

北陸地方の微小地震活動の特徴について (その1)

— 浅井観測室付近の活動 —

竹内文朗・平野憲雄

ON THE FEATURES OF THE MICROEARTHQUAKE ACTIVITY IN HOKURIKU DISTRICT (PART I)

— ACTIVITY NEAR AZJ STATION —

By *Fumiaki* TAKEUCHI and *Norio* HIRANO

Synopsis

The pattern of the monthly released energy at 5 regions in Hokuriku District from May 1976 to December 1978 shows that the microearthquake activity near Azai satellite station is related to those near Fukui station and at Ohtaki-mura, Nagano prefecture. The distance from Azai station to Ohtaki-mura is more than 100 km. This suggests us that these regions are laid on similar stress states.

And the areas, where the microearthquake activity during 3 days before the events of magnitude greater than or equal to 3.5 in Hokuriku district is significantly higher than that after them, are found near AZJ station.

1. 序

北陸微小地震観測所本所は、福井県鯖江市にあり、福井・石川・滋賀の3県に合計7つの衛星観測室をもつ。本所へはテレメータによって、衛星点から時々刻々のデータがアナログ方式で送り込まれており¹⁾、近地地震の P-time はほとんどすべてが、ルーチン処理でも 0.1sec 以内の精度で読み取られている²⁾。また、小容量ながら、ミニコンを有し、これによって微小地震活動の様相を把握するには十分な精度の震源決定を、ルーチン的にこなすことができる。このようにして、テレメータ化以来、生の記録、よみとり値、および震源決定などの処理を終えたデータが、すでに約2年半にわたって蓄積されてきた。これらのデータを日々眺める立場から、北陸地方の微小地震活動の特徴をひろいあげ逐次報告してゆきたい。本稿ではそれらのうち、浅井観測室 (AZJ) 周辺の活動が、他の地域の活動と深くかかわっているようすを論じる。浅井観測室は、琵琶湖北東部にあり、柳ヶ瀬断層沿いの活発な地震活動域の中に位置している。ここではテレメータ化以前にも、ドラムによる地震記録が数年間行なわれており、この周辺の活動は従来から注目されていた。とくにテレメータ化以後は、他の地域の活動と関連づけて記録を見ることが容易になり、この地域の活動の特徴が臨場感をもって観察されるようになった。

2. 北陸地方のサイズシシィ

この稿でいう北陸地方とは、Fig. 1 に示された範囲を、大雑把に表現するものとする。このサイズシシィについては、すでに詳しい報告があり³⁾、ここでは略述するにとどめる。Fig. 1 に、1976年5月から1978年12月までの約2年半の、北陸微小地震観測所ルーチン処理による震央分布を掲げる。地図の範囲では、福井地震断層に沿って、ほぼ南北に分布する一群の地震と、琵琶湖北東部柳ヶ瀬断層に関連する地震群とが顕著である。前者は、その南端で小さな空白域をおいて、根尾谷断層沿いの活動へ続いている。図の右方に密集しているのは、長野県王滝村付近の活動であり、その西方の白鳥から郡上八幡へかけての地域も、比較

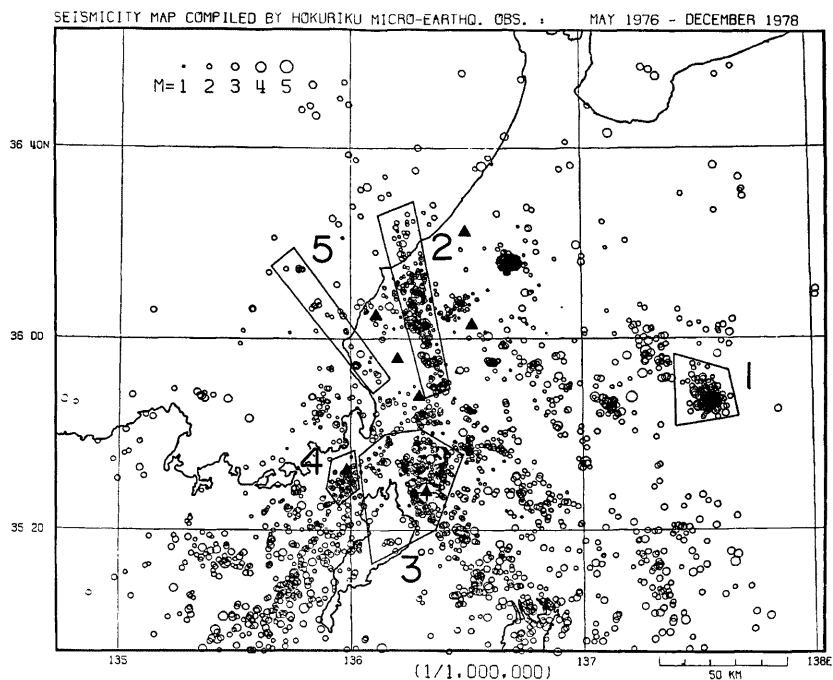


Fig. 1. seismicity map in Hokuriku District from May 1976 to December 1978. Numerals at 5 regions correspond to those in Fig. 4. ▲; stations.

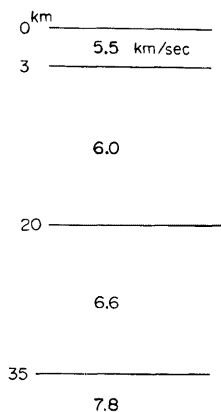


Fig. 2. P-wave velocity structure assumed to determine hypocenters at Hokuriku Microearthquake Observatory.

的活発な活動が見られる。また美浜観測室 (MHJ) の近くにも、地震のかたまりがあり、琵琶湖西岸沿いの活動域へ続くように思われる。これらの地震の震源は、本所へ送られて来たシグナルが、あらかじめ設定されたトリガー条件を満たし、かつ3点以上の P -time と1点以上の S - P time が、精度よく読み取られた記録について、Fig. 2 の P 波速度構造の仮定のもとに、ミニコンピュータによって決定されたものである。その決定精度については、文献²⁾ に詳述されている。我々のネットの地震に対する検知能力は、過去のデータから推察して、Fig. 3 の如くであろうと思われる。この図では、マグニチュード1, 2, 3の地震について、その検知できる限界の約8割程度の距離が示されていて、検知能力の一つの目安を与えている。これより遠い距離に起こる地震が検知されないというわけではなく、この距離以内なら確実に検知されるという程度の意味をもつ。この図によれば、琵琶湖西岸域では、南へ下るに従って、検知される地震のマグニチュードの下限が2から3へと大きくなり、王滝村の地震については、マグニチュード3程度の大きな地震しかとらえられないことになる。これらの地域の地震は、かりに検震されても、震源決定の精度が低い場合もあり、

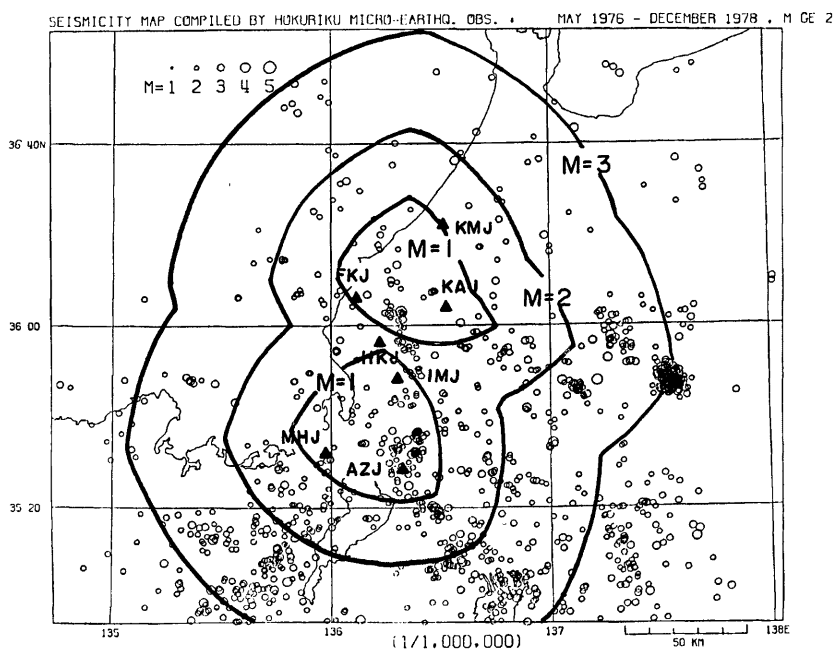


Fig. 3. Detection capability of earthquakes by the network of Hokuriku Microearthquake Observatory. The contour lines show the magnitudes of earthquakes whose hypocenters can be accurately determined. Detection limits are about 20% farther than these contours.

地震活動の消長をとり扱うのに適当ではない。これに対し、浅井観測点周辺は、マグニチュード1以下まで、十分検知されており、ネットに近いことから、震源精度も高いと思われる。

3. 浅井観測室周辺の活動と、他地域の活動

前節で見たように、北陸地方の地震活動を、いくつかの場所に区分けすることが可能である。ここでは Fig. 1 のように区域を分けて、月別の放出エネルギーを計算した。区域わけには任意性があるが、比較的単純な図形で区切るよう配慮した。浅井地域は、ほぼ南北にさらに2分するのが妥当であるが、 $S-P \leq 3\text{sec}$ の地震を後に扱うため、やや広くとった。放出エネルギーは、ルーチン処理で求められたマグニチュード M から $\log E = 1.5M + 11.8$ (E は erg 単位) により求めた。(Fig. 4) これによると、王滝村(1)、福井地震断層(2)、浅井(3)は、1976年と1978年に活発である。これに対し、美浜(4)、甲楽城(5)は、逆に1977年の活動度が高く、1976年と1978年には不活発である。王滝村と浅井地域は、距離にして 100km 以上離れており、それらがよく似たパターンを示すのに対して、浅井と美浜周辺は、50km 程度をへだてたにすぎないにも拘らず、活動は逆タイプで、互いに補ない合うような形を示しているのは、興味深いことである。

浅井周辺と王滝村周辺の地震活動を、さらに詳しく見る目的で、Fig. 5 に、両地域の3日ごとの地震数を時間軸にそって示した。ここでは、震源決定をされた地震だけに限らず、更に小さい地震まで拾ってある即ち、震源決定には最低3点の P -time が精度よく読まれることが必要であるが、Fig. 3 に示された値より

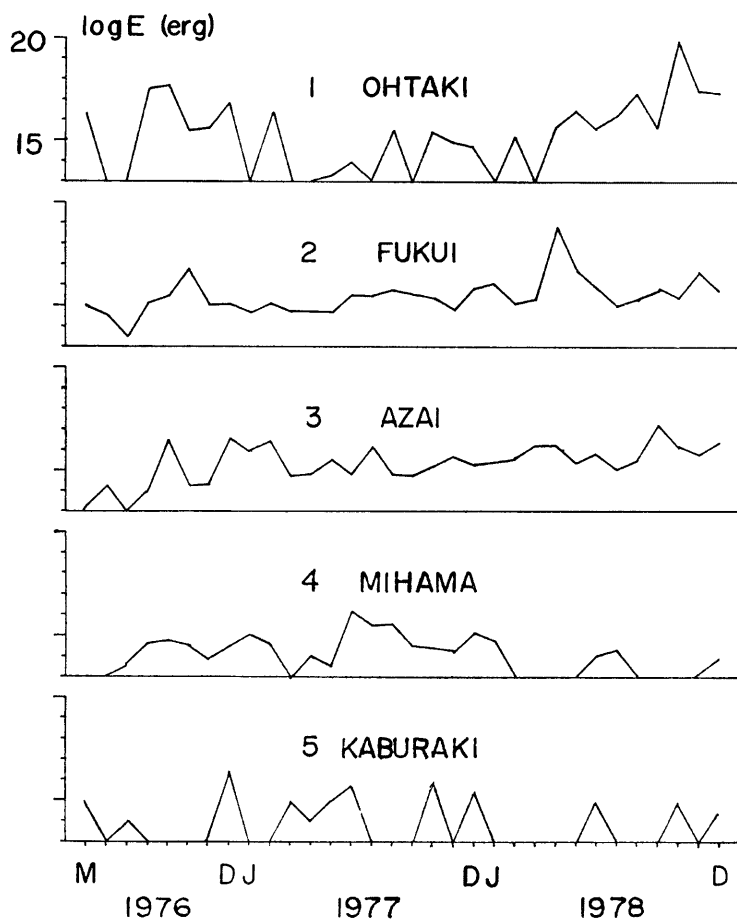


Fig. 4. Monthly released energy of 5 regions shown in Fig. 1. Regions 1, 2 and 3 show a same pattern including two peaks in 1976 and 1978 separately, whereas regions 4 and 5 have their peaks of activity in 1977.

小さなマグニチュードの地震は、一般に記録紙上の振巾が小さく、立ち上り精度が不十分として読みとり段階で捨てられていることが多い。しかし、7つの衛星点からのV成分を1枚の紙に並べて記録する現在の方式によれば、P波の到着順位からパターン認識的に、王滝村の地震を選び出すことは容易である。浅井付近の活動については、到着順位と、S-P時間が3秒以内という条件とから、地震個数をかんじょうした。王滝村の活動状況をみると、1976年8月に活発化し1ヶ月以上続き、その後約1年半の静穏期のあと、1978年6月ごろに再び活動が上り、10月7日のM=5.2 (JMA 5.3)へと続いている。1976年の8月以後の活動は震源の近くでの観測結果と比較して、数には開きがあるものの、全体の形は類似しており、我々のネットか

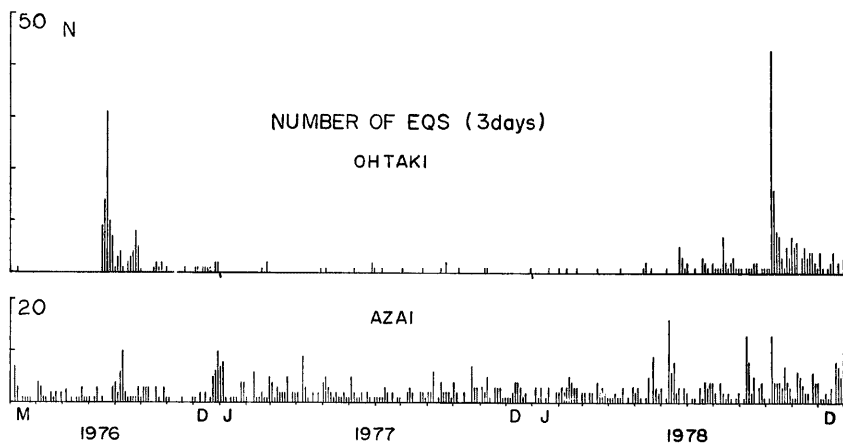


Fig. 5. Numbers of earthquakes of every 3 days in two regions, which are more than 100 km apart from each other. Active period started from August 1976 until the end of the year, and started again in June 1978 in both regions.

Table. 1. List of earthquakes of magnitude greater than or equal to 3.5, from May 1976 to December 1978 in Hokuriku District.

NO	Y	M	D	X(KM)	Y(KM)	MAG.	NO	Y	M	D	X(KM)	Y(KM)	MAG.
1	76	06	06	150	-85	3.9	21	78	05	12	113	-13	3.8
2		07	24	31	-153	3.6	22		08	01	101	-26	3.7
3		08	22	135	-18	3.7	23		08	11	137	-23	3.5
4		09	14	-49	-86	3.9	24		08	14	76	-121	3.5
5		09	16	95	-22	3.7	25		08	15	76	-110	3.5
6		09	21	135	-17	4.0	26		09	06	31	-46	3.6
7		09	22	115	-4	4.2	27		09	25	-10	-86	3.6
8		10	04	32	-64	3.5	28		10	02	51	67	3.7
9		11	07	100	80	3.6	29		10	06	33	-52	3.6
10	77	02	09	-18	-103	3.9	30		10	07	2	-130	3.7
11		03	05	91	-47	4.0	31		10	08	109	-22	4.4
12		07	10	189	-19	3.6	32		10	09	135	-25	3.6
13		08	15	54	-96	3.8	33		10	10	42	-73	4.0
14		11	25	-50	-106	3.7	34		10	10	43	-74	3.8
15		12	29	131	-107	3.5	35		10	31	138	-20	3.5
16	78	01	07	-53	-112	3.7	36		11	10	80	-33	3.5
17		02	08	12	-119	3.8	37		11	16	142	-24	3.6
18		04	02	101	-26	3.7	38		12	05	35	-154	4.2
19		04	03	29	6	4.7	39		12	18	134	-19	3.6
20		04	16	12	126	3.8							

ら見た地震活動が、活動の様相をよくとらえていることが伺われる。

浅井付近の活動については、 $M \cong 0$ の地震まで拾われているため、個数が多く、ほとんどいつでも地震が起っているように思われる。その中でも、王滝村と同じく 1976 年 8 月から、目立つ活動のピークを持ち、1978 年 6 月以後にも、再び活発な活動が見られる。このように、放出エネルギーから見ても、地震個数からみても、浅井周辺と王滝村周辺の活動には、密接なつながりがあるように思われ、両地域間約 100km にわたって、時間的なストレス状態が、似かよっていることを暗示しているようである。

広い範囲でストレス状態が似ているとすれば、ある場所で地震活動が活発になる時、他の地域でも活発な活動が起こるのではあるまいか。Table. 1 に、1976 年 5 月から 1978 年 12 月までの 32 ヶ月間に震源決定された地震のうち、マグニチュードが 3.5 以上のものをリストアップした。マグニチュードの基準を 3.5 に選んだのは、そのような地震数が扱い易いからで、これを 3.0 以上とすると、その数 100 を超え、4.0 とすると、わずか数個になるという事情を考慮した。リストにもれている顕著な地震は、1978 年 10 月 7 日の王滝村の $M=5.2$ (上述) である。この地震は、規模が大きく、7 つの衛星点記録がすべて振り切れ、S-P time が読めなかった。このため、ルーチン処理にはならなかったが、テレメータ化以来最大の地震であるため、無視できない。これとリストの 39 コを合わせて 40 コが、32 ヶ月間に発生しており、平均すれば 24 日に 1 コの割合である。このうち、短時日に連続して離れた地域に起こった地震は、No. 4 と 5、6 と 7、18 と 19、29~34 の 4 回であり、No. 29~34 は、上述の $M=5.2$ と合わせて計 7 コが 5 日間に集中して起こっていて、ストレスの広域的な高まりを連想させる。

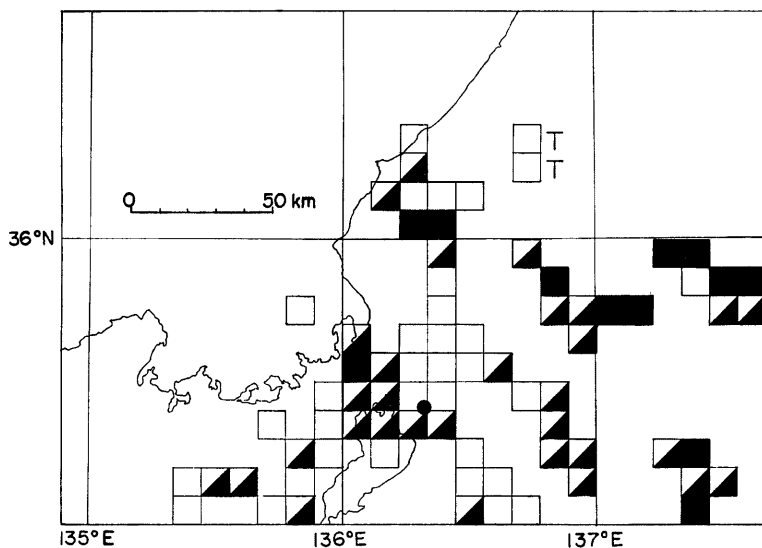


Fig. 6. Microearthquake activity during 6 days before and after the earthquakes listed in Table 1. (No. 2, 12, 20, 29, 30, 31, 32, 33, 34 and 38 are omitted.)

▧; area of higher activity than the averaged value over 32 months.

■; activity is twice as high as the averaged value.

□; not higher

●; AZJ station.

T; Tadori-gawa dam site.

$M \geq 3.5$ の地震の前後には、北陸地方の微小地震活動は、常時と比べて上昇しているであろうか。

Fig. 6 に、 $M \geq 3.5$ の地震の前後3日間ずつ計6日間に起った地震の1日当りの平均個数を $10\text{km} \times 10\text{km}$ メッシュにシンボルで示した。ここでは、 $M \geq 3.5$ の地震として、上記リストの39コと $M=5.2$ の計40コのうち、No. 2, 12, 20, 38はマップの外縁部であるために省き、また No. 29~34と $M=5.2$ の地震は、短期間に連続しているため、やはり省いた。日数を前後3日としたのも、 $M \geq 3.5$ の地震の起こる間隔からみて、1つの地震を2度以上重複して数えることが少ないようにとの配慮である。数えた地震はすべてルーチン処理で震源の求まったものばかりである。図中、 $M \geq 3.5$ の地震の前後の平均個数が、常時のそれと同程度以下の地域を□で、常時を超えるものを■でまた、常時の2倍を超えるものを■で示した。これを見ると、 $M \geq 3.5$ 前後の活動が活発になる地域は、ほぼ全域にわたっており、■印のついた特に活発なところは、永平寺付近、王滝村付近など、大きな地震の起こったところに見られる。これらは、大きな地震の余震が数えられていることから当然である。ちなみに、図中 T の記された所は、石川県尾口村にある手取川ダムの砕石発破場で、地震前後には、1日平均にして0.4コの発破が震源決定されているが、常時でも平均0.5以上起っており、 $M \geq 3.5$ の地震前後がとくに発破が多いというわけではない。さらに、同じ29コの地震について、地震前3日間と、後3日間の各メッシュ内に起った地震数を数え、有意に地震前に高い活動を示してい

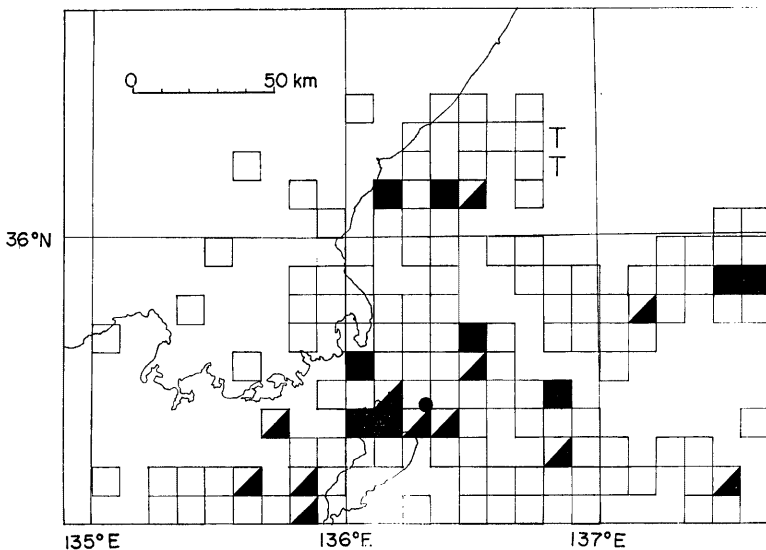


Fig. 7. Probability of distribution of earthquakes before and after the big events listed in Table 1. (No. 2, 12, 20, 29, 30, 31, 32, 33, 34 and 38 are also omitted.)

- ; $P \leq 0.2$ (very significant)
- ◐; $0.2 < P \leq P_0 = 0.25$ (significant)
- ; otherwise.

$$, \text{ where } P = \sum_{r=R}^N n C_r \times (0.5)^N$$

N is the total number of earthquakes in each mesh during 6 days before and after the listed events, R of which occurred before the events. P_0 is thus calculated substituting $N=72$ and $R=39$ for the Tetsudori-gawa dam site, and is used as a significant level.

るかどうかを調べた。手取川ダムでは、 $M \geq 3.5$ の地震の前3日間は39コの発破が震源決定されており、後3日には33コで、やや地震前の個数が多い傾向にある。しかし、発破は、北陸地域の地震活動とは独立に行なわれたと思われるので、1つの発破が、地震前に行なわれるのも、地震後に行なわれるのも、同じ0.5の確率を持つと考え、そのような試行を39+33=72回行なった時、39対33のかたよりを示す率 P_0 を計算した。ここでは、地震前に39コの発破が行なわれる率の和を $P_0 = \sum_{r=39}^{72} Cr \times (0.5)^{72}$ として算出した。この P_0 は、0.25をすこし超える値をとる。他のメッシュについても同様に、合計 N コの地震のうち、 R コが地震前に起こった場合、 $P = \sum_{r=R}^N C_r \times (0.5)^N$ を計算し、この P が $P \leq P_0$ の時有意であると考え、■で示した。(Fig. 7) また $P \leq 0.2$ の場所は、さらに有意性が高いと考え■で示した。□は、有意と思われる地域である。地図の範囲内では、有意な地域は非常に少なく、全メッシュの1/7に過ぎないが、浅井周辺には密集しており、この地域の活動の特徴が示されている。

4. 結 論

1976年5月から1978年12月の約2年半の北陸微小地震観測所ルーチンデータから、5つの地域の放出エネルギーを月別にみると、1976年と1978年にピークを持つ形と、逆に、これらの年に静穏で、1977年にピークのある形の2つに大別することができる。このうち、前者は、互いに100km以上空間的に離れた王滝村と浅井周辺の両地域に共通のパターンで、ストレス場の広い範囲での類似性が同われる。このことは、もっと詳しく小さい地震まで集めて個数を比較しても、確かめることができた。

北陸地方に起った $M \geq 3.5$ の地震の前3日の地震数を数え、前3日の方が、有意に多いと思われる地域は浅井観測所の周囲に密集する。以上のことから浅井周辺の地震活動は、北陸地方の比較的大きな地震活動に先だって活発化すると思われ、注意して監視したい。

謝 辞

本稿の作成にあたり、防災研究所微小地震ゼミの皆さんの助言と援助に感謝します。とくに渡辺邦彦氏および松村一男氏には、データの提供や、マップの作成などの協力もいただいた。衛星観測所の現地の方々には、計器保守等の助力をいただいている。皆さんに感謝します。計算は、防災研究所防災科学資料センターの FACOM 230-25 および、北陸微小地震観測所の HITAC 10IIを用いた。

参 考 文 献

- 1) 岸本兆方・尾池和夫・渡辺邦彦・佃為成・平野憲雄・中尾節郎：鳥取および北陸微小地震観測所のテレメータ・システムについて、地震, Ser 2, Vol. 31, No 3, 1978, pp 265-274.
- 2) WATANABE K.・N. HIRANO and F. TAKEUCHI : On the Accuracy of Hypocenter Determination of the Hokuriku Microearthquake Observatory, Bull. Disast. Prev. Res. Inst, Kyoto Univ., Vol. 28, 1978, pp 95-111.
- 3) 渡辺邦彦・平野憲雄・岸本兆方：北陸地方のサイズシシティ, 地震, Ser 2, Vol. 31, No. 1, 1978, pp 35-48.
- 4) 藤井 崋・中村 勝・木股文昭・宮島力雄・和田博夫：長野県王滝村の群発地震, 昭和52年度地震学会秋季大会講演予稿集, 1977, p22.
- 5) 手取川発破観測グループ：手取川ダム工事砕石発破観測について（その1）一観測の概要及び北陸・上室両地域の地殻上部構造一昭和53年度地震学会秋季大会講演予稿集, 1978, p66.