函館群発地震活動 (I) -地震活動と震源分布-, 地震, **36**, 337-350.
 札幌管区気象台, 1984, 1984年3月~5月北海道奥尻島付近の地震活動, 地震予知連絡会報, **32**, p. 9.
 鈴木貞臣・本谷義信・海野徳仁・長谷川 昭・亀谷 悟・田中和夫, 1983, 千島弧・東北日本弧会合部付近の浅発地震活動と重ね合せ発震機構, 地震, **36**, 407-421.

付録

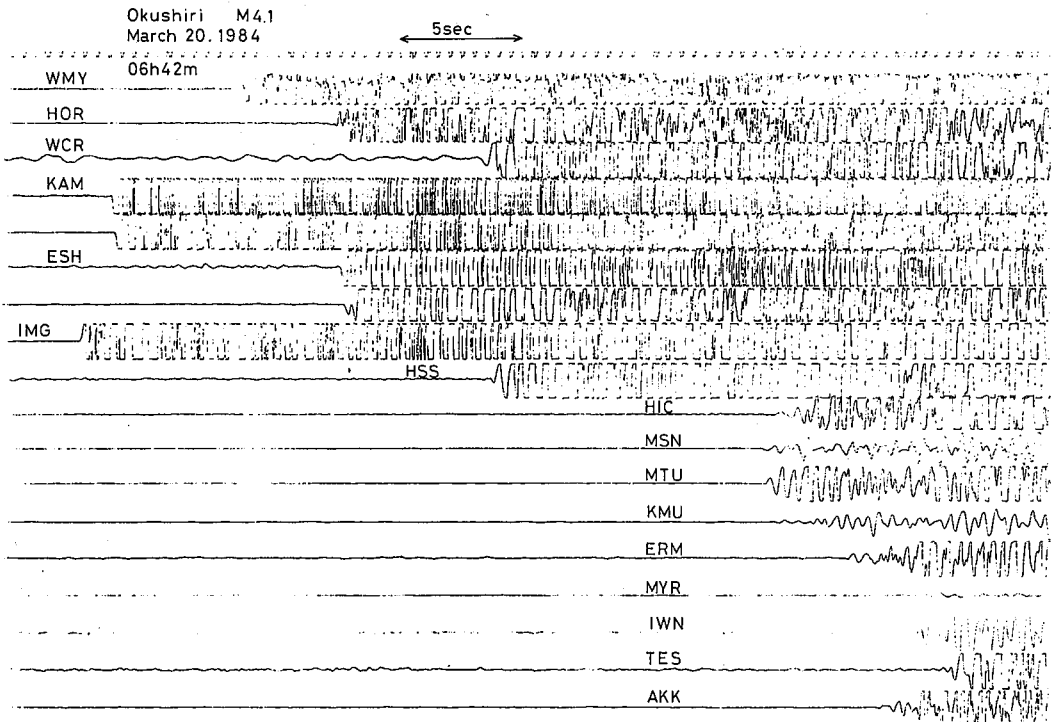


Fig. A1 The seismograms for the largest event observed by the routine stations.

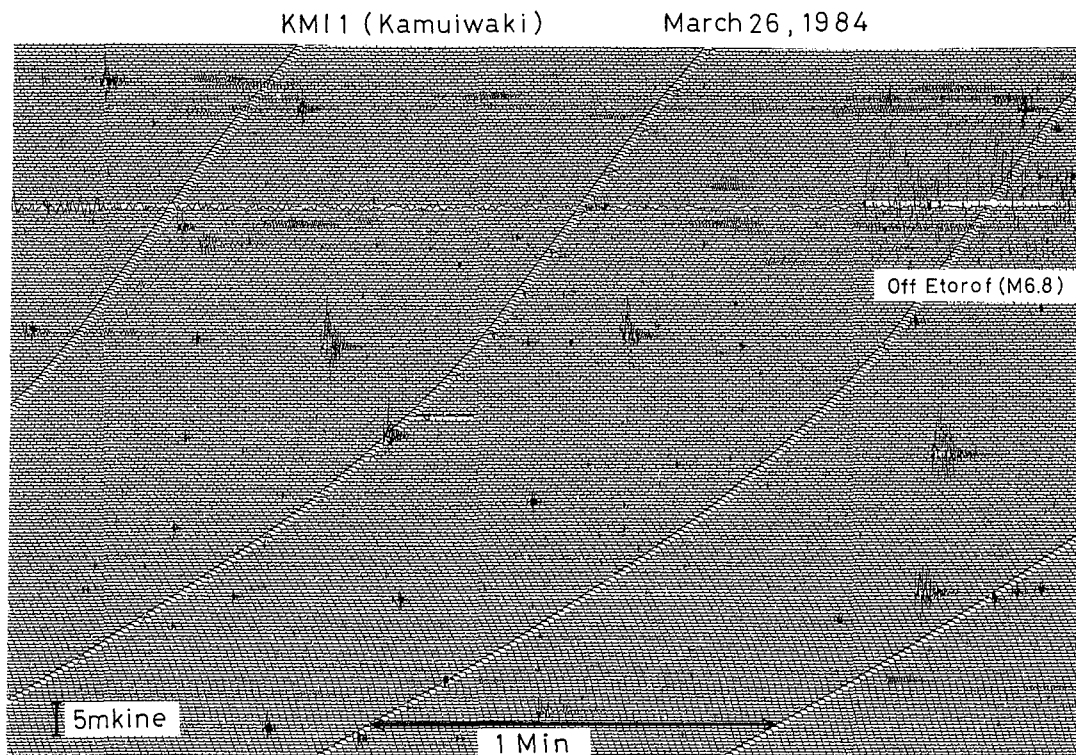


Fig. A2 An example of seismograms for microearthquakes observed by the temporary station KMI-1 near their epicenters. S-P times for them are 0.5~0.8 sec.