

1985年5月から始まった 父島北西海域の特異な群発地震活動*

細野 耕司**・笹川 巖***・徳永 規一***・勝又 護***

Specific Earthquake Swarm Activities in the Area Northwest
of Chichijima, the Bonin Islands, since May 1985.

Kohji Hosono

(Earthquake Prediction Information Division)

Iwao Sasakawa, Ki-ichi Tokunaga, Mamoru Katsumata

(Earthquake and Tsunami Observations Division)

Abstract

A remarkable seismic swarm began in May 1985 near Chichijima, the Bonin Islands. Although, in every year, about ten earthquakes had been felt in the Chichijima Observatory, as many as 62 felt earthquakes were reported in that year.

Seismic records obtained at the Chichijima Observatory (horizontal seismometers of displacement type with 10 sec. natural period and 200 magnification and vertical seismometer of velocity type with 1 sec. natural period and 11,400 magnification at 1 Hz.) were classified into three types. A-type record has about 19 sec. S-P time and sharp P and S onset. B-type has feeble S onset followed by remarkable T phase, and has rather low frequency wave components. C-type has about 26 sec. S-P time. The ratio of P amplitudes to S amplitudes of this type large compared to A-type one. The period of the activity and total number of each type are as follows ;

A-type : 14 Aug. 1985-30 May 1986, 1476 records

B-type : 7 Sep. 1985-30 July 1986, 2703 records.

C-type : 19 May 1985-20 June 1985, 240 records.

It is worthy to note especially that B-type activity grew gradually and decreased slowly, and in spite of the nearness the areas of each type, the activities seem to occur independently from each other.

The number of earthquake mechanism solutions determined by USGS and reported in EDR is 6. Two of them belong to C-type and the other four solutions to A-type. No solution for B-type was reported. All of the solutions show normal faulting mechanism with about east-west tension axes. Considering the fact that the hypocenters are distributed in the Nishinoshima back-arc depression which is located on the west side of the volcanic front stretching from north to south along the Izu-Ogasawara trench, and that a new volcanic island was formed near Nishinoshima island in 1973, it may be explained that the back-arc depression is opening horizontally. At the back-arc depression near Torishima island which is located to

* Received Jan. 26, 1987.

** 地震予知情報課

*** 地震津波監視課

the north of Chichijima island, an earthquake occurred in 1984, which generated a tsunami in spite of the small scale of the earthquake ($M = 5.5$). Kanamori et al. (1986) call attention to the magma injection to account for the observed facts which differ from the usual double couple mechanism. Accepting their idea, we are able to conclude that the back-arc depression of the IzuBonin trench is at least partly opening, and have something to do with igneous activity.

§ 1. はじめに

伊豆-マリアナ弧の地域では、やや深発、深発の地震が非常に数が多く、M7クラスの浅発(逆断層)地震はいくつか起きているが、その数はきわめて少ない(例えば笠原、田中(1986)を参照)。Mogi (1969)によれば、やや深発、深発地震によって解放されたエネルギーと浅い地震(65km以浅)によって解放された地震のエネルギーに対する比は、アリューシャン、アラスカで0.11、カムチャッカ、千島、日本では0.25、伊豆-マリアナでは5.33となっている。

小笠原諸島の父島の東方には伊豆・小笠原海溝があり、西方には八丈島、鳥島、西之島と続く火山フロントが走っており、その西方には、西之島背弧凹地がある。父島のほぼ西方の西之島では1973年に火山活動により西之島新島が形成されている。

父島における地震観測は、1906年から1944年まで、簡単微動計とWiechert式地震計などを用いておこなわれていた。その後、1974年7月から父島気象観測所(27°05.5'N, 142°10.8'E)に61A型地震計と1倍強震計を設置し、地震観測を再開している。1985年3月には、父島近海の地震活動の監視強化のため通信衛星を用いて気象庁(東京)で父島の61A型と強震計、三日月山(観測所の西北西0.7km)の速度型上下動(固有周期1秒、1Hzで11,400倍)の常時モニターができるようになった。

そのモニター記録に1985年5月から群発地震活動が記録されるようになった。ここでは、その活動について調べた結果を報告する。

§ 2. 1985年の地震活動

Fig. 1は本州中央部から父島までを含む地域の1985年の震央分布である。破線で囲んだ領域以外は気象庁のルーチン作業による震央で、破線内(北緯27°-30°、東経139°-142°)の震央は米国地質調査所(以後USGSと書く)のEDR(Earthquake Data Report)に報告されたものである。それらはWWSSN(世界標準地震観測網)のデータと気象庁

のデータを用いて決定されている(なお、このなかには気象庁による3個の深発地震も含まれている)。

Fig. 2にはEDRのデータから100km以浅の地震310個について月別地震回数を、Fig. 3にはFig. 1の線分ABを投影面とする震央の時空間分布が示してある。Fig. 4は、地震の規模(mb)の求められている275個の地震の規模-時間分布を示している。

これらの図からわかるように、父島北西海域の地震活動は、5月下旬から6月上旬にかけての一群と8月中旬からの活動があり、後者の活動がより活発であり、mbが4から5までの地震回数は176個、5から6までは97個と、活発な地震活動であったことがうかがわれる。この地域は、観測点の少ないところであるため、気象庁のルーチン作業では、この活動に関しては2個しか震源決定がなされていない。

今回の地震活動中、最大規模の地震は11月9日03時40分に発生した $mb = 5.8$ 、 $M_s = 6.1$ の地震である。

Fig. 5には、この地震活動の鉛直断面図を示してある。上の図は南北、下の図は東西の断面図である。震源の深さは310個のうち78%の243個が33kmと報告されており、正確な深さは不明であるが、極く浅い地震と判断してよいであろう。また、この地域における太平洋プレートの沈み込みに関係した地震の深さは70-100km(Katsumata and Sykes, 1969)と推定されている。したがって、今回の地震活動はプレート境界に発生している地震ではなく、フィリッピン海プレート内の地震活動といえる。

Table 1は父島における有感地震回数である。1985年以外の回数は10回前後となっており、1985年の62回というのは、少なくとも過去10年間ではみられなかった地震活動であることがわかる。父島における1906年以来の地震、津波の調査結果をみても(二瓶、未発表)、今回のような多くの有感地震回数は報告されていない。1937年8月に観測された頻発地震でも3日間で活動が終わり、その間の有感地震回数は2回に過ぎない(高田、石井, 1939)。

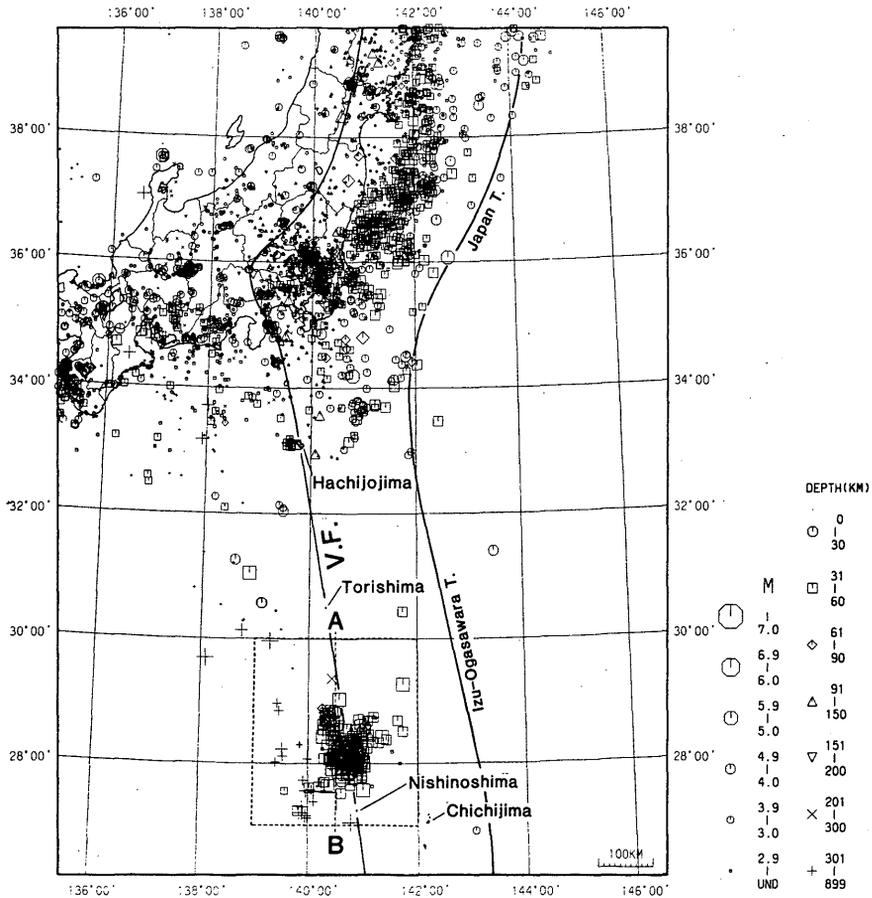


Fig. 1 Earthquakes of Honshu and the Bonin Islands in 1985. Trench axis (Japan T. and Izu—Ogasawara T.) and volcanic front (V.F.) lines are also drawn. Epicenters surrounded by broken lines are determined by USGS, and three deep earthquakes determined by JMA.

§ 3. 父島の地震記録からみた地震活動

3.1 記象型による日別地震回数

東京でモニターしている父島の地震記録において今回の地震活動は3つの記象型に分類できる。Fig. 6に三日月山の上下動記録による記象例を示す。それらの各型をA型、B型、C型と呼ぶことにする。それぞれの記象型の特徴は以下に示すとおりである。

A型：P相、S相共に明瞭で、P波の振幅が小さく、S-P時間が19秒前後。

B型：S相が不明瞭で、優勢なT相を伴う。

C型：P波振幅がA型に比べて大きく、S-P時間が26秒前後となる。

記象型別の日別地震回数をモニタ記録から数えた結果は、Fig. 7に示すとおりである。

C型の地震活動は、5月19日17時30分から始まり、6月20日まで続き、地震総回数は240個であった。

A型の地震活動は、C型の活動終息2ヶ月後の8月14日11時37分から開始し、12月下旬以降静穏になったが、1986年1月16日から18日にかけて活発化した。その後、活動は散発的になり、地震総回数は、1986年7月現在1476個であるが、5月30日以降は発生していない。この型の地震活動はバースト的で、いくつかの活動期がみられる。

B型の地震活動は、9月7日13時17分から始まり、1986年7月現在2703個の地震総回数にのぼっている。その活動パターンは、A型の場合のようなバースト的なパターンとは対照的に、徐々に回数が増加し、その後、さらにゆっくりと減少している。A、B両型の地震の活動域は、後述するように、隣接してい

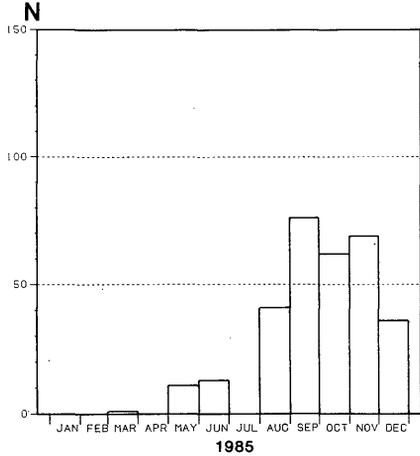


Fig. 2 Monthly number of earthquakes. Figs. 2, 3 and 4 show shallow events (focal depth less than 100 km) which occurred in the rectangle surrounded by broken lines in Fig. 1.

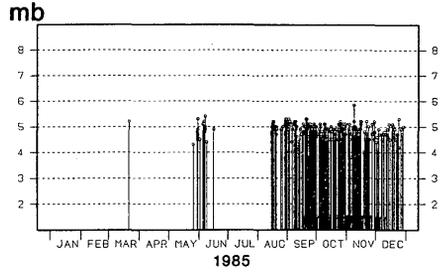


Fig. 4 Time-magnitude (mb) distribution of earthquakes.



Fig. 3 Space-time distribution of earthquakes. Side AB represents the project line in Fig. 1.

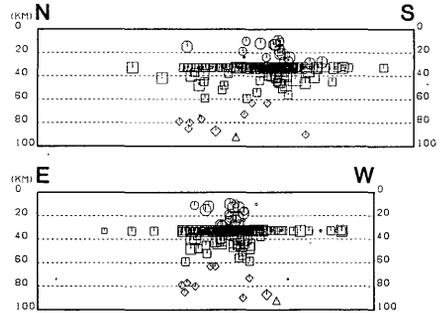


Fig. 5 North-south (top) and east-west (bottom) vertical cross sections of earthquakes surrounded by the rectangle with broken lines in Fig. 1 except three deep earthquakes determined by JMA.

るにもかかわらず、一方の地震活動が他方の活動に影響を及ぼしているような様子がまったくみられない。

1985年の父島における有感地震回数62回のうち、A型の地震が45回、B型1回、C型2回で、他の地震が14回となる。今回の地震活動を除けば、ほぼ平均的な有感地震回数となっている。

3.2 記象型別の震央分布

Fig. 8の上の図には、USGSのEDRの震央を、記象型別にプロットしてある。

図中の黒丸、白い四角、黒い三角の記号は各々、A型、B型、C型の地震に対応する。5月下旬に始まったC型は、父島の北西海域約260 km付近に集中し、8月中旬から始まったA型は、父島の北西約180 km付近に集中している。

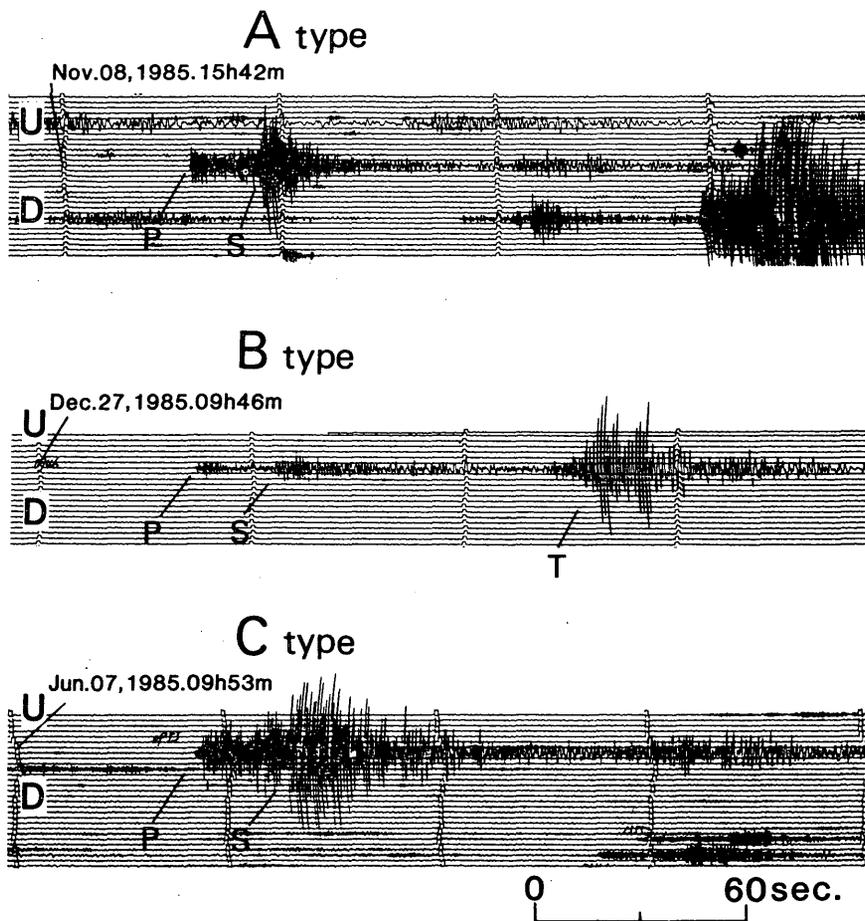


Fig. 6 Typical seismic records of three types recorded by the velocity type seismometer ; installed on the hill near the Chichijima Observatory, the characteristics of which are 1 second natural period and 11,400 magnification at 1 Hz, the component of these records is a vertical one. A-type is characterized by clear P and S onset. P-wave amplitudes are much smaller than S-wave ones. S-P time is about 19 seconds. B-type has predominant T phase with feeble S phase. Wave frequencies contained are somewhat low. C-type differs from A-type by large P amplitudes compared to S ones. S-P time is about 26 seconds.

Year	Intensity					Total
	I	II	III	IV	V \leq	
1974*	5	2				7
1975	7	4				11
1976	4	2				6
1977	6	4	3			13
1978	6	3	1	1		11
1979	8	1	1			10
1980	10	1				11
1981	8					8
1982	7	3	1			11
1983	1	2				3
1984	3	2	1			6
1985	42	16	4			62
1986	12	4				16

Table 1 Annual number of felt earthquakes at Chichijima Observatory.

* : observation started from May, 1974.

9月上旬から始まったB型は、A型とC型の活動域の間を埋め尽くすように発生している。このB型発生後もA型の活動域の変化はみられない。Fig. 6でみたように、このB型は顕著なT相を伴っていることや、先に述べたようにEDRでは深さがほとんど33kmとなっていることを考えると極く浅いところで発生していると思われる。A型とC型も小さなT相を伴っている。T波は海中のSOFAR channelを効率よく伝播する水中音波である(Tolstoy and Ewing 1950, Ewing et al. 1950), T波の発生機構はいくつか考えられており(勝又, 徳永, 1980), 今回のように、ある観測点で顕著な相として観測されるためには、震源の深さ、海底地形、発震機構などが影響すると考えられる。ほぼ同じような位置で、かつ同じような深さで地震が発生しているにもかかわらず、B型にのみ顕著なT相が伴っているということは、B型の発震機構が他のものと違うと考えられるが、明確な結論を下すためには、より詳細な解析が必要であろう。

以上のように、今回の一連の地震活動は、波形の類似性から3つの型に分類でき、しかも各々の活動域は明確に区分され、時間的に活動域が変化していることは興味深い。

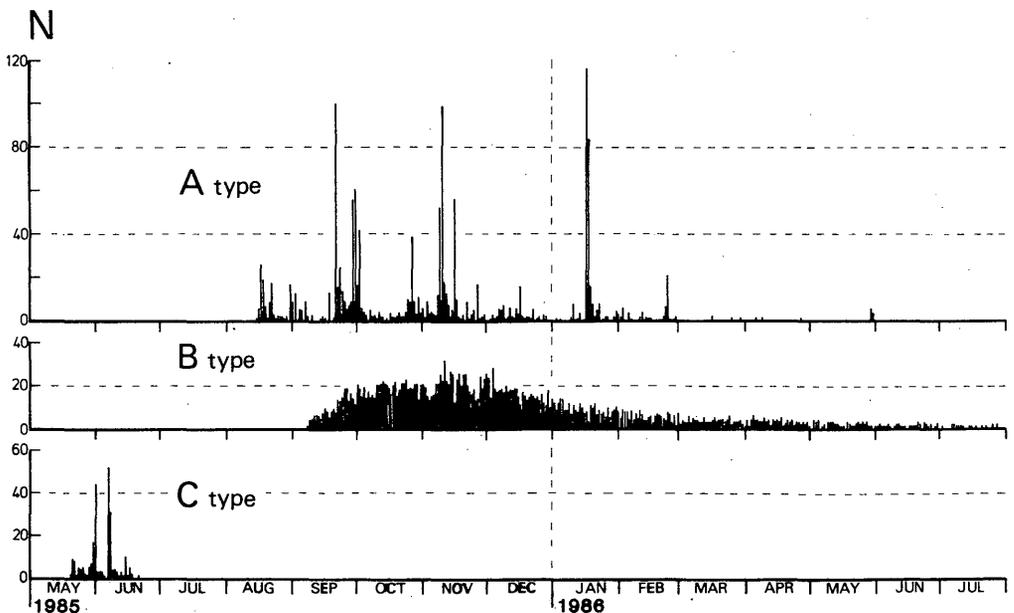


Fig. 7 Daily earthquake frequencies of each of the three types. Total number of A-type is 1,476. B-type is 2,703 and C-type is 240.

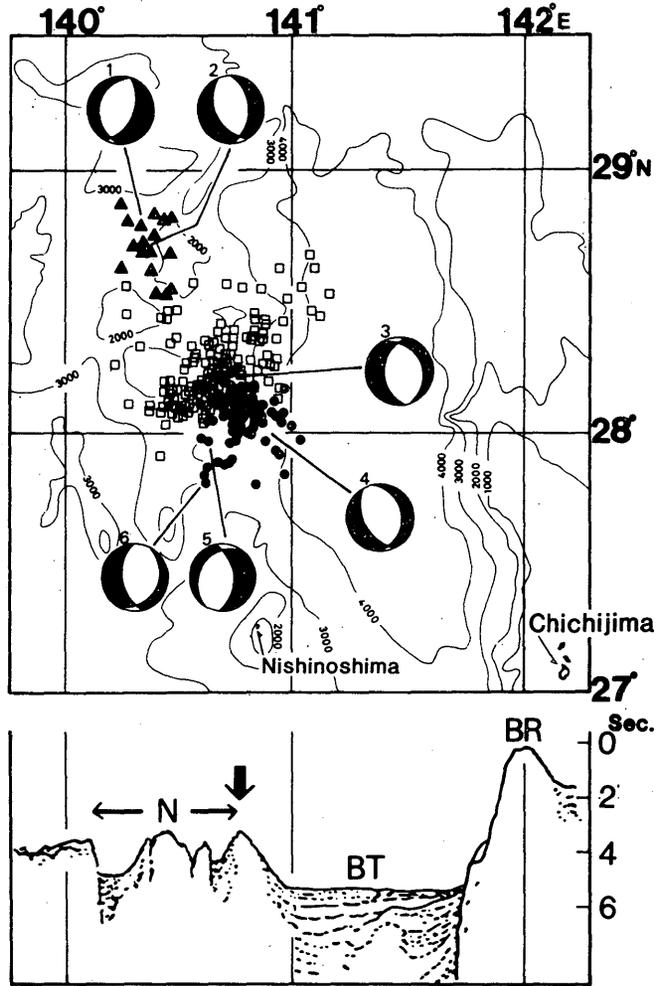


Fig. 8 (top) Earthquake distribution of the three types of activities and earth-mechanism solutions issued by USGS. Solid circles represent A-type earthquake epicenters. Open rectangles denote B-type. Solid triangles correspond to C-type. Numerals attached to mechanism solutions correspond to the numbers of Table 2. (bottom) Seismic profiling cross section of the ocean bottom along 28° N line. This figure was rearranged from Honza and Tamaki (1985). Notations are as follows. BR : Ogasawara ridge, BT: Ogasawara trough, N : Nishinoshima backarc depression. Bold arrow : position of volcanic front. Vertical scale is the sound travel time required to return to the source.

No.	Date	Origin Time(JST)			Location		Depth km	mb(Ms)	Remarks
		h	m	s	Lat.	Long.			
1	May 31	03	47	23.6	28.798	140.344	40	5.3(5.2)	C type
2	Jun.07	18	36	12.1	28.735	140.342	48	5.1(5.4)	C type
3	Aug.18	03	30	28.5	28.196	140.717	33N	5.2(4.6)	A type
4	Sep.25	00	37	44.7	28.105	140.828	41	5.1(4.4)	A type
5	Nov.09	03	40	24.8	27.957	140.607	42	5.8(6.1)	A type
6	Nov.09	05	02	04.8	27.800	140.624	41	5.2	A type

Table 2 Origins of earthquakes whose mechanism solutions were determined. Numbers correspond to source projection in Fig. 8. Earthquake No 5 is the largest event in this activity.

§ 4. 発震機構と海底地形

USGSでは、今回の活動に関連した地震のうちC型で2個、A型で4個の発震機構をEDRに記載している。Fig. 8の上の図の中にそれらの震源球投影を示してある。図は下半球等積投影で黒塗りの部分が押し、白抜きの部分が引きを表している。Table 2にはそれらの地震の要素をまとめてある(図と表の番号は各々対応する)。これら6個の地震の発震機構はいずれも、ほぼ東西に張力軸をもつ正断層型となっている。スラブの沈み込みの始まる海溝の最深部や海溝の海側斜面で発生する正断層型の地震はプレートテクトニクスと関連付けて説明される(Isacks et al. 1968)が、今回の地震活動はその発生位置からみて、そのようなプレートの曲げ応力と直接関係するとは考えられない。

Fig. 8の下図には、この活動域の音波探査による海底断面図を示した。断面は北緯28°の緯線に沿ってとられている。図の中でBRは小笠原海嶺、BTは小笠原舟盆、Nは西之島背弧凹地、太い矢印は火山フロントの位置、横方向の矢印は背弧凹地の幅を示している(Honza and Tamaki, 1985)。この図からわかるように、今回の地震活動は火山フロントの直下から、西側の背弧凹地にかけて発生していることがわかる。

さらに、1965年11月には鳥島の北側の火山フロントにおいても、正断層型の発震機構をもつ浅い地震が報告されている(Katsumata and Sykes, 1969)。また、1976年にはこの近くでM=5.7の地震が発生し、WWSSNの長周期地震記録からは北西方向に圧力軸をもつ横ズレ型の発震機構が求められている。1984年6月には鳥島近海でMs=5.5、mb=5.5の

地震が発生し、Dziewonskiらは北西方向に圧力軸をもつ逆断層解を求めている(江口, 1985)。そのことにより江口は、これらの発震機構がこの附近の須美寿背弧凹地の拡大を支持しないと述べている。しかし、1984年の地震はマグニチュードが5.5であるにもかかわらず、館山の布良で13cm、八丈島で7cmの津波の潮位記録が得られている。

金森は、1986年のアメリカ地球物理連合(AGU)の秋期大会で、マグニチュードが小さい割りに津波が発生したこと、この地震によるラブ波は観測されず、レーリー波はどの方向にも一様に放射されているということから、この地震は単なる四象限型の発震機構では説明できないと報告している(Kanamori et al. 1986)、そのなかで考えられているメカニズムとしては、拡大しつつある須美寿背弧凹地でマグマと水が反応したためであるとしている。今回の活動域は、須美寿背弧凹地の南に位置しているが、テクトニックな観点からすれば、今回の活動域と同様な背弧凹地で火成活動を支持するような地震が発生したことは大いに興味あることである。

そのうえ、少なくとも今回のA型、C型の地震の発震機構は背弧凹地の拡大を支持する正断層型となっている。今回の地震活動が火成活動と関連しているか否かは、さらに詳しい調査を行なう必要があるが、少なくとも、背弧凹地の拡大と矛盾するものではない。

§ 4. おわりに

1985年5月から始まった父島北西海域の群発地震活動は、地震の規模別回数や父島の有感地震回数からみても、かなり活発な活動であったといえる。

その活動様式は、記象型別に活動域が区分でき、

隣接する地域で互いの地震活動が行なわれていったという特徴がみられる。このような地震活動がなぜ生じたのかということは今後の課題であり、詳しい海底調査などの結果を待たなければならない。

また、今回の地震の活動域は、八丈島、鳥島、西之島と連なる火山フロントとその西側にある背弧凹地の直下で発生している。得られている発震機構は、ほぼ東西に張力軸をもつ正断層型となっており、背弧凹地の拡大を支持している。

最後に、図の一部は、地震予知情報課の横山博文氏に依頼して計算機で作成していただき、また同課の二瓶信一氏には未発表の調査資料を提供していただいた。USGSのPresgrave氏には磁気テープでデータを送っていただいた。これらの方々に感謝します。

参考文献

- 江口孝雄 (1985) : 伊豆・小笠原弧周辺の地震活動とその背景, 月刊 地球, 7, No.11, 646~651.
- Ewing, M., I. Tolstoy, and F. Press (1950) : Proposed Use of the T phase in Tsunami Warning System, Bull. Seism. Soc. Amer., 40, 53~58.
- Isacks, B. L., J. Oliver, and L. R. Sykes (1968) : Seismology and the New Global Tectonics, J. Geophys. Res., 73, 5855~5899.
- Honza, E., and K. Tamaki (1985) : in "The Ocean Basins and Margins", eds. A. E. M. Nairn, F. G. Stehli, and S. Ueda, 7, 459~502.
- Kanamori, H., G. Ekstrom, A. Dziewonski, and J. S. Barker (1986) : An Anomalous Seismic Event near ToriShima, Japan - A Possible Magma Injection Event, EOS, trans. Amer. Geophys. Union, 67, 1117.
- Katsumata, M., and L. R. Sykes (1969) : Seismicity and Tectonics of the Western Pacific : Izu - Mariana - Caroline and Ryukyu - Taiwan Regions, J. Geophys. Res., 74, 5923~5948.
- 勝又護, 徳永規一 (1980) : 沖縄—南大東島で観測されるT波—海洋を伝わる地震波, 気象研究報告, 31, 191~204.
- 笠原順三, 田中一実 (1986) : 見る地震 コンピュータグラフィックスによる日本の地震, 東京大学出版会, pp. 144.
- Mogi, K., (1969) : Relationship between the Occurrence of Great Earthquakes and Tectonic Structures, Bull. Earthq. Res. Inst., 47, 429~451.
- 高田玄吾, 石井弘 (1939) : 昭和12年8月父島の頻発地震, 験震時報, 10, 525~527.
- Tolstoy, I. and M. Ewing (1950) : The T Phase of Shallow-Focus Earthquakes, Bull. Seism. Soc. Amer., 40, 25~51.