

## 68. 三陸沖の海底地震計で観測された 1968年十勝沖地震の前震現象

地震研究所 { 南雲昭三郎  
小林八平郎  
是沢定之

(昭和43年5月28日発表—昭和43年10月31日受理)

### 1. 緒 言

よく知られているように、日本海溝の西側海底域は  $M > 7$  の地震がかなり頻繁に発生している所であり、当該地域は地震発生の諸問題を調べるのに絶好の地域となつている。我々は数年来海底地震計の開発<sup>1)2)</sup>を進めて来て、昨年には相模湾にて数回の観測試験を行<sup>3)</sup>い、その結果本格的観測が行える見通しを得たので、本年からいよいよ待望の三陸沖地震活動の観測に取り組むことを計画し、本年5月三陸沖において海底地震観測を行つていた。ところが偶々5月16日今回の1968年十勝沖地震と称せられる  $M = 7.9$  の地震が発生し、我々の海底地震観測網にその前震現象、余震現象の一部が観測された。

この報告は海底地震観測網の状況と、現在までに判明している観測結果、主に前震現象について記したものである。

なお、今回の三陸沖海底地震観測は東京大学海洋研究所研究船淡青丸の協力によつて行われた。

### 2. 観測経過

**観測網の配置** 今回三陸沖に展開した海底地震臨時観測網の配置を Fig. 1 および Table 1 に示す。B点、C点は水深1kmの等深線に沿つて設けられ、A点はB点、C点と三角形を形成するよう沖の地点へ設けられた。A点は沿岸から約120kmの距離にあり、水深は約1420mである。ABC三点観測網は一辺の長さ約60~70kmである。1968年十勝沖地震の本震の震央 (Fig. 1 ×印) に対し、A点は約60km、B点C点はそれぞれ約120kmの距離になつている。

**観測計器** 今回の観測に使用した海底地震計は Table 2 に示す通りである。C点の記録計は磁気テープ方式<sup>4)</sup>、B点の記録計は光学的フィルムレコーダ方式<sup>5)</sup>であり、換震

1) S. NAGUMO, et al., *Bull. Earthq. Res. Inst.*, 43 (1965) 671-683.

2) S. NAGUMO, et al., *Bull. Earthq. Res. Inst.*, 46 (1968) 861-875.

3) S. NAGUMO, et al., *Bull. Earthq. Res. Inst.*, 46 (1968) 877-888.

4) S. NAGUMO, et al., *loc. cit.*, 2).

5) S. NAGUMO, et al., *loc. cit.*, 1).

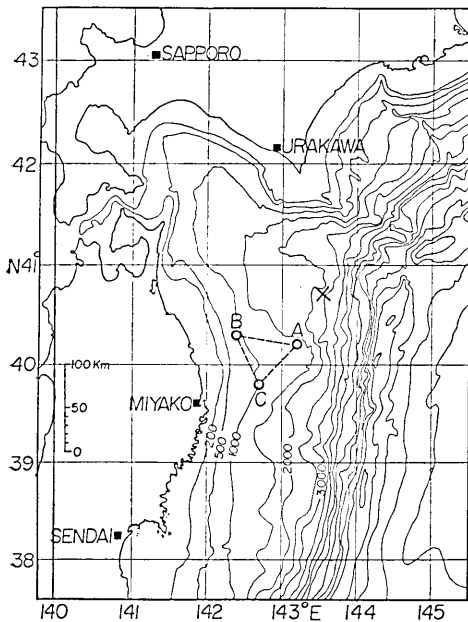


Fig. 1. Distribution of the ocean-bottom seismographic observation network deployed off Sanriku in May of 1968. ○ A, B, C: station of ocean-bottom seismograph. × Epicentre of the 1968 Tokachi-Oki Earthquake in May 16, 1968.

器は両点とも固有周波数 4.5 cps の動コイル型である。A 点の海底地震計は今回新たに製作したもので、換震器は上下動、水平動共固有周波数 1.0 cps、自動水準装置付、耐圧容器は蓄電池・換震器部と磁気テープレコーダ部とを中央円環を介して結合する型にしたものである。刻時は水晶時計を使用し、観測の前後に JJY で検定、補正する方式である。

**観測経過** 観測期間は Table 1 に示した通りである。先ず 5 月 11 日から 12 日未明にかけて第 1 次敷設作業を行い、C 点、A 点、B 点の順に 3 点観測網を展開した。約 4 日間の連続観測を行わしめた後、5 月 16 日～17 日に C 点、A 点、B 点の順に揚収作業および B 点の第 2 次敷設作業を行った。しかし誠に残念なことに、A 点においては繫留ブイを発見できず、5 月 16 日 16 時頃より 21 時頃まで搜索したが遂に未回収に終わった。三陸沖は 5 月 13 日午後より低気圧の範囲に入り、その低気圧は中心気圧 986 ミ

Table 1. Locations and observation logs of the ocean-bottom seismographic observation network off Sanriku in May of 1968.

Station	Location and depth	Observation log		
		Deployment	Retrieval	Mooring time
A	40 13.5'N 143 14.2'E 1420 <sup>m</sup> H	May 11, 21 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup>	not retrieved yet	
B	40 19.4'N 142 28.1'E 1010 <sup>m</sup> H	May 12, 04 <sup>h</sup> 15 <sup>m</sup> May 17, 08 <sup>h</sup> 51 <sup>m</sup>	May 17, 06 <sup>h</sup> 00 <sup>m</sup> June 8, 05 <sup>h</sup> 10 <sup>m</sup>	5 d 02 hours 21 d 20 hours
C	39 46.9'N 142 43.8'E 1020 <sup>m</sup> H	May 11, 13 <sup>h</sup> 00 <sup>m</sup>	May 16, 10 <sup>h</sup> 35 <sup>m</sup>	4 d 22 hours

Table 2. Specifications of the ocean-bottom seismographs used in the ocean-bottom seismographic observation off Sanriku in May of 1968.

	Station		
	A	B	C
Geophone natural freq. (type)	V 1.0 cps H 1.0 cps (Geo Space, HS-10-1)	4.5 cps 4.5 cps (Geo Space, HS-1)	4.5 cps 4.5 cps (Geo Space, 8 D-L 4 B)
Amplifier gain	V 80 db V 60 db H 60 db	80 db 60 db 60 db	80 db 60 db 60 db
Recorder (type)	magnetic tape FM, 4 track (TEAC, R-915)	magnetic tape FM, 4 track (TEAC, R-915)	optical film 16 mm, 4 element (ERIK-IV)
Clock (type)	crystal clock (SEIKO, TF-7)	crystal clock (SEIKO, TF-7)	crystal clock (SEIKO, TF-6)

Table 3. Recording periods of the ocean-bottom seismographic observation off Sanriku in May of 1968.

Station	Recorder	Recording log			
		Start	Landing on sea-bottom	End	Total record time
C	magnetic tape	May 11, 12 <sup>h</sup> 57 <sup>m</sup>	May 11, 14 <sup>h</sup> 33 <sup>m</sup>	May 15, 18 <sup>h</sup> 22 <sup>m</sup>	102 hrs
A	magnetic tape	May 11, 16 <sup>h</sup> 55 <sup>m</sup>	May 11, 21 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup>		
B	optical film	May 11, 23 <sup>h</sup> 15 <sup>m</sup>	May 12, 04 <sup>h</sup> 15 <sup>m</sup>	May 13, 23 <sup>h</sup>	43 hrs
	optical film	May 17, 08 <sup>h</sup> 54 <sup>m</sup>	May 17, 09 <sup>h</sup> 51 <sup>m</sup>	May 31, 02 <sup>h</sup>	312 hrs

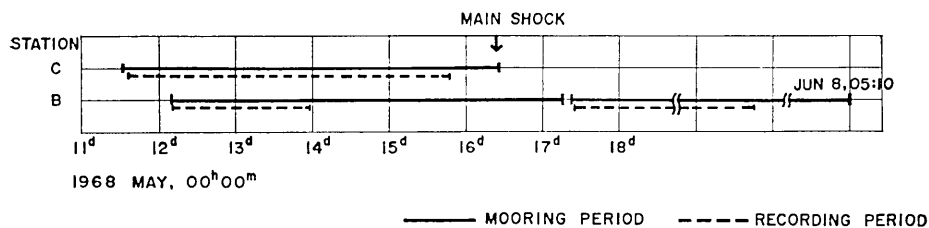


Fig. 2. Observation period of ocean-bottom seismographic observation off Sanriku in May of 1968. Solid lines indicate mooring period, broken lines indicate record period.

リバル、風速 15 m/s 以上という季節外れの大型のもので、その上三陸沖に 15 日まで停滞したため、うねりが大きく発達し海上の状況も大時化となった。この間英国のヨット、パスファインダー号の遭難が起きた時である。A 点の繫留ブイは低気圧の中心に近く、この風浪の影響をまともに受け、遂に流失したものと考えられる。

**観測記録** 回収された海底地震計の記録期間は Table 3, Fig. 2 に示す通りである。C 点では予定通り全期間約 100 時間の磁気テープ記録が良好に行われた。B 点ではフィルム巻取機構の不調により、前半約 43 時間の記録しか得られなかった。A 点では地震計が未回収のため記録が得られていない。

### 3. 観測結果

C 点において 5 月 11 日 14 時 33 分頃から 5 月 15 日 18 時 22 分頃までの約 102 時間に 94 ケの地震が記録され、B 点において 5 月 12 日 04 時 15 分頃から 5 月 13 日 23 時頃までの約 43 時間に 33 ケの地震が記録された。これらの地震のリストを Table 4, Table 5 に示す。地震記録の例を Fig. 3 に示す。

**日別頻度** B 点、C 点における日別頻度の推移を示すと Fig. 4 のようになる。1 日の区切りを 09 時 00 分とした。観測の第 1 日目と最後の日は、観測時間中の頻度を 24 時間に換算した値をプロットした。

Table 4. List of earthquakes observed by the ocean-bottom seismograph at station B off Sanriku in May of 1968.

Earthquake Number	Station B					Earthquake Number	Station B					
	Date and Time						Date and Time					
	d	h	m	s	S-P time		d	h	m	s	S-P time	
1	May 12	07	24	41.3	6.4	18	May 13	01	59	22.9		
2		08	01	8.7	68.8	19		02	54	7.6	16.6	
3		26	23.9	6.1		20		58	25.7	16.6		
4		09	16	36.2	10.5	21		03	29	48.1	8.8	
5		12	12	50.0	25.5	22		04	55	27.4	11.1	
6		15	33	57.7	55.5	23		09	27	20.9	6.1	
7		17	12	1.1	18.8	24		10	24	32.7		
8		20	21.3	6.1		25		25	35.8			
9		18	57	28.0	6.6	26		12	41	51.6	2.7	
10		20	36	39.9	26.1	27		13	08	33.6		
11			50	33.9	6.6	28		14	55	24.7		
12		21	39	0.2	7.7	29		15	42	1.1		
13			43	0.5		30		16	10	14.2	11.1	
14			22	39	7.8	10.5	31		18	01	50.6	7.5
15		13	00	18	27.8	8.3	32		26	13.2		
16			44	57.6	16.6	33		20	37	57.9	11.1	
17			51	52.6	16.6							

Table 5. List of earthquakes observed by the ocean-bottom seismograph at station C off Sanriku in May of 1968.

Earthquake Number	Station C		S-P time (sec)	Max. Amplitude ( $\mu$ kine)	Earthquake Number	Station C		S-P time (sec)	Max. Amplitude ( $\mu$ kine)
	Date and Time					Date and Time			
	d	h m				d	h m		
2	May	11 15 57	4.0	35	61	May	14 04 41		45
3		16 34	18.0	75	62		05 46		45
5		18 13		40	63		06 23		40
7		25		60	64		07 52		40
8		19 43	14.0	95	65		08 31	16.0	42.5
9		21 26	17.3	132.5	66		46	12.0	47.5
10		22 09	8.7	55	68		12 57		22.5
11		17		42.5	69		13 27	8.7	65
16		12 00 50		70	70		37	3.3	92.5
17		52		87.5	71		14 12	52.7	70
18		02 22	58	75	72		54		30
20		04 03	18.8	135	73		15 00		15
21		45	14.7	105	74		22	14.7	35
22		07 25	7.0	155	75		16 22	14.0	55
23		08 01	67.3	135	76		35		20
24		09 45	4.0	115	77		17 15		55
25		12 12	32	80	78		22		20
26		14 53	14.7	45	79		19 00	14.0	70
27		15 33	48.7	125	80		20 29	42.7	135
28		16 37		42.5	81		39		40
29		17 11	21.3	67.5	82		40	14.7	140
30		19	6.6	80	83		20 47	8.0	60
31		45		35	84		22 13		32.5
32		18 57		32.5	85		33	20.0	92.5
33		20 35	22.0	97.5	86		49		40
34		22 38	18	80	87		23 07		100
35		13 00 17	11.3	125	88		33		40
36		44	13.3	140	89		57	30.0	92.5
37		01 58	16.7		90		15 00 09	4.7	100
38		02 58		200	91		43	36.0	55
39		08 26	7.3	115	92		48	18.0	75
40		09 22		35	93		01 31		45
42		13 58		20	94		03 19	26.7	132.5
46		17 00	8.7	125	95		04 44		39
47		17 24	7.0	50	96		57		30
48		19 35	62.7	60	97		05 23		80
49		20 30		40	98		30		34
50		41		40	99		06 24		35
51		21 32	4.0	112.5	103		07 58	15.7	82.5
52		22 44	11.3	25	104		08 06	13.3	85
53		23 15	9.3	65	105		11		35
55		14 00 52	42.0	60	106		24	65.3	105
56		01 07		22.5	107		09 20	11.0	112.5
57		44	17.3	90	108		48		52.5
58		51	14.0	80	113		13 59		32.5
59		57		35	114		16 16	12.0	115
60		03 28	16.0	75	115		18		45

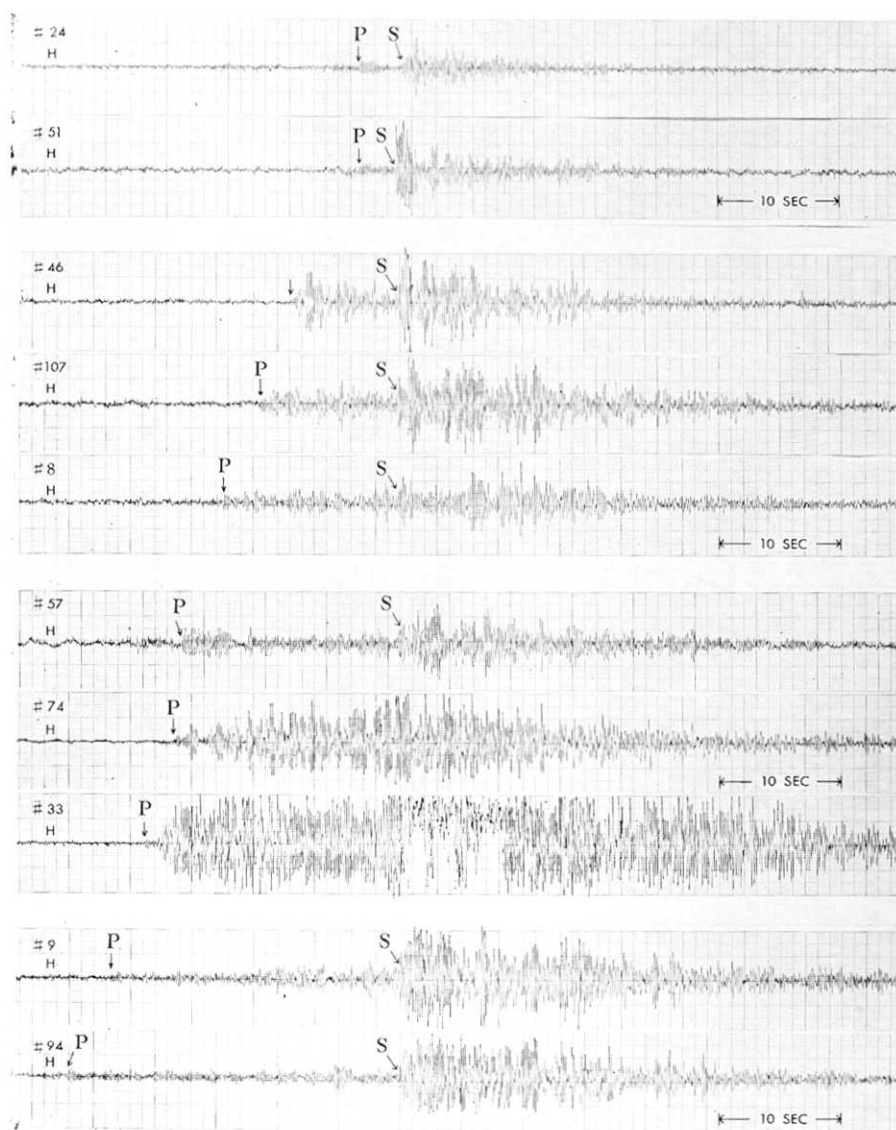


Fig. 3. Examples of earthquake record obtained by the ocean-bottom seismograph off Sanriku in May of 1968. Reproduced from an original magnetic tape record.

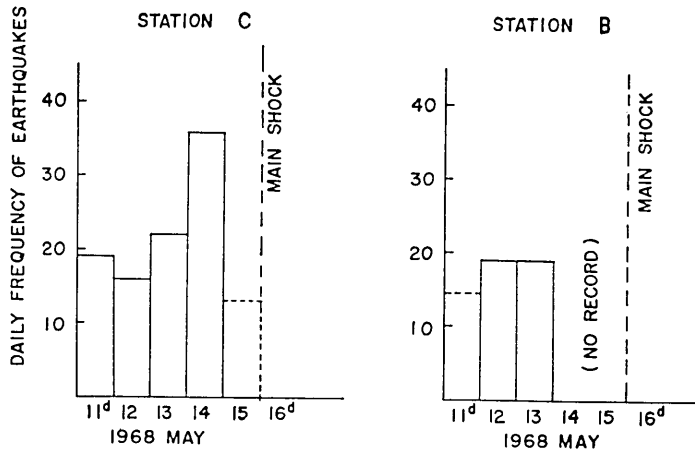


Fig. 4. Daily frequency of earthquakes observed at station C and B off Sanriku in May of 1968, before the occurrence of the main shock of the 1968 Tokachi-Oki Earthquake.

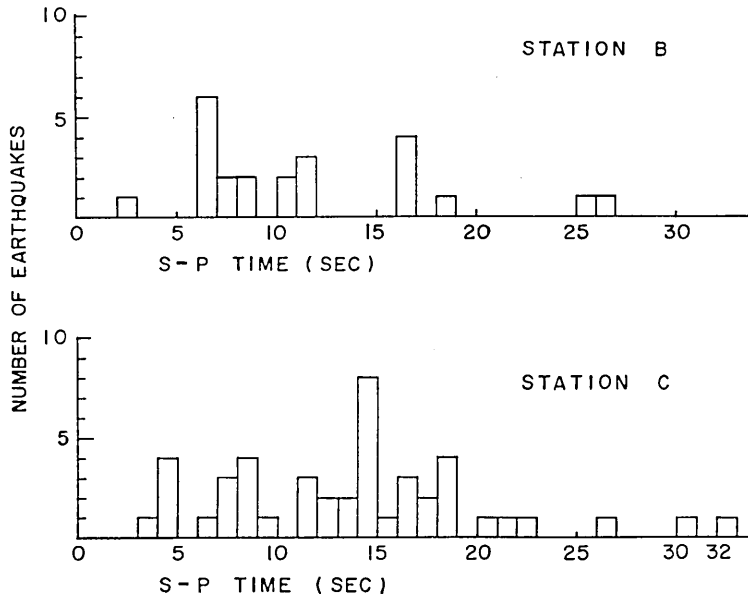


Fig. 5. S-P time distributions at station C and B off Sanriku in May of 1968, before the occurrence of the main shock of the 1968 Tokachi-Oki Earthquake.

C点においては速度振幅  $30 \mu\text{kine}$  以上の地震が 16~36 ケ/day 記録され、B点においては、約 19ケ/day 記録されている。C点における日別頻度はかなり変動している。

**S-P 時間分布** S-P 時間の分布を Fig. 5 に示す。B点、C点いずれにおいても S-P 時間分布はかなり広い範囲にわたっており、地震がかなり広範囲の地域にわたって発生していることを示している。

**最大振幅別頻度分布** C点で観測された 94 ケの地震について、最大速度振幅別累積頻度分布を作り、両対数プロット、片対数プロットすると、それぞれ Fig. 6, Fig. 7 のようになる。Fig. 6 に明らかのように、累積頻度の対数と最大速度振幅の対数との間には直線関係がなく、最大振幅別頻度分布はベキ関数分布になつていない。むしろ Fig. 7 にみられるように、片対数プロットにおいてやや直線関係がみられ、最大振幅別累積頻度分布が一部指数分布になつているように見受けられる。

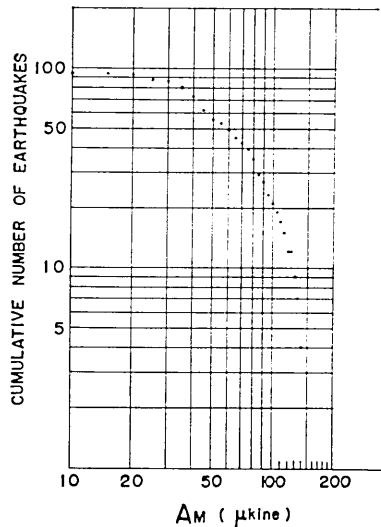


Fig. 6. Cumulative number of earthquakes as a function of the maximum velocity amplitude of earthquake motion observed at the ocean-bottom seismographic station C in May 1968, before the occurrence of the main shock of the 1968 Tokachi-Oki Earthquake.

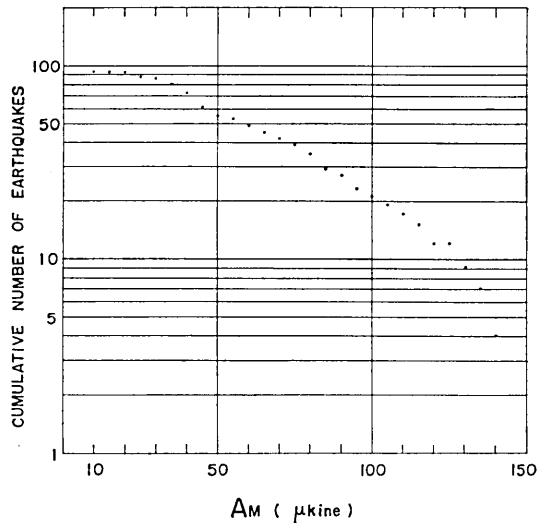


Fig. 7. Cumulative number of earthquakes as a function of the maximum velocity amplitude of earthquake motion observed at the ocean-bottom seismographic station C in May 1968, before the occurrence of the main shock of the 1968 Tokachi-Oki Earthquake.



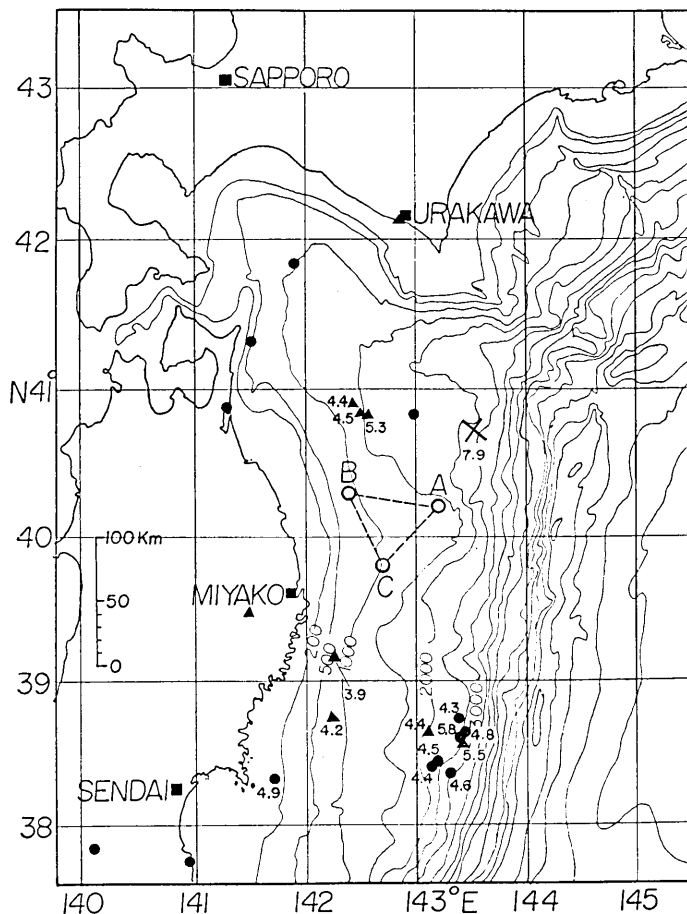


Fig. 8. Epicentres of earthquakes registered by Japan Meteorological Agency before the occurrence of the main shock of the 1968 Tokachi-Oki Earthquake,

- ▲: from May 1 to May 16
- : from April 1 to April 30.

Small figure indicates the magnitude. (After Preprint of Seismological Bulletin, Japan Meteorological Agency)

#### 4. 前震現象について

以上が三陸沖海底地震観測網で得られた観測データであるが、これらの地震は5月16日午前9時16分のいわゆる1968年十勝沖地震の本震の前数日間にわたって発生しているもので、同地震の前震現象に相当している。従つて次に問題となるのは、(1) これらの前震の地震活動度が異常であったのかどうか、(2) これらの地震はどこに起つていたのであ

Table 6. Hourly frequency of earthquakes observed by ocean-bottom seismographs at station B and C off Sanriku in May of 1968, before the main shock of the 1968 Tokachi-Oki Earthquake.

	Station C					Station B		
	May, 1968					May, 1968		
	11 <sup>d</sup>	12	13	14	15	11 <sup>d</sup>	12	13
09 <sup>h</sup>		1	1	0	2	1	1	
10		0	0	0	0	0	2	
11		0	0	0	0	0	0	
12		1	0	1	0	1	1	
13		0	1	2	1	0	1	
14		0	1	0	2	0	1	
15		1	1	0	2	1	1	
16		1	1	0	2	0	1	
17		0	3	2	2	2	0	
18		2	1	0	0	1	2	
19		1	0	1	1	0	0	
20		0	1	2	4	2	1	
21		1	0	1	0	2	0	
22		2	1	1	3	1	0	
23		0	0	1	3	0	0	
00		2	2	1	3	3		
01		0	1	4	1	1		
02		1	1	0	0	2		
03		0	0	1	1	1		
04		2	0	1	2	0	1	
05		0	0	1	2	0	0	
06		0	0	1	1	0	0	
07		1	0	1	1	1	0	
08		1	1	2	3	2	0	
n	15	16	22	36	5	3	19	11
N*	19	16	22	36	13	14.5	19	19

n: number of earthquakes observed in a day from 09<sup>h</sup>:00<sup>m</sup> to the same time next day.

N\*: reduced daily frequency of earthquakes  $N^* = n \times (24/h)$  (h: record hours in a day).

また5月6日, 9日には宮城県沖にそれぞれ  $M = 4.2$ ,  $M = 4.4$  の地震があり, 5月2日には青森県東方沖に  $M = 5.3$ ,  $4.5$ ,  $4.4$  の地震が発生しており, 青森県東方沖から三陸沖にかけて日本海溝西側の地域は4月下旬から地震活動が異常に激しくなっていたことが示されている (Fig. 8 参照). 従つて海底地震計に記録された前震活動も, これらの地震

ろうかということである. この点について検討してみる.

三陸沖における本格的な海底地震観測は今回がはじめてなので, 常時の微小地震活動の値が未だ揃つておらず, 直接比較することが出来ない. 震源域に最も近い微小地震観測所は北海道大学理学部浦河微小地震観測所であり, 1967年7月から観測が続けられている. 同観測所における地震の日別頻度は<sup>6)</sup>, 倍率 19,000, 固有周期 1.0 秒の光学式記録において, 上下動成分の記録上で振幅 0.5 mm 以上の地震について 3~4 回/day とのことである. この値に較べると, 今回海底地震観測網で記録された頻度は数倍高いようである. 他の地域の地震活動度と較べてみると, 相模湾における1967年の地震活動度<sup>7)</sup> は, 速度振幅 60  $\mu$ kine 以上の地震の日別頻度が 1~2 ケ/日であつた. また筑波における1957年の地震活動度は浅田<sup>8)</sup>の結果を 60  $\mu$ kine 以上の地震の日別頻度に換算すると約 1 ケ/day となる. これらの値と比較すると, 今回の三陸沖海底地震計で観測された前震の微小地震活動度は約 10 倍程度高いということになる.

気象庁の報告<sup>9)</sup>によると4月21日に三陸はるか沖に  $M = 5.8$  の地震が起り多数の余震群活動を伴い, 5月1日には  $M = 5.5$  の地震が起つており (Fig. 8 参照),

6) 本谷義信, 北大浦河地震観測所における地震観測, 1968年6月地震学会講演.

7) S. NAGUMO, *et al.*, *loc. cit.*, 3).

8) T. ASADA, *et al.*, *J. Phys. Earth*, 6 (1958), 23-33.

9) 地震月報前刷, 気象庁.

活動と一連のもので、微小地震の異常に高い活動を表わしているものと考えられる。

次にこれらの前震がどこに起つていたかという問題であるが、残念なことに、A点が未回収で、三点観測網のデータが揃わず、震源位置を決めることが出来ない。それで止むを得ず B 点と C 点の S-P 時間の分布を用い、その組合せから、前震の起つたであろう蓋然的範囲を推定してみると、Fig. 9 の斜線をほどこした地域となる。また B 点と C 点共に記録された6ヶの地震について、それぞれの S-P 時間を用い、大森係数を 8 km として、震央の位置を示してみると、Fig. 10 の二重線分上のどこかにあることになる。Fig. 9, Fig. 10 を参照すると、前震は浦河沖から三陸沖にかけてかなり広範囲に発生し

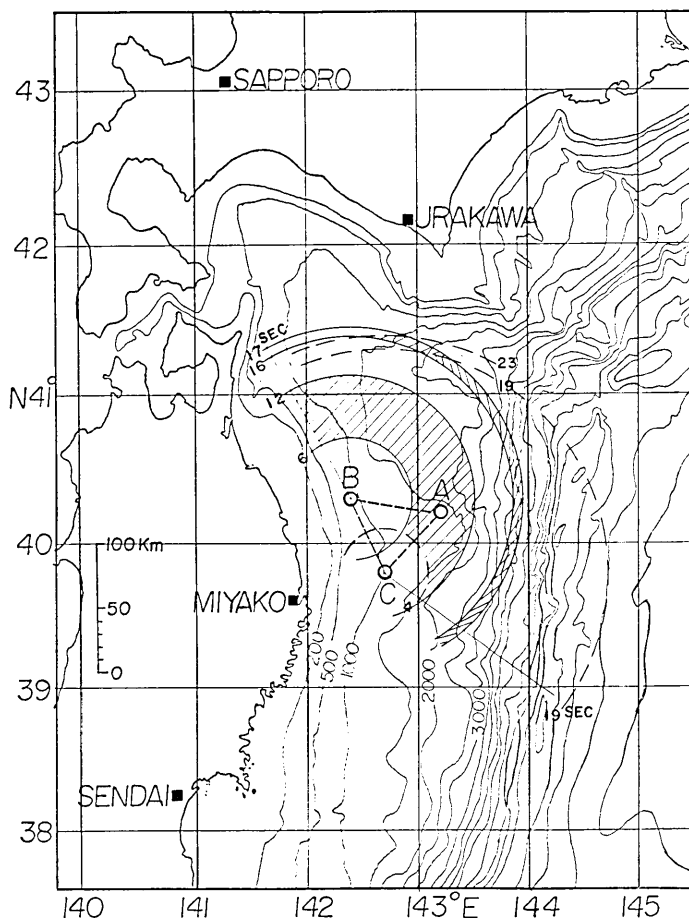


Fig. 9. Probable area of foreshock occurrence of the 1968 Tokachi-Oki Earthquake, inferred from S-P time distribution observed at the ocean-bottom seismographic station B and C.

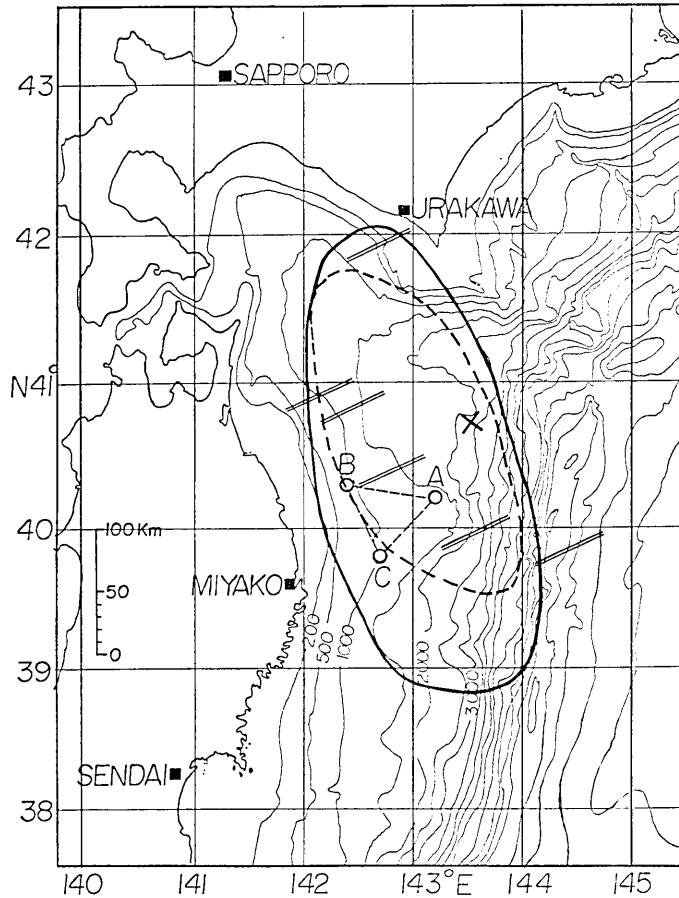


Fig. 10. A double solid line shows the range of probable location of epicentre of foreshock registered simultaneously at ocean-bottom seismographic stations B and C, and calculated by S-P times at both stations. Broken line shows the aftershock area in May of 1968, solid line shows aftershock area in June of 1968.

ていたものと推定される。

Fig. 10 には気象庁発表による5月中の主な余震の分布域を点線にて、同6月中の主な余震の分布域を実線にて示したが、これらを見ると、前震は来るべき余震域の全域に広く発生していたらしいことがうかがわれる。

**前震現象と地殻変動との関係** 以上のような微小地震活動と地殻変動との関係について考えてみる。微小地震の発生は地殻変形の進行の表われに外ならないと考えられるの

で<sup>10)</sup>、今回震源域近くに位置した海底地震計によつて観測された前震活動を地殻変動の活動に言いかえてみると次のようになる。

(1) 地震活動度が高くなつていたということは震源域の地殻変動の速度が速くなつていたことに対応する。

(2) 広い範囲にわたり前震が発生したということは地殻変動がその広い範囲で進行していたということに対応する。

(3) 前震域と余震域とがほぼ対応していたらしいということは余震域の地殻変形がすでに進行を開始していたことに対応する。

今回の1968年十勝沖地震と称される地震は  $M = 7.9$  と言われる。地震の規模がこれ位大きくなると、前兆現象の面積も広くなり、量的にも著しくなり、その前兆の期間も長くなるということは充分注意してよいことであろうし、また地震予知の問題に対しても非常に明るい見通しを与えるものと思われる。勿論、前震現象から本震へいかに推移するかが解明されなければならない。

## 5. 要約および結論

1968年5月、三陸沖の微小地震活動を調べる目的をもつて三陸沖にて海底地震観測を行つていたところ、偶々1968年十勝沖地震 ( $M = 7.9$ ) と称せられる地震が発生し、海底地震計はその本震の前数日間の前震現象を記録したことになつた。現在までの解析の結果、次のようなことが判明してきた。

(1) 5月11日から16日における前震の活動度は、観測点で観測された地震の中で  $30 \mu \text{ kine}$  以上の最大速度振幅を持つ地震の数の日別頻度で表わすと、約  $20 \text{ ヶ/day}$  程度であつた。

(2) この前震の地震活動度は1967年における相模湾、1957年の筑波等、他の地域の常時微小地震活動度にくらべて約10倍程度高いものである。

(3) 前震域は非常に広く、余震域の殆ど全域に対応しているようである。

(4) これらの前震のある観測点で記録された地震動の最大振幅別頻度分布はベキ分布では表わすことが出来ない。

これら微小地震の前震活動は、青森県東方沖から三陸沖にいたる日本海溝西側部において、1968年4月中旬以来続いている異常な地震活動と一連のものと考えられる。

## 謝 辞

おわりに、海底地震計の開発を御推進頂いている萩原尊礼教授に厚く御礼申し上げる。また、観測作業の遂行に絶大な御協力を頂いた東京大学海洋研究所研究船淡青丸島宗秀治船長はじめ乗組員の方々に心から謝意を表する次第である。

10) S. NAGUMO, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, 44 (1966), 1623-1664.

S. NAGUMO and K. HOSHINO, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, 45 (1967), 1295-1311.

68. *Foreshock Phenomena of the 1968 Tokachi-Oki Earthquake  
Observed by Ocean-bottom Seismographs off Sanriku.*

By Shozaburo NAGUMO, Heihachiro KOBAYASHI and Sadayuki KORESAWA,  
Earthquake Research Institute.

While the ocean-bottom seismographic observation was being performed off Sanriku in May of 1968 in order to investigate the seismicity of micro-earthquakes of that area, the 1968 Tokachi-Oki Earthquake ( $M=7.9$ ) happened to occur. The ocean-bottom seismographs have recorded foreshock phenomena during several days before the main shock.

(1) The seismicity of foreshocks from May 11th to 16th was such that the average daily frequency of earthquakes, which were observed at a station and of which the maximum velocity amplitude was larger than  $30 \mu$ kine was about 20 earthquakes per day.

(2) The seismicity of foreshocks is about ten times higher than the normal seismicity of micro-earthquakes in other areas such as Sagami-Bay in 1967 or Tsukuba in 1957.

(3) The foreshock area seemed to be so wide that it almost corresponds to the after-shock area.

(4) The distribution of the number of these foreshocks with respect to the maximum amplitude of earthquake motion of foreshocks recorded at a station cannot be expressed by a power function.

These foreshock activities of micro-earthquakes are considered as a series of abnormal seismic activities in the region along the Japan trench, from the East off Aomori to off Sanriku, since the middle of April 1968.

It may be noticed that the forerunning phenomena will appear wide in area, large in quantity, and long in duration when the scale of the coming main shock is sufficiently large.