

天ヶ瀬地殻変動観測所における地殻変動観測 (第2報)

高田 理夫・古沢 保・竹本 修三・山田 勝

ON THE OBSERVATION OF THE CRUSTAL DEFORMATION AT AMAGASE OBSERVATORY (2)

By *Michio TAKADA, Tamotsu FURUZAWA, Shuzo TAKEMOTO*
and *Masaru YAMADA*

Synopsis

At the Amagase Crustal Deformation Observatory, for the purpose of investigating the relations between crustal deformations and earthquake occurrence and finding out some clues for earthquake prediction, since Apr., 1967, the continuous observations of ground-strain and ground-tilt are being carried out by the super-invar-bar extensometers, the super-invar-wier extensometer, the tiltmeters of horizontal pendulum type and the watertube tiltmeters. The instruments have been gradually increasing in number year after year and at present, the earthquake observations are being carried out by the short period seismographs, the long period seismographs and the strain seismograph, in addition to the observations of ground-strain and ground-tilt.

In this paper, the results of some observations on crustal deformation and earthquakes occurring in the vicinity of the Amagase Observatory are reported and discussed them.

1. 序

天ヶ瀬地殻変動観測室は、宇治市槇島槇尾山 (東経 $135^{\circ}50'$, 北緯 $34^{\circ}53'$) の関西電力株式会社の旧志津川発電所の導水隧道を改修したもので、昭和42年6月から本格的な観測を開始した (Fig. 1 参照)。現在、同観測室には、ローラー型のスーパー・インヴァール棒伸縮計7台 (うち6台は直交3軸方向とこれらの2軸と斜交する方向とを測定する6成分伸縮計)、佐々式スーパー・インヴァール線伸縮計1台、水平振子型傾斜計4台、水管傾斜計2台、歪地震計兼用型の水晶管伸縮計1台、長周期地震計3台 (水平2, 上下1)、短周期地震計3台 (水平2, 上下1) を設置し観測を行なっている (Fig. 2, Table 1 参照)^{1), 6), 7)}。また、本隧道は全長約1.8 km, 勾配1/1,300の直線隧道であり、隧道内に4個の光波測量標石を埋設し、適時光波測量を反復実施している。今回は観測開始以来7年間の伸縮計と水平振子型傾斜計の観測結果と主としてローラー型のスーパー・イン

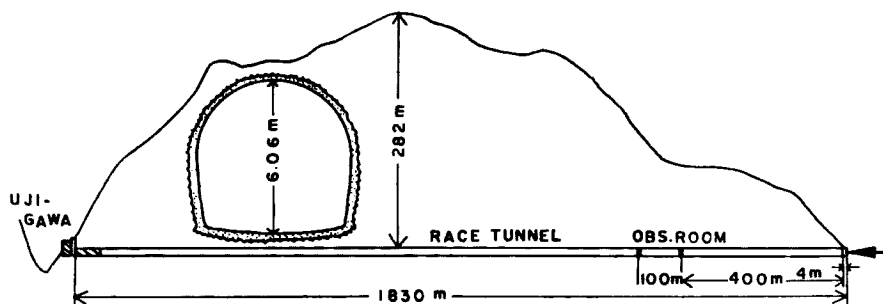


Fig. 1. Vertical section along the race tunnel.

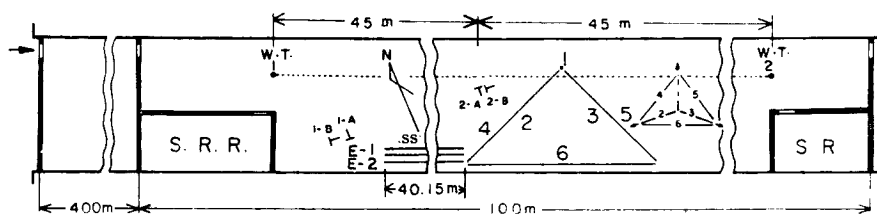


Fig. 2. Disposition of observing instruments interior the observation room.

(Marks:-See Table 1.)

S.R.:—Seismometer room, S.R.R.:—Seismomorphological recording room.

Table 1 List of observing instruments.

Observing instrument	Mark	Azimuth	Span or Period	Sensitivity
Super-Invar-Bar Extensometer	E—1	N68° W Horizontal	40.24 ^m	$6.09 \times 10^{-9}/\text{mm}$
Super-Invar-Bar Extensometer (6 Component)	1	Vertical	5.80	$3.59 \times 10^{-8}/\text{mm}$
	2	N67° E Horizontal	5.54	3.84 //
	3	N22° W Horizontal	5.54	3.84 //
	4	N67° E Dip-55° S	8.10	2.51 //
	5	N22° W Dip-55° S	8.10	2.50 //
	6	N68° W Horizontal	8.15	2.79 //
Super-Invar-Wire Extensometer (Sassa type)	E—2	N68° W Horizontal	40.24	$2.41 \times 10^{-9}/\text{mm}$
Tiltmeter with horizontal pendulum of Zöllner suspension type	P. T. 1—A	W	26.92 ^{sec}	$1.51 \times 10^{-2}''/\text{mm}$
	P. T. 1—B	N	24.24	1.90 //
	P. T. 2—A	W	24.76	1.81 //
	P. T. 2—B	N	35.36	1.76 //
Water-tube type tiltmeter	W. T. 1—2	N68° W	90.0 ^m	2.30 //
Strain Seismograph	SS	N68° W Horizontal	40.24 ^m	$1.20 \times 10^{-9}/\text{mm}$
Seismograph (Short period)		Z	1.0 ^{sec}	
		NS	//	
		EW	//	
Seismograph (Long period)		Z	20.0 ^{sec}	
		NS	//	
		EW	//	

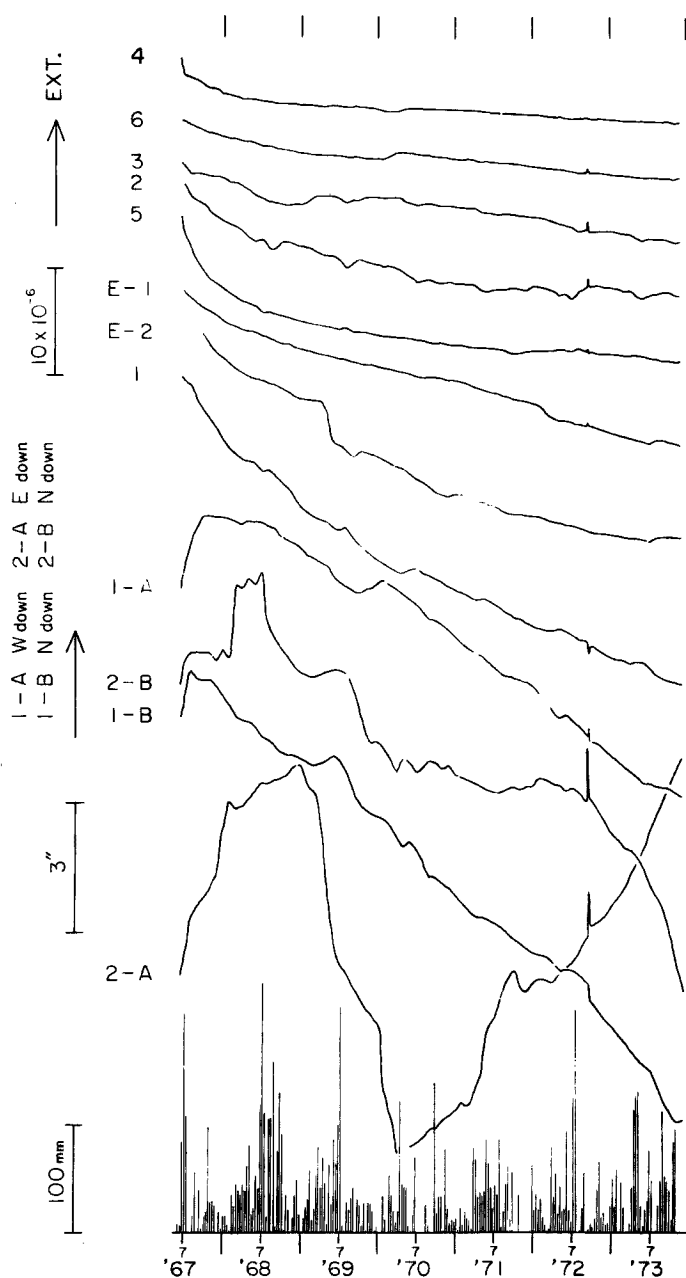


Fig. 3. Variations of ground-strain and ground-tilt observed at Amagase Observatory. (Markes:—See Table 1 and Fig. 2).

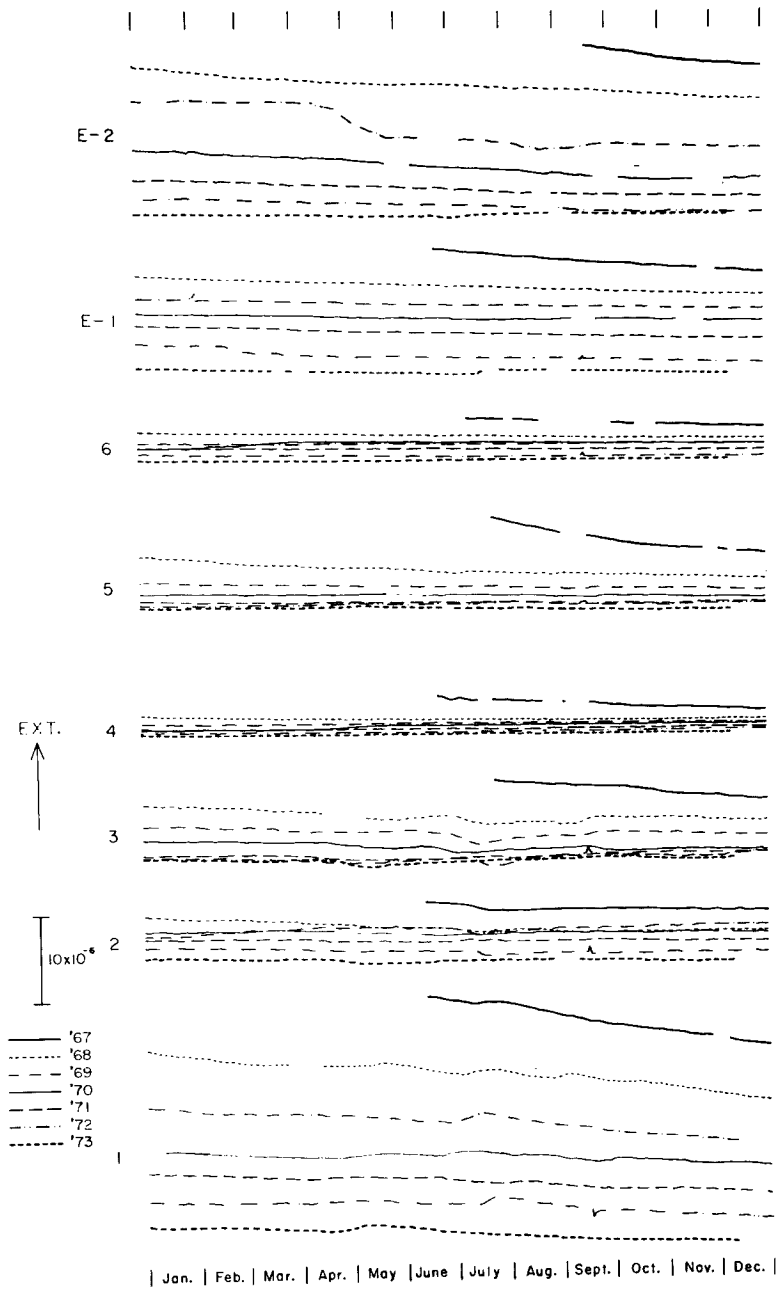


Fig. 4. Yearly variations of ground-strain observed at Amagase Observatory.

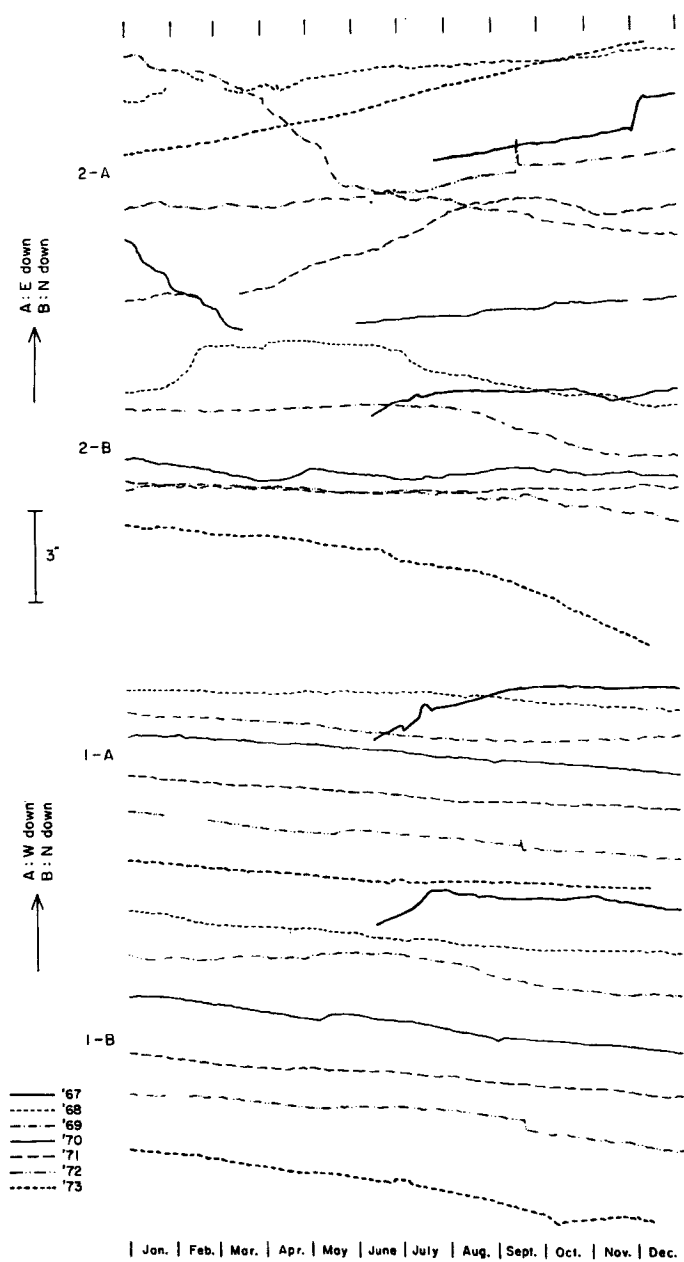


Fig. 5. Yearly variations of ground-tilt observed at Amagase Observatory.

ヴァール棒伸縮計による観測資料を整理した結果および短周期地震計による観測結果についての概略を述べる。

2. 観 測 結 果

昭和42年6月以降の観測記録を整理して得られた変化値を図示すると **Fig. 3** のようになる (図中の各成分記号は前掲 Table 1 を参照)。これらの変化を見ると傾斜計2-Aを除き他の各成分は大体ある方向に変化している。これらの変化を各成分毎に年度別にして示すと **Fig. 4, 5** のようになり、伸縮計はこの7年間各成分とも縮みの傾向を示し、傾斜計のB成分は南下りの傾向を示しており、A成分も2-Aの1970年の初までは別として以後共に東下りの傾斜変化をしている。これらの傾斜変化をベクトル図にして示したのが **Fig. 6** であるが、1970年5月頃からは何れもほぼ南東下りに約10秒角の傾斜変化をしている。また、何れの成分も観測開始の初期においては、設置の影響や計器の不安定さによる影響などが現われ、変化は大きいですが、時間がたつに従い安定し変化は小さくなっている。

一般に伸縮計や傾斜計により観測される変化の中には、経年変化、年変化、気象の影響、天体の影響、計器のドリフト等種々の変化が混入しており、これらのうち特定のものを対象に論ずる場合には、次のものはノイズとなり除去しなければならない。地震予知を目的として、地殻の変動の推移を見る場合には特に経年変化を取り出す必要があり、他の諸変化はノイズとして除去しなければならない。しかし、このノイズは種々の原因が複雑に交錯して生じるものであるため、簡単にこれを求めることは難かしいが、このうち年周変化、長期的な気象の影響や計器のドリフト等比較的周期の長いノイズを一括し、年変化と見做すこととし、ローラー型の伸縮計1, 2, …… , 6 E-1の計7台について、年変化を次のような方法で求めることを試みた。

前にも述べたが、**Fig. 4** を見ると変化は時間の経過と共に安定化し、最近の5年間位を見るとほとんど毎年同じような変化をしている。従って、最近5年間の変化の平均を求め、平均年変化とし、更にこれを平滑化するために、6カ月の移動平均をとり年変化 (定常的な経年変化を含んだ) と見做すことにした。このように

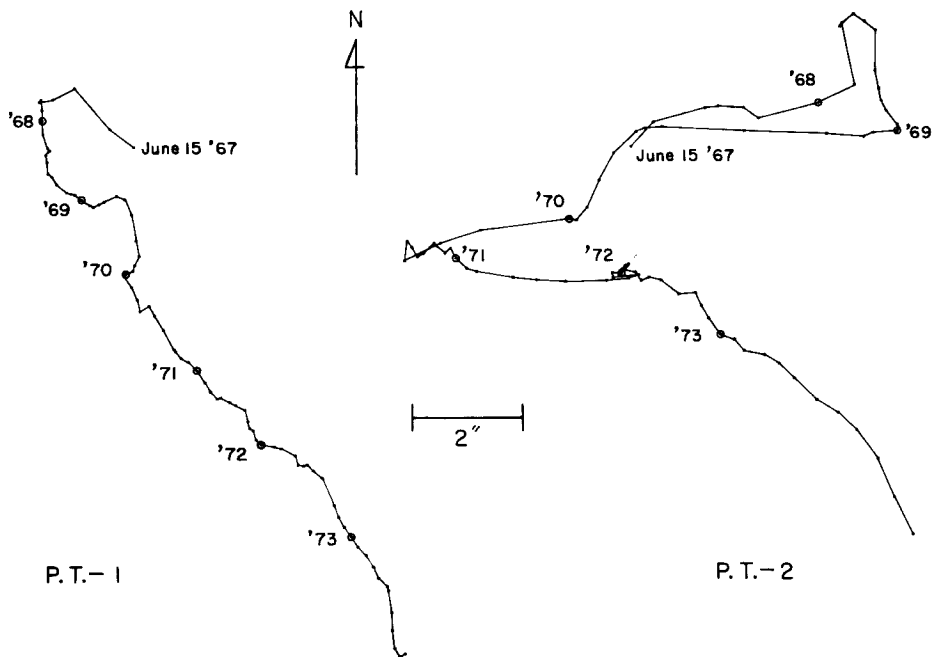


Fig. 6. Vector diagrams of ground-tilt at Amagase Observatory.

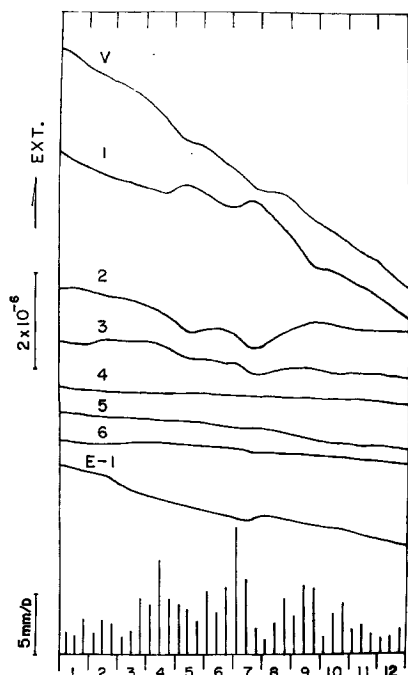


Fig. 7. Averaged annual variations of the linear strains and volume dilatation (V) for 5 years from 1969 to 1973.

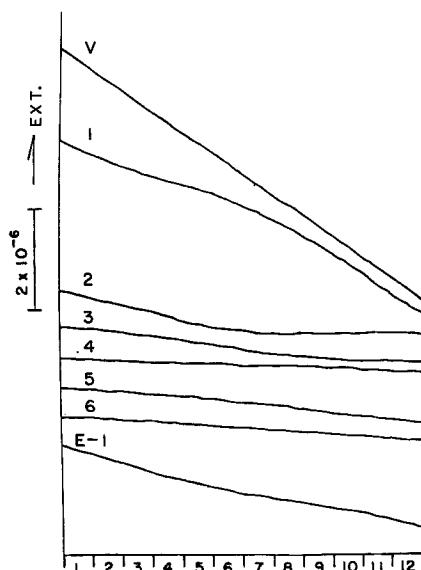


Fig. 8. Annual variations of the linear strains and volume dilatation (V).

して求めた5カ年平均年変化を示すと **Fig. 7** のようになり、図の下に示した10日間の総雨量から求めた平均日雨量と対比すれば、雨の影響が現われており、特に直交3成分の変化に著しい。これら3成分に現われている雨による影響と思われる変化を見ると、成分によりその変化の向きが異なり、垂直成分1では伸びを、水平成分の2,3では逆に縮みの変化をしている。今、これら直交3成分の変化値の和から体積歪の変化を求めるとVのようになり、雨の影響と考えられる変化は小さくなり、体積歪は縮み変化を示す。次に6カ月の移動平均をとり平滑化すれば、年変化は **Fig. 8** のようになる。ここで、観測値から年変化値を除去してみると、変化は **Fig. 9** のようになり、これらにはまだ雨による影響だと考えられる変化を含んではいるが、一応経年的な変化を示していると考えてよいだろう。今後の課題として、資料の蓄積をまって、更に長期間の資料から年変化を求めると共に、降雨の影響による変化を求め、これらを除去することにより、正確な経年変化を求める必要がある。

次に当観測室では昭和45年6月以来、短周期地震計（固有周期1 sec）3成分による地震観測が行なわれてきたが、^{2), 3), 4), 5)} さし当り、これらの記録を整理した結果について述べる。まず、観測室周辺の地震活動の推移を知るため、P-S 2.0 sec 以下の近地地震の月別の地震回数を調べ、**Fig. 10** に示した。図中○印で示したものは記録紙上最大振幅が2.0 mm (0.06 mkine) 以上のものであり、このうち最大振幅が10 mm (0.3 mkine) 以上のものを取り出すと斜線の部分のようになる。また、これらの地震の1年毎のP-S分布を示すと**Fig. 11**のようになる。図中白抜きのものは記録紙上最大振幅が2.0 mm 以上のものであり、そのうち最大振幅が10 mm 以上のものを斜線で示した。これらの図を見ると、**Fig. 10** でわかるように、1970, 71, 72年にはそれぞれ10月、11月、8月にピークが見られ地震の発生数が増しているが、これに比べ1973年にはピークは見られず、大体平均して地震が発生している。一方、**Fig. 11** のP-S別の頻度分布を見ると、1970, 71, 72年度のP-S

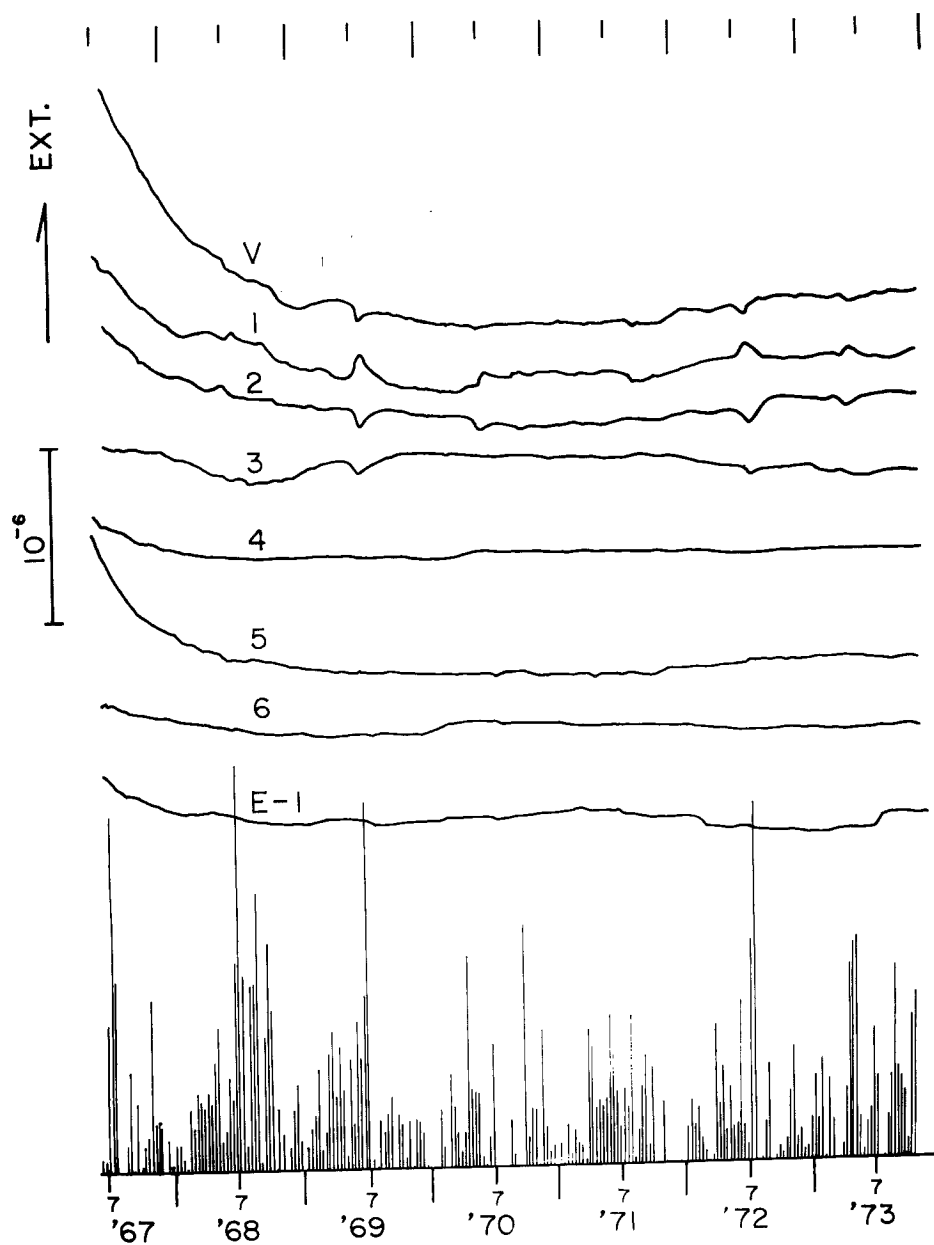


Fig. 9. Variations of linear strains and volume dilatation of which eliminated annual variations.

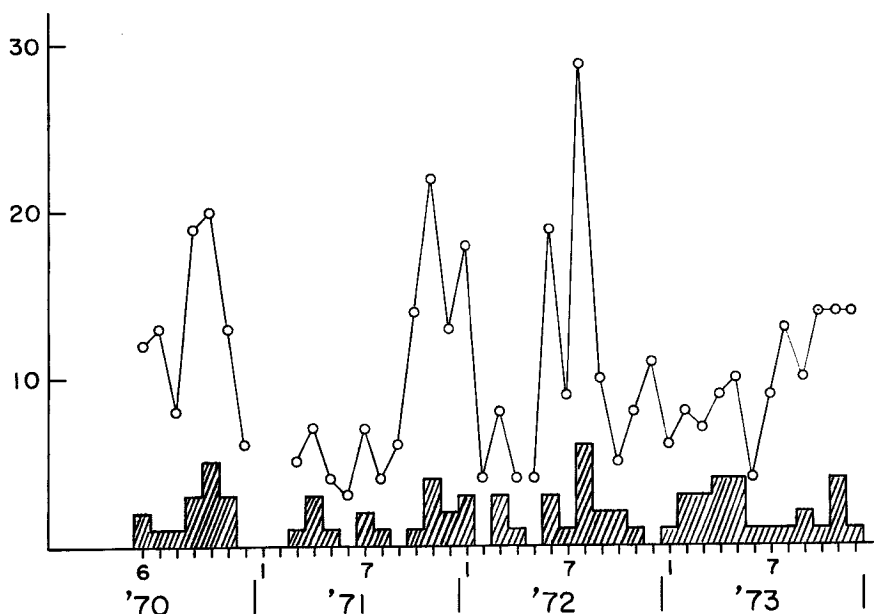


Fig. 10. Monthly frequency of earthquakes observed at Amagase Observatory of P-S time less than 2.0 seconds.

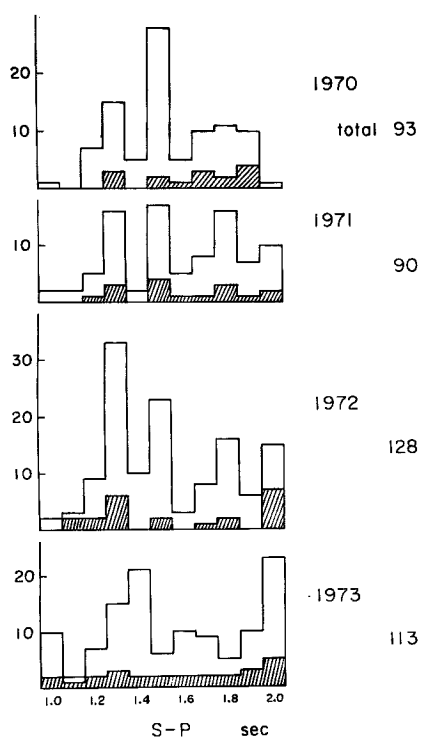


Fig. 11. Yearly frequency distributions of P-S times of earthquakes observed at Amagase Observatory.

分布はほとんど同じ形をしており、1.3 sec と 1.5 sec にピークが見られる。これに反し、1973年度には P-S 1.4 sec と 2.0 sec にピークの位置が移っている。これらのことから考えるに、天ヶ瀬観測室近傍の地震活動の様子は前3カ年と1973年度とでは変っているのではないかと思われる。これらについては、今後の観測結果をまわって検討すると共に、伸縮計や傾斜計による地殻変動の観測結果とも併せて検討したい。

以上、観測を始めて以来7年間の観測結果の概略を紹介し、併せて2・3気付いたことについて述べた。

参 考 文 献

- 1) 高田理夫・尾上謙介・小林年夫・山田 勝：天ヶ瀬地殻変動観測所における地殻変動観測(序報)，京都大学防災研究所年報，11-A, 1968, pp. 213-220.
- 2) 古沢 保・入倉孝次郎：局所地震の Particle Motion の方向について，京都大学防災研究所年報，13-A, 1970, pp. 149-161.
- 3) 古沢 保・竹本修三・入倉孝次郎・赤松純平：地震波形によらず Local Crustal Effects, 京都大学防災研究所年報，14-A, 1971, pp. 189-202.
- 4) Furuzawa, T., K. Irikura, S. Takemoto and J. Akamatsu: Spectra of Body Waves from Local Small Earthquakes in the Southern Parts of Kyoto, Bull. Disas. Prev. Res. Inst., Kyoto Univ., Vol. 22, Part 1, No. 199, 1972, pp. 23-36.
- 5) 古沢 保・入倉孝次郎・赤松純平：京都府南部で発生する微小地震の Body Waves のスペクトルの地域的特性について，地震，Vol. 26, No. 3, 1973, pp. 275-284.
- 6) 竹本修三：レーザー干渉計による伸縮計・ひずみ地震計の Calibration について，京都大学防災研究所年報，14-A, 1971, pp. 7-13.
- 7) 竹本修三：レーザー干渉計による伸縮計・ひずみ地震計の Calibration について(2)，京都大学防災研究所年報，16-B, 1973, pp. 11-15.