

1975 年 6 月 10 日北海道東方沖地震の調査報告*

札幌管区気象台**

550. 341

§1. はじめに

1975年6月10日22時47分頃、北海道東方沖に地震が発生し、各地の震度は、根室、釧路、網走、浦河でIであった。札幌管区気象台は、地震の規模を7よりやや小(6.8~6.9)と推定し、被害津波を伴う地震とは判断せず津波警報を発表しなかった。しかし、現実には根室半島花咲港に高さ95cmの津波が押し寄せ、その後に津波警報を発表するという事になった。この為、社会的にも関心を集め、津波予報をめぐる批判も多く寄せられ、技術的にも検討しなければならない問題も多かった。従って、本報告では今後の検討材料となる点を中心にまとめた。

地震課で決定した震源は下記の通りである***。

震源時 6月10日22時47分07.4秒±1.1秒
震央 148°13' E ±06', 42°46' N ±03'
深さ 0 km
規模 (7.0)

なお、気象庁における規模決定は、通常、周期5.0秒以内の最大振幅を使用しているが、この地震では、ほとんどの観測点で周期が5.0秒をこえるため、周期12.0秒以内の最大振幅を振動倍率で補正し、計算に使用している。津波は、根室半島を始めとして、北海道・本州・四国・九州の太平洋沿岸、北海道のオホーツク海沿岸にも及んだが、被害は全くなかった。

§2. 地震の規模

Fig. 1は、この地震について各観測点の最大振幅と震央距離(1000 km以内)との関係を示している。図の縦軸は最大振幅で、地盤係数・振動倍率の補正をしていない。●印は周期5.0秒以内、○印は5.0秒をこえる資料を示した。横軸は震央距離で、500 km以内は北海道の、

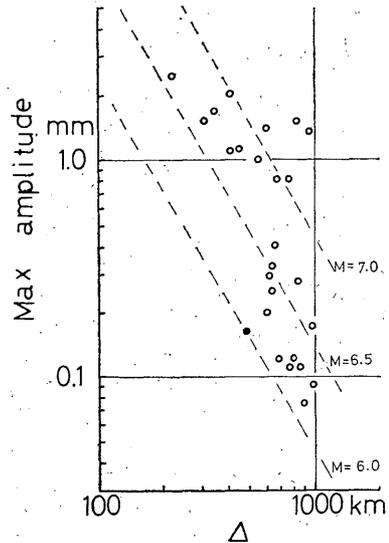


Fig. 1. 1975年6月10日の本震の最大振幅と震央距離との関係。

●: 周期 ≤ 5.0秒, ○: 周期 > 5.0秒

600 km 以上は主として東北地方の観測点の値である。

Fig. 2は、1975年6月14日03時08分頃の最大余震(震源; 147°30'E, 42°54' N, $h=0$ km, $M=6.5$)の最大振幅と震央距離との関係を示した。この最大余震の震度は、根室、釧路でII、網走、帯広、浦河、八戸でIとなり、本震と比較して震度・有感距離とも大きかったが、津波は全く観測されなかった。

Fig. 1 と Fig. 2 とを比較してみると、最大振幅でもみかけの規模でもほとんど同程度である。しかし、前者に津波があり後者に津波がなかったことは、これらの地震の場合に、津波予報の判断の主要素である最大振幅や規模以外の要素を考えなければならないことを示唆している。Fig. 1 と Fig. 2 との顕著な相違は、本震の最大振幅の周期が、最大余震と比較して著しく長く、ほとんどが8~16秒の範囲にある点である。このことから、長周期の震動を持つ地震と、津波とは、密接な関係を有すると推定することができる。しかし、津波予報への定量

* Sapporo District Meteorological Observatory: Report on the Earthquake Off E Coast of Hokkaido, June 10, 1975 (Received July 10, 1976).

** 石黒長蔵, 梶田実 (現稚内地方気象台), 笹川巖, 清野政明, 横内恒雄。

*** 観測結果は気象庁地震月報昭和50年6月号参照のこと。

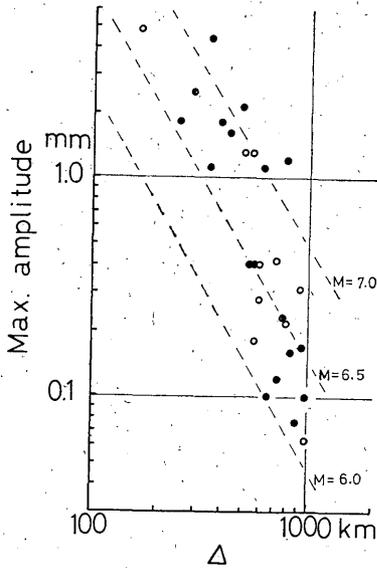


Fig. 2. 1975年6月14日の最大余震の最大振幅と震央距離との関係
●: 周期 ≤ 5.0秒, ○: 周期 > 5.0秒

的应用となると、測器・調査研究のいずれの面も問題が多い。

なお、本震の規模は、§1 にふれたように現在の気象庁の方法では旭川の最大振幅しか使用できず、この1点だけからでは $M=6.0$ となり、資料の数、値のいずれをみても適当なものとならない。従って、気象庁地震課では、相当数の資料を生かす為に周期12.0秒以内の最大振幅を振動倍率で補正して規模を決定する方法をとり、 $M=7.0$ と決定した。しかし、周期12.0秒以上の資料を加えると地震の規模はさらに大きくなるという点、過去の津波を伴った地震の規模と同列には比較できない点などの問題があろう。長宗・中礼 (1975) は、本震の地震波から数十秒~数百秒の長周期の波をとり出し、過去の地震と比較して $M=6.9\sim 7.1$ と推定し、この地域で地震の震源が海溝に近いほど津波が大きくなり易いことを指摘している。

§3. 発震機構

本震および6月14日03時08分ごろの最大余震の発震機構を、気象庁の観測結果と USGS のデータ報告から調査した。

本震のP波初動は日本と同様に世界各地のそれも不明りょうらしく、得られた結果は82に過ぎず、しかも混乱

して、妥当な節線を引くことは出来なかった。このことは、本地震の特異性を示唆するものであって、長周期地震計記録のS波や表面波に基づくメカニズムの研究が望まれる。

一方、最大余震に対しては、世界各地から160以上のP波押し引きが報告されている。これから次のような発震機構が推定できる。

	走向	dip
節面 A	N27°E	70°
“ B	N84°W	45°
	方向	軸の傾き
圧力	N34°W	75°
張力	N73°E	42°
断層型	逆断層	

なお、このメカニズムは、この付近に発生した地震のメカニズムの平均的な状態とよく調和している (Ichi-kawa, 1971)。

§4. 余震活動

Fig. 3 は、根室の67型磁気テープ式地震計によって観測された余震活動で、本震発生後1ヶ月間の日毎の余震数の変化を示した。余震数は、6月14日の最大余震、6月23日の余震 ($M=6.0$) の直後にピークを示しながら減衰し、7月下旬には少なくなっている。

Fig. 4 は、本震が発生してから6月末日まで、気象庁で決定した余震の震央分布図である。図中◎印は本震、○印は $M \geq 6.0$ の余震を表わしている。破線で示された余震域は、長径130 km、短径75 kmの楕円で、面積は $7.7 \times 10^3 \text{ km}^2$ となる。UTSU (1969) により求められた地震規模と余震域の面積との関係からみると、今回の地震規模を7.0としてこの面積は平均的値の約4倍と大

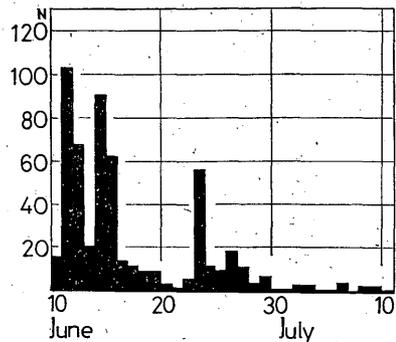


Fig. 3 日毎の余震数の変化

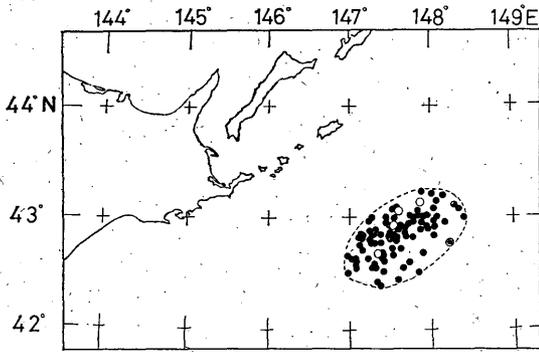


Fig. 4. 本震および余震の震央分布図
 ◎: 本震, ○: $M \geq 6.0$ の余震

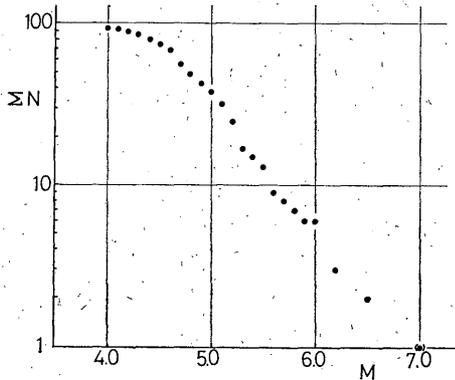


Fig. 5. 余震の規模別累積頻度分布
 (●): 本震

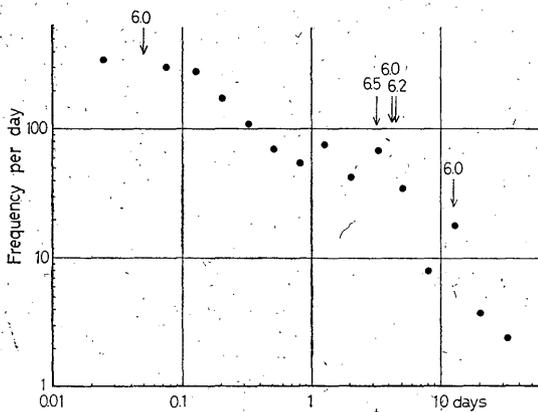


Fig. 6. 日単位の余震の度数分布

は93個あり, Fig. 5は地震の規模と累積度数との関係を示している。この余震活動でも, $M \geq 4.6$ で Gutenberg-Richter の式

$$\log(\Sigma N) = a - bM$$

を適用でき, $b=0.88$ となり, 通常余震の値と変りはない。

Fig. 6は, 縦軸に日単位に換算した地震数, 横軸に本震発生後の日数をとっているが, これは改良大森公式

$$N(t) = \frac{A}{(t+c)^p}, \quad (A, p, c \text{ は常数}),$$

で近似できるはずである。しかし, 今回の地震では最大余震がこの関係をかかなり乱しているので, この部分を除いて平滑化すれば $p=0.85$ となる。この値は, 過去の地震の例 (0.9~1.5) と比較してやや小さい。

§5. 津波

本震による津波は, Tab. 1 に各地の観測結果を示したように, 日本の太平洋沿岸一帯, 伊豆・小笠原諸島, 北海道オホーツク海沿岸という広い範囲で観測された。又, Tab. 1 の他に, 尾鷲, 浦神, 舞阪, 油津の各検潮所でも津波とみられる潮位変化が観測されている。Fig. 7は, 根室測候所の現地調査による根室半島周辺の津波の状況である。花咲港以外で津波が大きかった所は, 落石港で高さ 80 cm 程度, 最高水位は23時45分頃であった。羽鳥 (1975) によると, 津波の規模階級は 1.5 と見積られ, 1973年6月17日の根室半島沖地震 ($M=7.4$) による津波と同程度となる。

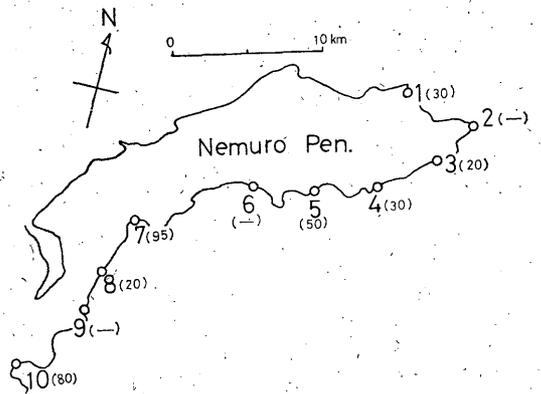


Fig. 7. 根室半島周辺の津波の高さ (根室測候所)
 1. 温根元 2. 納沙布 3. 瑠璃瑠 4. 齒舞
 5. 沖根婦 6. 友知 7. 花咲 8. 長節
 9. 昆布盛 10. 落石
 () 内は津波の高さ (単位: cm)

きい。

本震発生後6月末まで, 気象庁で規模を決定した地震

Tab. 1. 津波観測表

検潮所	第1波(初動)					津波の高さの最大				最大波高				記事 所 属	
	到時	着刻	走時	山谷の出現時刻	押し(+) 引き(-)	発時	現刻	高さ	周期	発時	現刻	波高	周期		
	h	m	m	h	m	cm	h	m	cm	m	h	m	cm	m	
花 咲	23	29	42	23	34	+81	23	54	95	8	23	54	182	8	気 象 庁
釧 路	23	36	49	23	43	+7	03	31	13	31	03	31	22	31	気 象 庁
十 勝	23	45	58	23	51	+27	23	51	32	10	04	03	49	13	北海道開発局
浦 河	—	—	—	—	—	—*	02	56	38	12	02	56	67	12	海上保安庁
室 蘭	—	—	—	—	—	—*	03	33	3	15	03	33	5	15	北海道開発局
森	—	—	—	—	—	—*	05	40	4	10	06	02	7	12	北海道開発局
網 走	00	30	103	00	34	+10	01	56	16	4	01	56	24	4	気 象 庁
稚 内	02	08	201	02	11	+1	03	05	2	6	02	28	3	5	気 象 庁
八 戸	00	06	79	00	10	+14	00	21	22	9	00	36	32	7	気 象 庁
宮 古	23	42	55	23	58	+19	23	58	19	10	01	41	23	12	気 象 庁
大 船	23	55	68	00	00	+12	08	26	18	5	08	55	33	5	気 象 庁
鮎 川	00	12	85	00	17	+12	02	20	14	7	02	11	23	9	気 象 庁
小 名	00	30	103	00	33	+5	02	33	13	15	10	26	31	15	気 象 庁
八 重	00	51	124								06	30	18	5	気 象 庁
神 津	00	36	109				03	57	10	5	04	00	14	6	海上保安庁
三 宅	00	40	113				07	37	20	5	07	37	38	5	海上保安庁
父 島	01	10	143	01	16	+4	01	49	22	20	01	49	50	20	気 象 庁
土 佐	02	30	223				05	05	10	5	08	01	17	4	気 象 庁

* 潮汐の副振動のため津波のはじまり時刻は不明

Tab. 1 で、比較的明瞭な第1波を持つ観測点から逆伝播図を用いて津波の波源域を推定した結果が、Fig. 8 である。図の破線は Fig. 4 できめた余震域である。日本の太平洋沿岸の資料だけでは波源域全体を推定できな

いが、Fig. 8 から判断して波源域の南東側限界は、147.3°E, 42.7°N 付近であろう。しかし、これと余震域とは一致せず、約 40 km のずれが生じている。このずれは、逆伝播図の誤差や震央の誤差などが関係していると思われる。

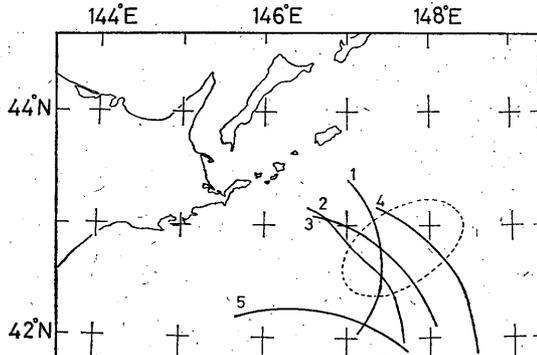


Fig. 8 逆伝播図の最終波面と余震域
 1. 花咲 2. 釧路 3. 広尾(十勝港)
 4. 八戸 5. 父島

§6. 過去の津波について

Tab. 2 は 1952 年から 1975 年までに北海道東方海域で発生した津波地震である。地震の規模別にみると、 M が 6.3 で津波を伴うものもあれば 7.1 で伴わないものもある。震源が 90 km 以浅の、 M が 6.3 以上の地震で、津波がなかったものは 21 個あった(注)が、 $M \geq 7.2$ の地震は大きさはともかく津波を伴っている。これらの中で、今回の地震と良く似た地震は、1963年10月20日のエトロフ沖地震で、規模の割には津波が大きく、地震波の最大振幅の周期も 12 秒前後の観測点が多かった。

日本周辺海域に発生した、震源が 90 km 以浅の地震(注)

(注) 但し、1952~1960年の、深さ 70~90 km の地震は、資料として入っていない。

Tab. 2. 北海道東方海域における津波を伴った地震 (1952~1975年)

年	月	日	時	分	場 所	緯度(N)	経度(E)	深さ(km)	M	津波の高さ
1958	11	7	07	58	エトロフ島付近	44.3	148.5	80	8~8¼	3m(エトロフ), 1.1m(霧多布)
1961	2	13	06	53	北海道東方沖	43.2	147.9	80	6.6	6 cm (花咲)
	8	12	00	51	根室半島南東沖	42.9	145.6	80	7.2	7 cm (花咲)
	11	15	16	17	根室半島南東沖	42.7	145.6	60	6.9	7 cm (花咲)
1963	10	12	20	26	エトロフ島付近	44.9	148.9	0	6.3	3 cm (エトロフ)
	10	13	14	17	エトロフ沖	43.8	150.0	20	8.1	4.4m (ウルップ), 71 cm (気仙沼)
	10	20	09	53	エトロフ沖	44.1	150.1	0	6.7	10~15m (ウルップ), 25 cm (八戸)
1964	7	24	17	14	千島中部東方沖	45.8	153.4	20	6.4	8 cm (マツア), 4 cm (花咲)
1965	6	11	12	34	北海道東方沖	43.7	148.8	0	6.4	5 cm (広尾)
1968	1	29	19	19	根室半島南東沖	43.2	147.0	30	6.9	13 cm (花咲)
1969	8	12	06	28	北海道東方沖	42.6	147.6	30	7.8	129 cm (花咲)
1973	6	17	12	55	根室半島南東沖	43.0	146.0	40	7.4	2.8 m (花咲)
	6	24	11	43	根室半島南東沖	43.0	146.8	30	7.1	64 cm (花咲)
1974	9	27	14	47	根室半島南東沖	42.8	146.7	30	6.6	22 cm (花咲)
1975	6	10	22	47	北海道東方沖	42.8	148.2	0	(7.0)	95 cm (花咲)

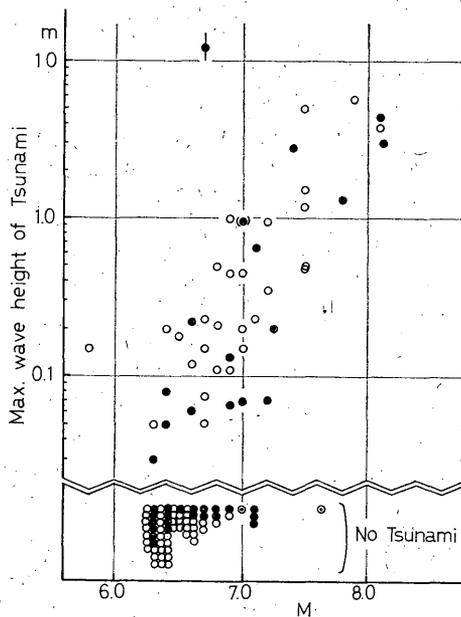


Fig. 9. 日本周辺海域における地震規模と津波の高さ (1952~1975年).

●: 北海道東方海域 ○●: 沖繩海域 ○: 他海域 (●): 今回の本震

の規模と津波の高さとの関係は、Fig. 9 に示したように明らかな相関を持っている。従って、津波の量的予報にとり地震の規模を決定することは重要である。しかし、

同じ M に対して津波の高さは 1~2 桁のバラツキを有し、特に北海道東方海域がバラツキを有し、特に北海道東方海域がバラツキを大きくしている (沖繩海域も同傾

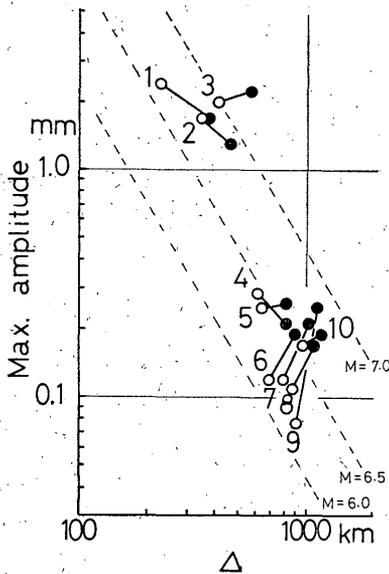


Fig. 10. 本震と1963年10月20日のエトロフ沖地震との最大振幅の比較.

- : 1975年6月10日 ●: 1963年10月20日
 1. 根室 2. 網走 3. 帯広 4. 八戸
 5. 函館 6. 大船渡 7. 仙台 8. 福島
 9. 小名浜 10. 水戸

向をもつ)。そのために、この海域では津波の量的予報が他海域と違った困難な要素を持つと言えよう。その原因は、この海域の地震の震源や規模の誤差が大きくなること、発震機構の特徴などを考えることができよう。

Fig. 9の(●)印は今回の地震であるが、この図からみてMの割に津波が特に大きいようにはみえないが、他の地震とMの決定方法が違っているので同列には論じられない。今回の地震と1963年10月20日のエトロフ沖地震とを比較するために、観測点毎に両地震の最大振幅の周期差が±50パーセント以内のものを選び、長周期の資料を生かしたものがFig. 10である。図中、○印が今回の地震の最大振幅、●印が1963年10月20日のエトロフ沖地震の最大振幅で、地盤係数、振動倍率の補正はされ

ていない。これから判断して、今回の地震は1963年の地震よりMで0.3程度小さいといえる。従って、1963年の地震(M=6.7)と比較する限り、今回の地震はM=6.5程度に算定される。このことは、Fig. 9のような調査をする場合、今回の地震をM=7.0と決めるならば、他の地震も同じ方法でMを決め直して比較する必要があることを示唆している。

なお、過去の北海道周辺海域で、地震の規模に比較して津波が大きいと思われる地震は、Tab. 3の通りである。ただし、古い地震のMは検討し直す必要もあるようで、1803年の色丹沖地震は理科年表(1976)によるとM>7.5と推定されている。1940年の神威岬沖地震は、札幌・仙台・名古屋・神戸・福岡の最大振幅を選び、

$$M = 1.73 \log \Delta + \log A - 0.83$$

を用いて平均を求めるとM=7.6になる。今回の地震や津波を調査し、津波予報に役立てるために、過去の参考にすべき地震も幾つかあるが、地震の規模などを改めて調査することも必要であろう。

§7. むすび

今回の地震は幸いに被害は全くなかった。しかし、港湾によっては高さ1m程度でも小被害はありうるし、今回の地震よりやや大きいものももっと北海道近くで発生した場合、津波の被害も大きくなると思われる。

北海道東方海域の地震は、観測点の分布からみて、震源要素や規模の誤差が大きくなり易い。その為、M<7.1程度の地震に対する津波予報は他の海域と違った難しさを持っている。また、長周期地震波を津波予報に利用する問題は地震計など測器から改善する必要もあろう。しかし、現用の地震計から得られる資料によっても、津波予報に定量的議論ができるような調査研究が急がれる。

おわりに、本調査報告を出すに当って御協力いただいた北海道大学理学部地球物理学教室、気象庁地震課の関係者に厚くお礼申し上げる。

Tab. 3

年	月	日	場 所	M	津波の高さ
1893	6	4	色丹島沖	6.6	2.5m (色丹)
1940	8	2	神威岬沖	7.0	約 3m (利尻島)
1947	11	4	留萌沖	7.0	2m (利尻島)
1956	3	6	北海道北東沖	5.8	20 cm (網走)
1971	9	6	サハリン南西沖	6.9	約 1m (ジエブエノ)

参 考 文 献

- 羽鳥徳太郎 (1975) : 1973年根室半島沖津波とその後の津波活動, 地震, 28, 461~471.
- Ichikawa, M. (1971) : Reanalyses of Mechanisms of Earthquakes which Occurred in and near Japan and Statistical Studies on the Nodal Plane Solutions Obtained, 1926~1968, Geophys. Mag., 35, 207~274.
- 長宗留男・中礼正明 (1975) : 1975年6月10日の北海道東方沖の地震の大きさと津波の規模, 験震時報, 40, 105~107.
- UTSU, T. (1969) : Aftershocks and Earthquake Statistics (I), J. Fac. Sci. Hokkaido Univ., Ser. VII, 3, 129~195.

資 料

(1) 地震記録集

記録を収集した地震は次の二つである.

1975年6月10日22時47分

1975年6月14日03時08分

強震計記録

$V=1$, $T_0=(H: 6 \text{ sec.}, Z: 5 \text{ sec.})$, $v=8$

54型普通地震計記録

$V=50$, $T_0=2 \text{ sec.}$, $v=8$

59型直視式電磁地震計記録

$V=100$, $T_0=5 \text{ sec.}$, $h=0.55$

61型直視式電磁地震計記録

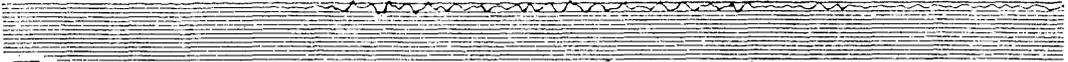
$V=200$, $T_0=10 \text{ sec.}$, $h=0.55$

(2) 津波記録集

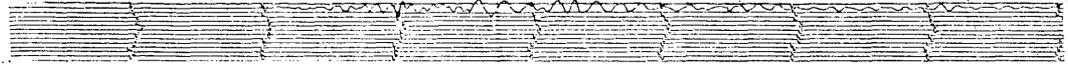
1975年6月10~11日

NEMURO

S



E

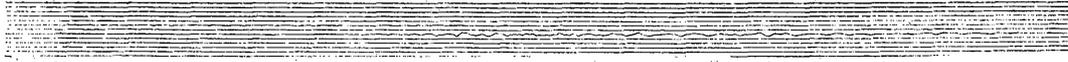


D



ASAHIKAWA

N



W



D



SUTTSU

N



W

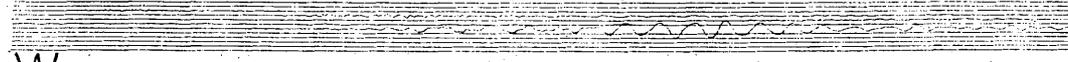


D



URAKAWA

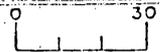
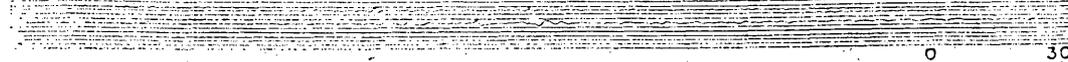
N



W



D



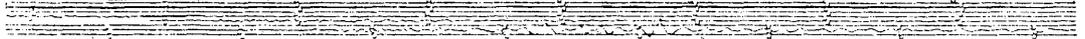
6月10日の地震，強震計記録

ABASHIRI

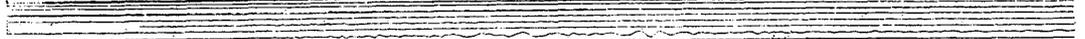
N



W



D



MORI

E



N

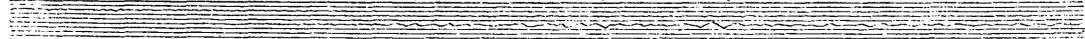


D



SAPPORO

E



N



D



MURORAN

E



N



D



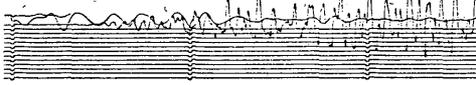
6月10日の地震，強震計記録

ASAHIKAWA

N



E

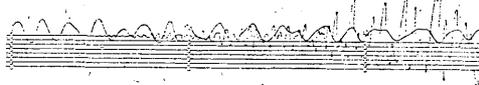


U

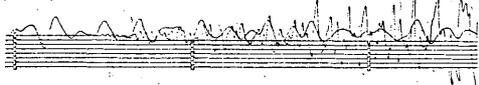


SAPPORO

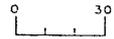
N



E

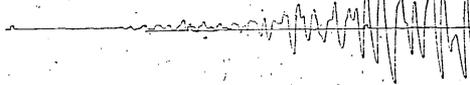


U

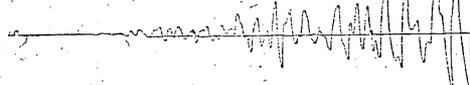


RUMOI

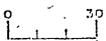
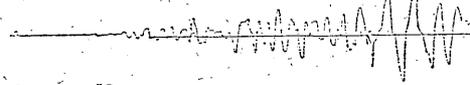
N



E

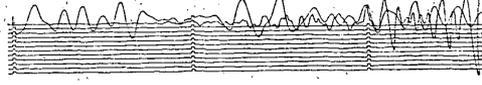


U

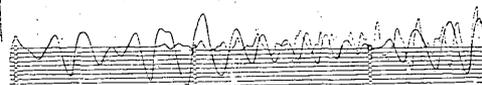


WAKKANAI

N



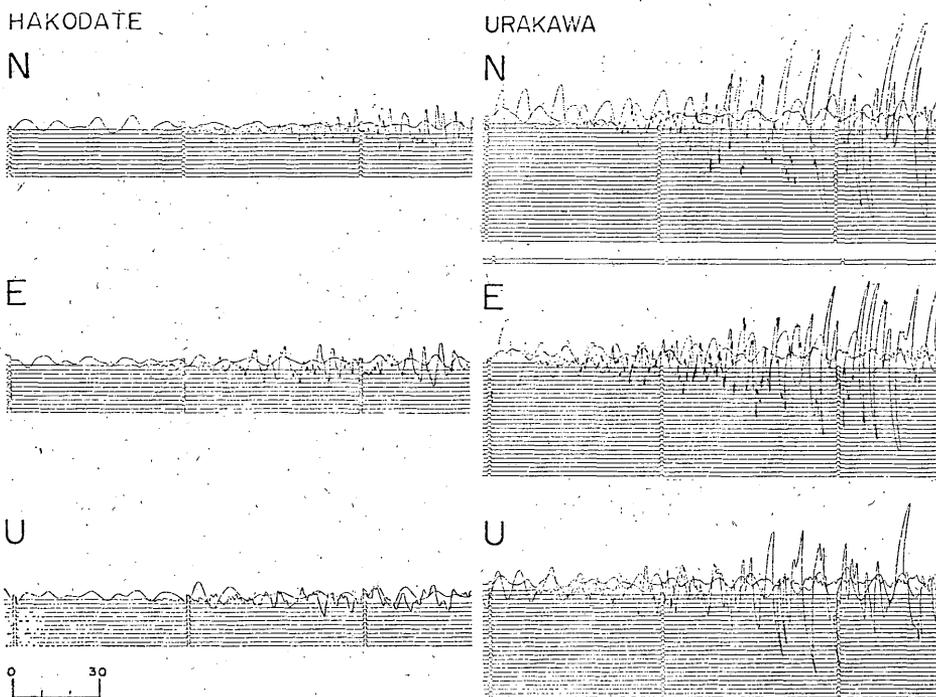
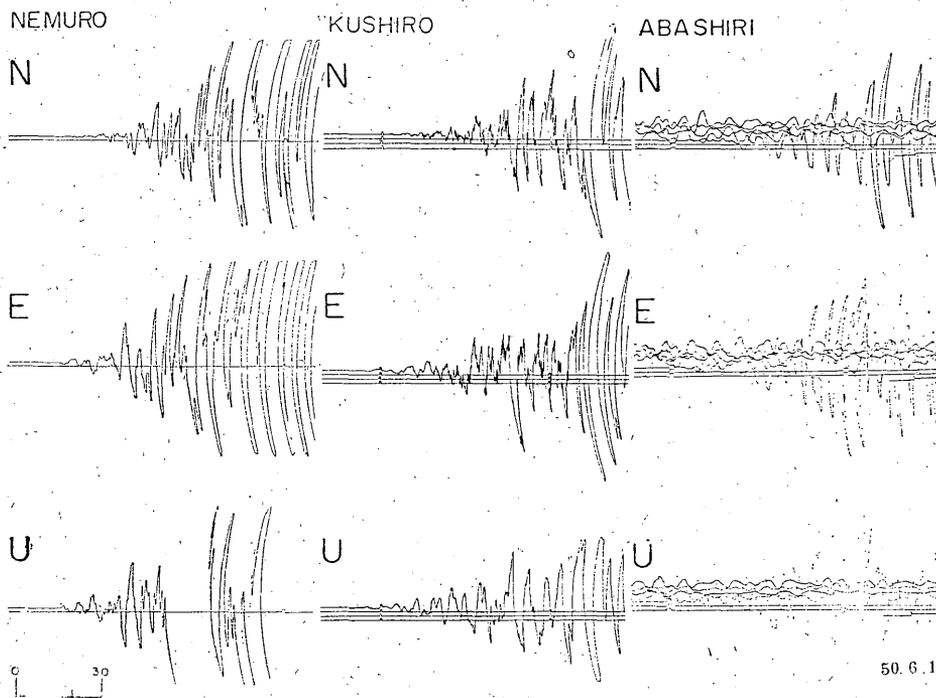
E



U



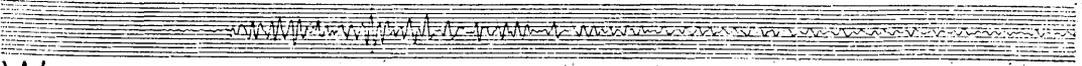
6月10日の地震, 59型直視式電磁地震計記録



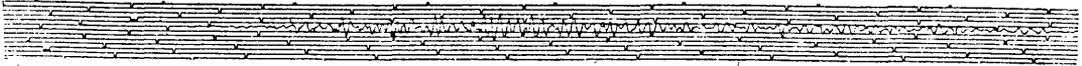
6月10日の地震, 59型直視式電磁地震計記録

OBIHIRO

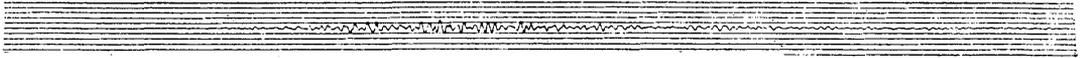
N



W



D



ABASHIRI

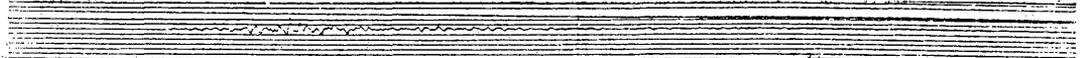
N



W

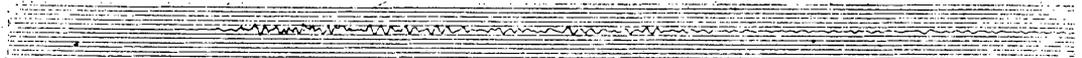


D



KUSHIRO

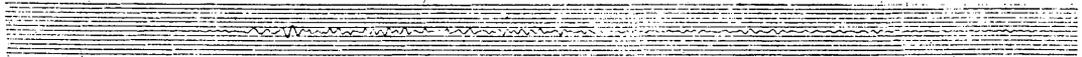
N



W



D

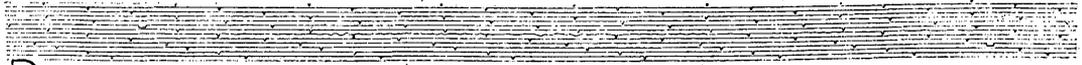


HAKODATE

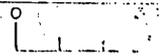
N



W



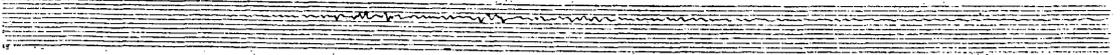
D



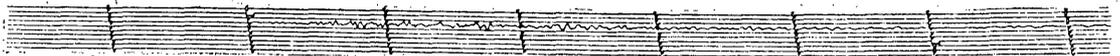
6月14日の地震，強震計記録

SAPPORO

E



N

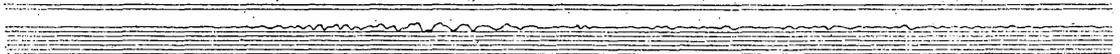


D



WAKKANAI

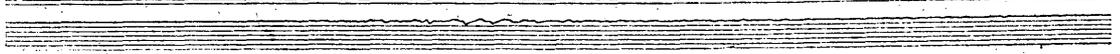
W



S



D



NEMURO

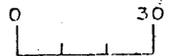
S



E

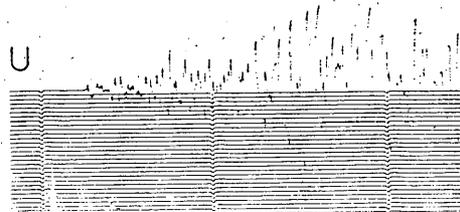
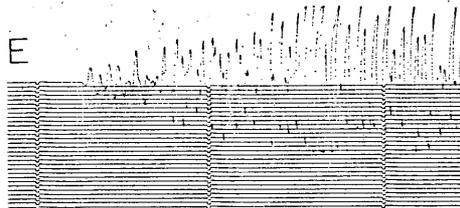
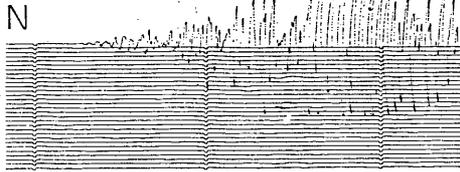


D

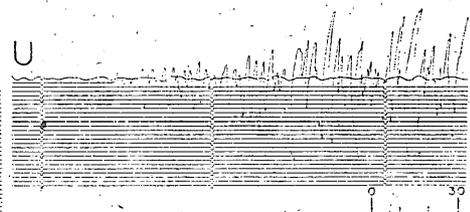
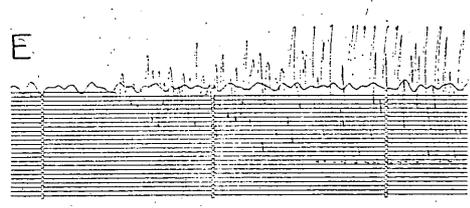
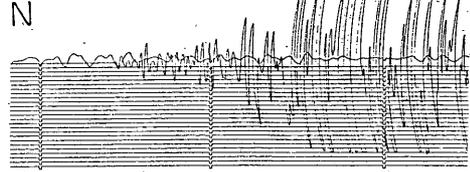


6月14日の地震、強震計記録

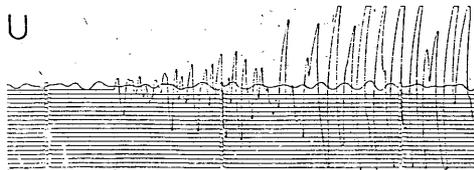
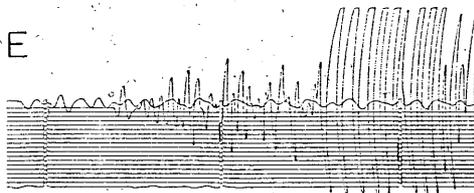
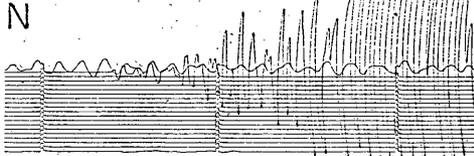
ASAHIKAWA



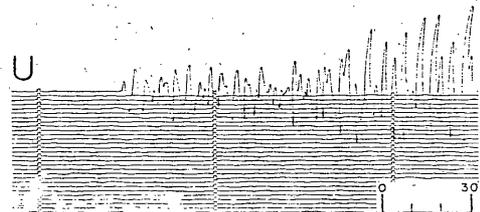
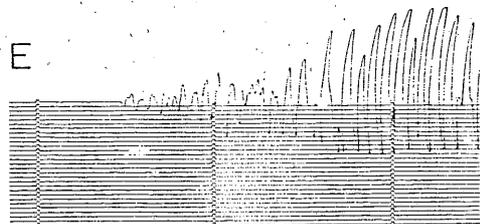
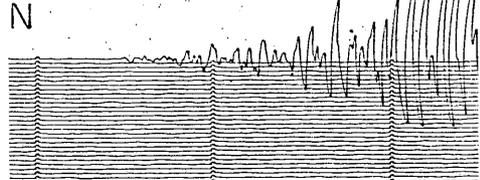
SAPPORO



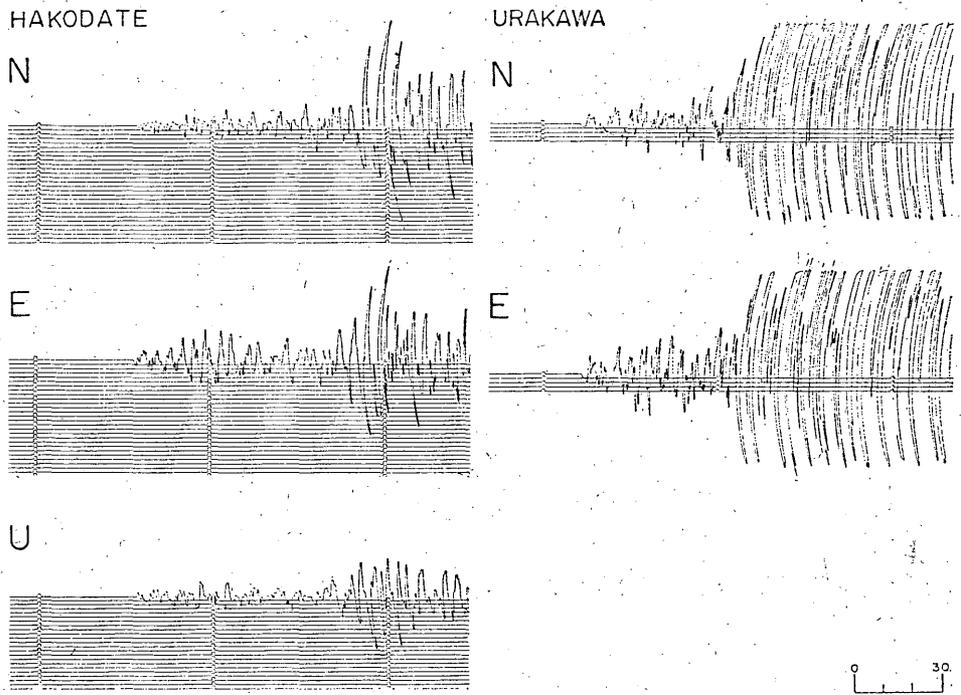
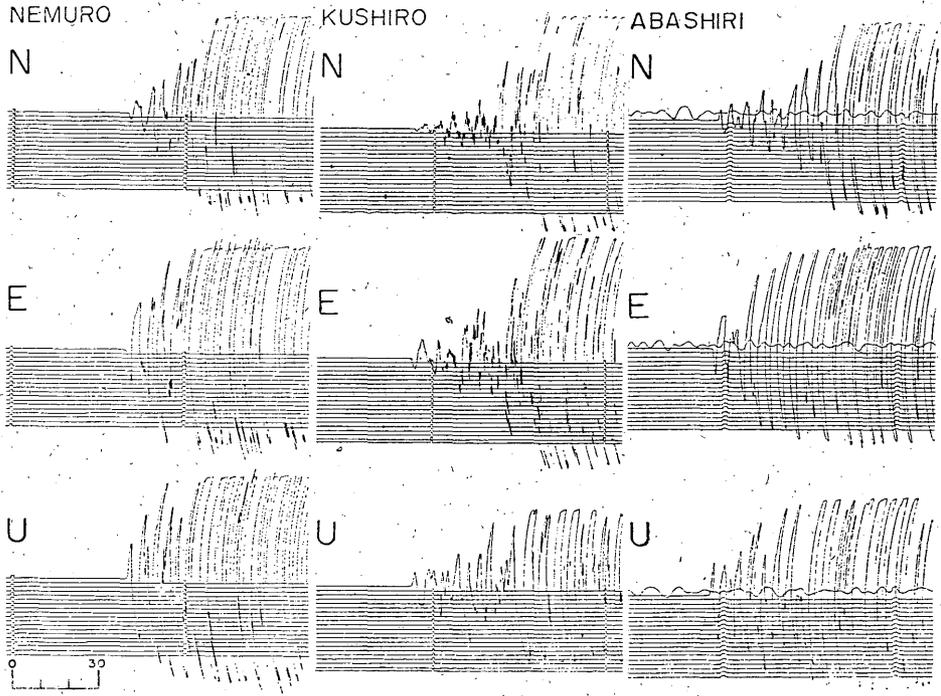
RUMOI



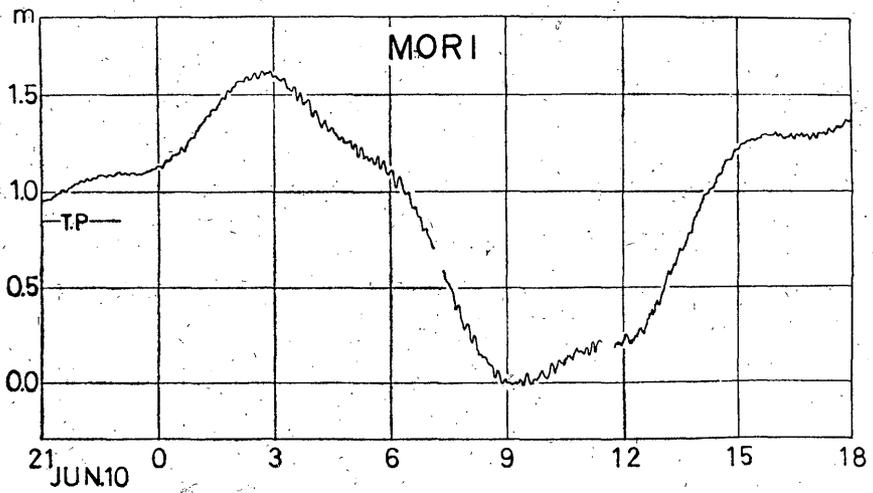
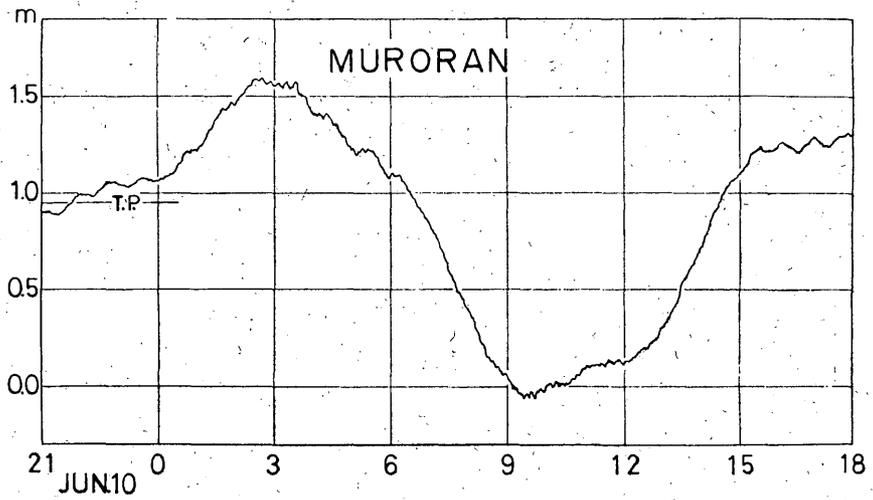
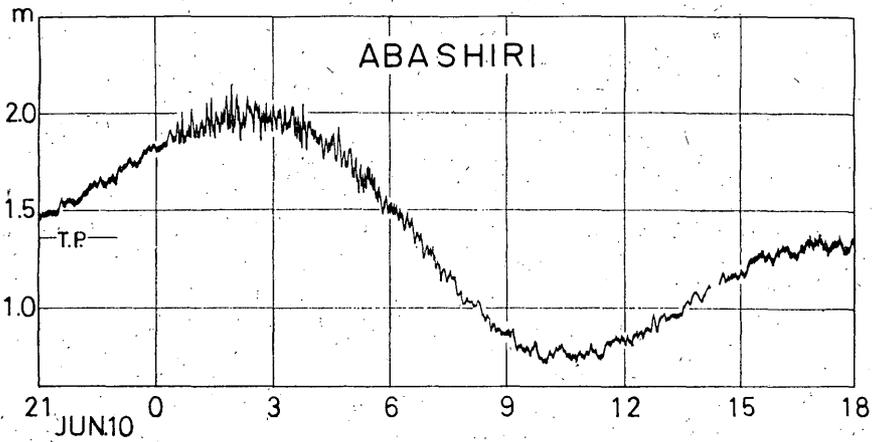
WAKKANAI



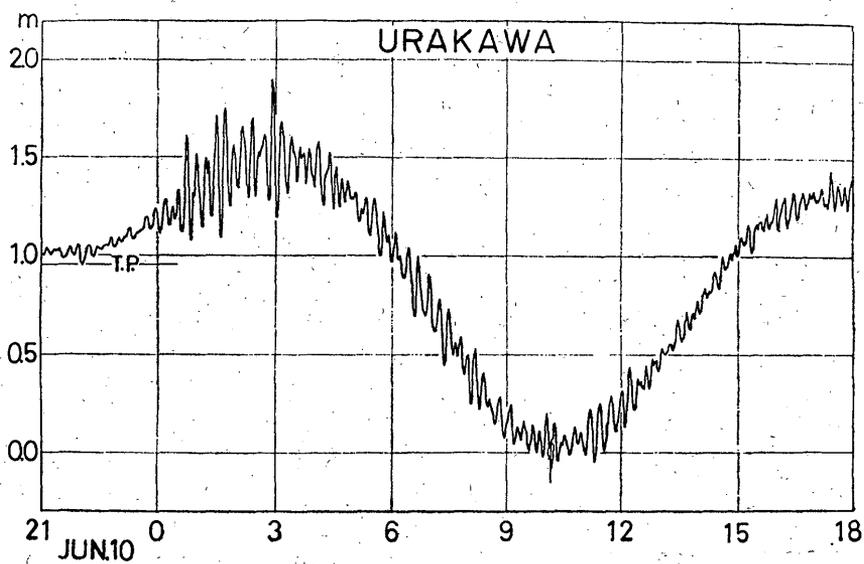
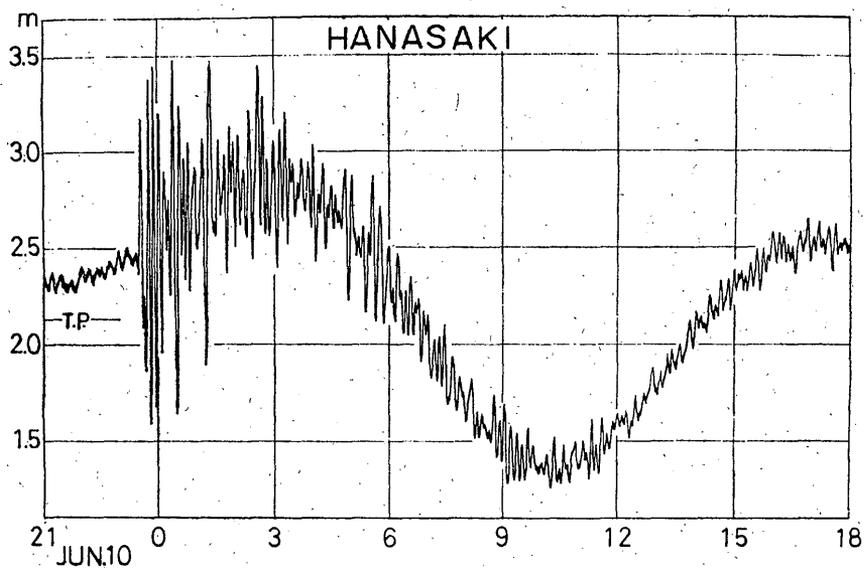
6月14日の地震, 59型直視式電磁地震計記録



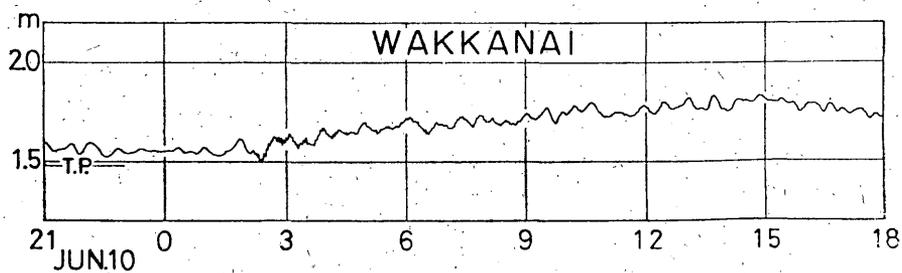
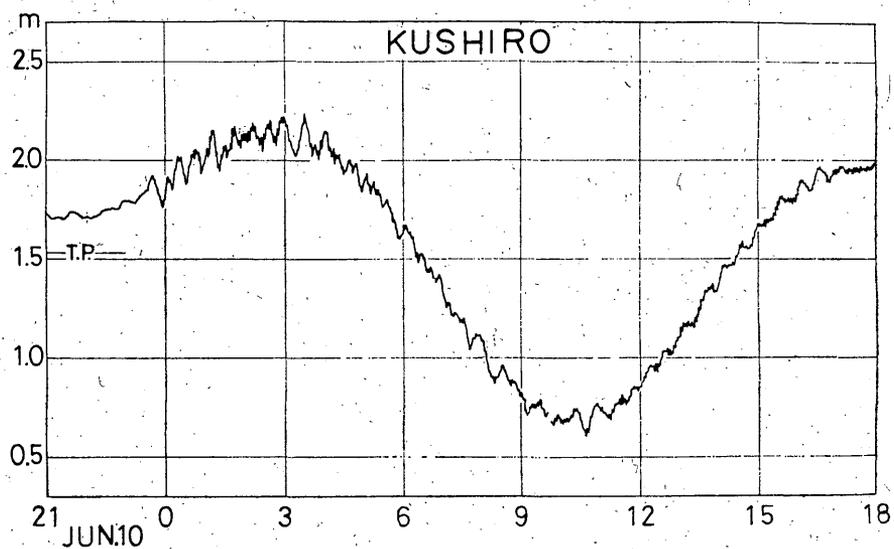
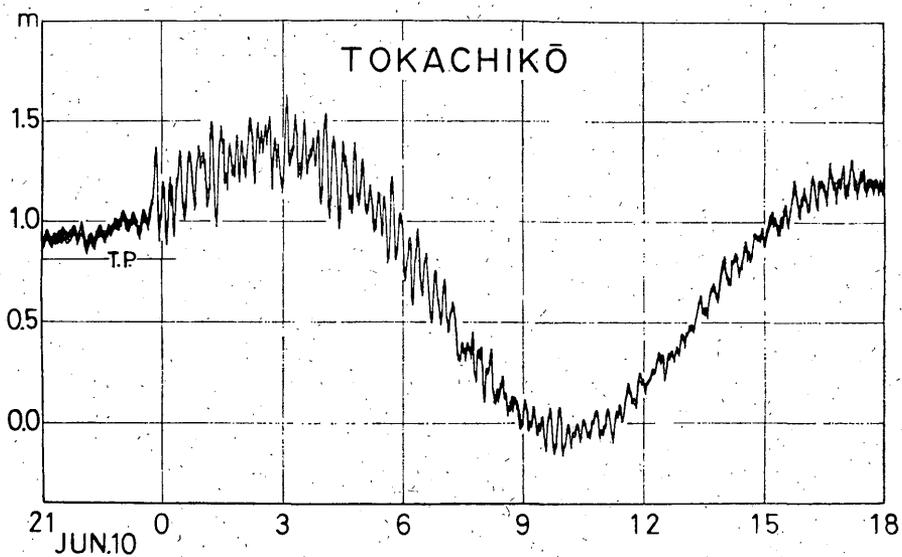
6月14日の地震, 59型直視式電磁地震計記録



6月10~11日の津波記録



6月10—11日の津波記録



6月10~11日の津波記録