



Title	えりもにおける地殻変動連続観測 1972
Author(s)	笠原, 稔; KASAHARA, Minoru; 田中, 安守 他
Citation	北海道大学地球物理学研究報告, 30, 89-101
Issue Date	1973-12-17
DOI	https://doi.org/10.14943/gbhu.30.89
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/14034
Type	departmental bulletin paper
File Information	30_p89-101.pdf



えりもにおける地殻変動連続観測 — 1972 —

笠原 稔・田中安守・横山 泉

北海道大学理学部えりも地殻変動観測所

(昭和48年5月31日受理)

Observation of Crustal Deformation at Erimo in Hokkaido — 1972 —

By Minoru KASAHARA, Yasumori TANAKA
and Izumi YOKOYAMA

Erimo Geophysical Observatory, Faculty of Science, Hokkaido University

(Received May 31, 1973)

This paper is a progress report concerning the continuous observation of crustal deformation at Erimo.

According to the observation by water-tube tiltmeters, the tilt of the ground has taken the north-west-downward direction with a constant rate of 1×10^{-6} rad./year. By the analysis of the variation in linear strain accumulated since the end of 1971, it is found that the direction of principal strain of contraction agrees with that of the tilt of the ground and its accumulation rate is about 5×10^{-6} /year. This rate, however, is too large as an ordinary deformation and the ground is even now suffering from artificial disturbances. The changes of the tilt of the ground caused by the change of water-discharge from the gallery are observed by water-tube tiltmeters as well as extensometers. It is found out that the ground tilts towards the westdownward in case of the increasing water-discharge and towards the east-downward in case of the decreasing one. The resultant tilt observed by horizontal pendulum tiltmeters amounts to 0.093 second of arc in S30°W direction by one meter's rise of the sea level. This direction and the amount are consistent with the results obtained by the water-tube tiltmeters.

I. はじめに

この報告は、先の報告 [笠原・田中・横山 (1972) …以下第1報と呼ぶ] に引き続き、1972年にえりも地殻変動観測所で得られた観測記録の解析を試みたものである。

傾斜変化について見ると、先の結論と同様の傾向が続いており、その大きさから考えて、それは永年変動とみなし得ると思われる。伸縮変化は、全体として、人為的擾乱の影響と思われる変化は大部小さくなった様に見受けられるが、EAB成分については、もう少し今後の変動を

待たねば結論できないようである。1972年5月以降の歪変化について見れば、収縮主歪軸の方位が傾斜方向と一致している点は興味深い。

水平振子型傾斜計による観測が、12月中旬に開始され、海洋潮汐に伴なう土地の傾斜について結論が得られた。又、坑内温度の自記記録を9月下旬から開始した。

以上の諸結果について報告する。

II. 観測器機の諸定数

各観測器機の諸定数を Table 1 に示す。それぞれの観測坑内での設置位置については、第1報を参照されたい。石英管伸縮計および水管傾斜計の諸定数、記録読み取り方式は昨年と同じである。水平振子型傾斜計は、石本式で全て石英ガラスで作られている。記録は、約40mm/日送りのリチャード式1週間巻記録計を用いて光学的に行なっている。振子の周期は、数回の実験的観測から、33秒位が適当との結論を得たが、実際に設置した結果は、南北成分:34.9秒、東西成分:33.5秒である。12月16日に設置し観測を開始した。感度検定はウォーム・ギャ付の傾斜台を用いて行なったが、海洋潮汐に伴なう傾斜変化について、水管傾斜計の毎時読取観測と比較してみた結果、ほぼ満足できるものであることが確かめられた。

Table 1. Constants of the instruments.

Instrument	Symbol	Azimuth	Recording method	Sensitivity
Silica-tube extensometer	E-AB	N45° W	analogic recording	$1.8 \times 10^{-9}/\text{mm}$
	E-CD	N45° E	"	"
	E-EF	E-W	"	"
				and $9.0 \times 10^{-9}/\text{mm}$
Water-tube tiltmeter	T-AB	N45° W	direct reading	0.0067"/micron
	T-CD	N45° E	"	"
Horizontal pendulum tiltmeter	HT-NS	N-S	optical recording	0.019"/mm ($T_0=34.9 \text{ sec}$)
	HT-EW	E-W	" (optical length: 1 m)	0.021"/mm ($T_0=33.5 \text{ sec}$)
Thermometer	T		analogic recording	0.05°C/cm

また、9月26日から坑内温度の自記記録を開始した。検出器にはサーミスターを用いている。サーミスターの経年変化を考慮して8素子設置してある。今年同一地点に8素子を設置したが、将来は坑内各場所に設置して坑内温度変化の空間的分布がわかる様にする予定である。

III. 観測結果

1. 水管傾斜計による土地傾斜の観測

水管傾斜計により得られたデータを整理して、1971年6月中旬から1972年12月末までの傾斜変化の様子を、Fig. 1 上部に示してある。細い線は、日平均値の5日間の移動平均値で、太い線は、その旬平均値である。Table 2 に、1971年6月15日を基準とした旬平均値を示してある。Fig. 1 下部に、傾斜変化の短周期変動との関連を見るために、坑内湧水量の日変化を示してある。

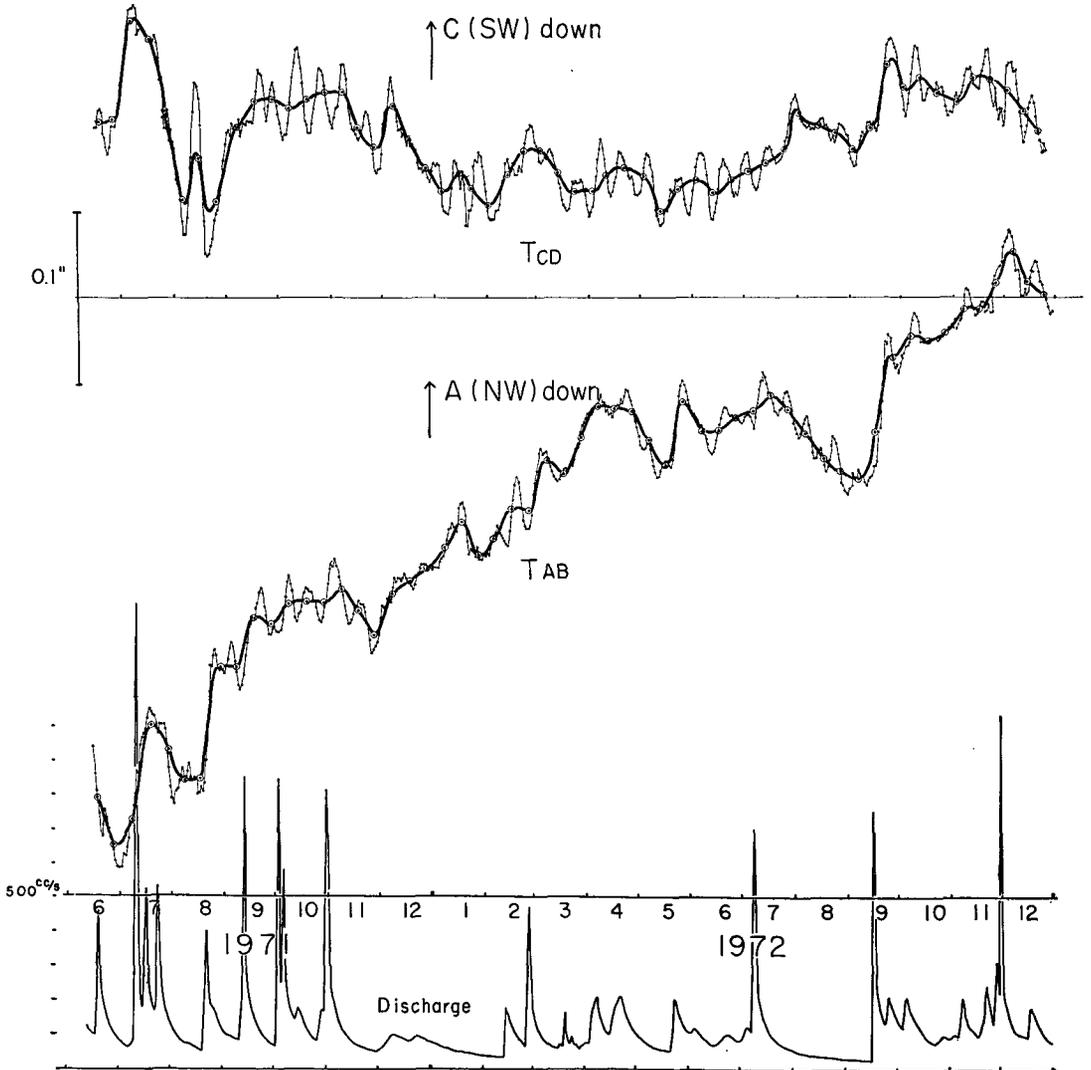


Fig. 1. Time variations of the tilt observed by T-AB and T-CD components of water-tube tiltmeters and water-discharge from the observation gallery.

thin line: running average for successive five days.

bold line: average of ten days' values of the running average for successive five days.

Table 2. Observed values by water-tube tiltmeters referred to the value of June 15, 1971. The value is the average of ten days' values of the running average for successive five days.

(unit: 1×10^{-2} second of arc, negative sign: NW up for T-AB and SW up for T-CD)

Date	T-AB	T-CD	Date	T-AB	T-CD
			1972 Jan. 5	14.59	-3.97
			15	16.11	-2.93
			25	14.20	-3.71
			Feb. 5	15.15	-4.75
			15	16.92	-2.96
			25	16.82	-1.61
			Mar. 5	19.81	-1.52
			15	19.01	-2.87
			25	21.11	-3.94
			Apr. 5	22.94	-3.91
			15	22.81	-2.97
			25	22.62	-2.55
			May 5	20.02	-3.06
			15	19.50	-5.10
			25	23.18	-3.88
			June 5	21.49	-3.30
1971 June 15	0.00	0.00	15	21.53	-4.18
25	-2.69	0.17	25	22.24	-3.30
July 5	-1.19	5.94	July 5	22.69	-2.76
15	4.33	4.82	15	23.55	-2.37
25	2.84	0.69	25	22.77	-1.46
Aug. 5	1.23	-4.55	Aug. 5	21.33	0.59
15	1.26	-2.08	15	19.92	-0.14
25	7.67	-4.64	25	19.12	-0.58
Sept. 5	7.68	-0.28	Sept. 5	18.65	-1.58
15	10.60	1.21	15	21.44	-0.35
25	10.25	1.39	25	25.80	3.22
Oct. 5	11.40	0.92	Oct. 5	27.08	2.10
15	11.52	1.41	15	26.80	2.69
25	11.48	1.81	25	27.23	1.77
Nov. 5	12.26	1.81	Nov. 5	28.60	1.23
15	10.99	-0.29	15	28.62	2.59
25	9.57	-1.46	25	30.12	2.56
Dec. 5	12.05	0.99	Dec. 5	31.94	1.84
15	12.70	-0.96	15	30.24	0.68
25	13.41	-2.62	25	29.38	-0.51

この図から、TAB成分のA(NW)下がり傾向がはっきりとわかるが、TCD成分には、顕著な永年変化は認められない。両成分に、0.03秒角から0.1秒角に達する短周期変動が見られるが、これらは、坑内からの湧水量の変化に対応しているものである。しかし、全ての変化が湧水量と対応するものでないのも確かである。この点については、水平振子型傾斜計により、傾斜の連続観測が可能になったので、湧水量変化と傾斜変化との詳しい関連が見出されることが期待される。TCD成分には、年周変化と思われる変動が見られる。この点については、坑内温度の変化とも関連して、更に1年間のデータが蓄積するのを待って詳しく検討したい。

Fig. 2は、旬平均を用いて傾動ベクトルを示したものである。全体としては、北西下がり

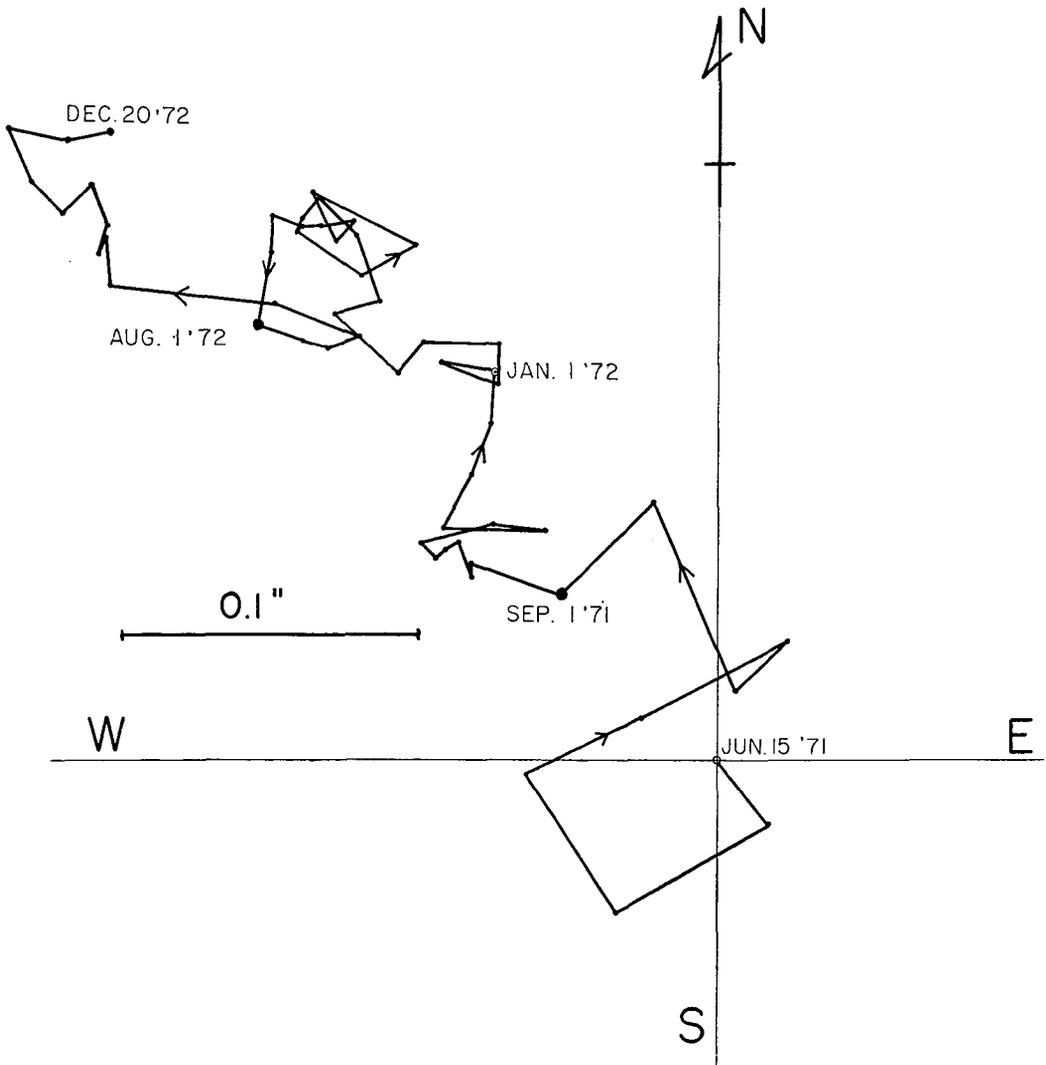


Fig. 2. Vector diagram of the ground tilt observed by water-tube tiltmeters from June 15, 1971 to December 20, 1972.

の傾向が見られる。細かく見ると、TCD成分の年周変化に対応するのかも知れないが、西下がり、北下がりを繰り返しながら、北西に下がっていくようである。さらに、この図の中で、東西に傾動する短周期の変化が見られるが、これは湧水量変化に対応する土地の傾斜である。湧水の増加時に西に下がり、減少時に東下がりを示している。この変化の逆転する頃の湧水量は70~80 cc/sec位である。

永年の変動としての北西下がりの量は、19カ月で0.3秒角である。おおよそ、0.2秒角/年の割合であり、 1×10^{-6} ラジアン/年に相当する。これは、志知・松浦・飯田(1970)が、犬山で得た値 0.83×10^{-6} ラジアン/年と較べて大差なく、異常という程の大きさでないことがわかる。

Fig. 1 に示される5日間の移動平均による傾斜変化に、約2週間位の周期変化が見られるが、これは海洋潮汐の影響であると考えられる。現在、水管傾斜計の読み取りは、毎日の10時と16時に行なわれて、それらの平均値を日平均値としている。そこで、読み取り時刻の庶野港(第1報参照)の潮位を用いて、潮位の日平均を求めて、5日間の移動平均を行ない、約50日間、傾斜変化と比較したものをFig. 3に示す。両成分とも非常に高い相関のあることがわかる。今の方式で得られる日平均値を用いて傾斜変化を見るためには、2週間の移動平均をほどこす必要がある。

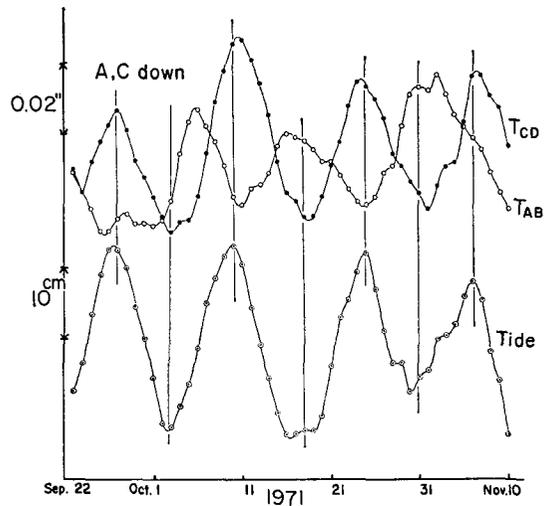


Fig. 3. Comparison between the running average for successive five days of tilting observed by water-tube tiltmeters and that of height of the ocean tide.

2. 石英管伸縮計による土地伸縮の観測

伸縮計の記録から毎時の値を読み取り、日平均値を求め観測開始より積算して、土地の伸縮変化の様子を、Fig. 4 上部に示した。Fig. 4 下部に、坑内湧水量の日変化を示してある。Table 3 に、1971年8月2日を基準とした毎月の1日、11日、21日の歪値を示してある。第1報でふれたとおり、短周期の歪変化は、湧水量変化に対応するものである。全体としてながめると、EAB成分の縮みが進行しているのが特徴的である。ECD成分の縮みは1972年5月頃に、それまでの一方的縮み変化がなくなったようである。EEF成分には年周変化と思われるものが見られる。EAB、ECD両成分の1972年6月中旬に点線で示してあるのは、観測が一時中断されている時であり、推定してつないだものである。6月11日に、両成分の固定端金具内で、石英管に亀裂の生じているのが発見され修理していた期間である。いつ生じたものかはっきりしな

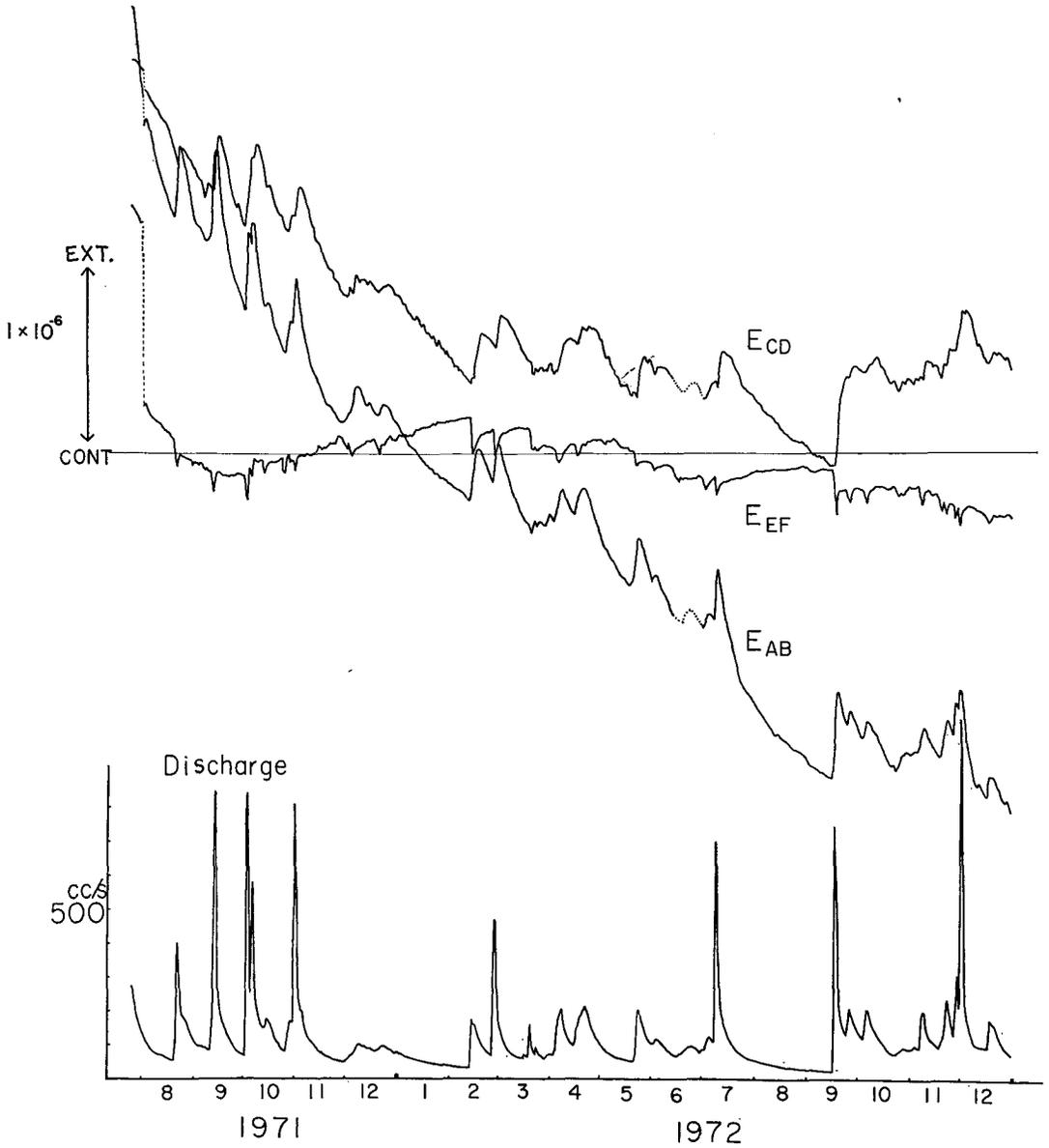


Fig. 4. Daily variation in the three components of strain observed by the silica-tube extensometers and water-discharge from the observation gallery.

いが、修理前後の期間で、海洋潮汐に伴う変化や湧水量変化に伴う変動に差がないことから、亀裂が生じても十分に固定されていたと考えられる。

湧水の影響を除いて永年変動を見るために、湧水量が 75 cc/sec の時の歪値を結んでみたのが Fig. 5 下部の 3 曲線である。EAB 成分は一方的に縮みが進行しているが、1971 年末に縮み速度が変化して以前より小さくなっているのがわかる。その後の変化には、年周変化と思われる

Table 3. Daily mean of hourly values of contraction observed by silica-tube extensometers referred to the value of August 2, 1971.

(unit: 1×10^{-6} , negative sign: contraction)

Date	E-AB	E-CD	E-EF	Date	E-AB	E-CD	E-EF
				1972 Jan. 1	-1.77	-1.21	-0.19
				11	-1.92	-1.35	-0.16
				21	-2.03	-1.46	-0.12
				Feb. 1	-2.12	-1.58	-0.09
				11	-2.19	-1.70	-0.07
				21	-1.93	-1.44	-0.17
				Mar. 1	-1.90	-1.38	-0.21
				11	-2.21	-1.45	-0.13
				21	-2.41	-1.68	-0.25
				Apr. 1	-2.31	-1.61	-0.24
				11	-2.21	-1.48	-0.26
				21	-2.16	-1.41	-0.23
				May 1	-2.42	-1.47	-0.20
				11	-2.62	-1.69	-0.22
				21	-2.70	-1.79	-0.27
				June 1	-2.70	-1.66	-0.36
				11	-2.84	-1.68	-0.36
				21	(-2.89)	(-1.76)	-0.43
				July 1	-2.97	-1.82	-0.53
				11	-2.69	-1.58	-0.46
				21	-3.20	-1.68	-0.43
1971 Aug. 2	0.00	0.00	0.00	Aug. 1	-3.44	-1.83	-0.39
11	-0.30	-0.15	-0.10	11	-3.58	-1.93	-0.37
21	-0.46	-0.42	-0.31	21	-3.67	-2.04	-0.37
Sept. 1	-0.56	-0.47	-0.33	Sept. 1	-3.77	-2.11	-0.36
11	-0.66	-0.57	-0.39	11	-3.84	-2.17	-0.37
21	-0.75	-0.52	-0.41	21	-3.41	-1.79	-0.50
Oct. 1	-1.09	-0.80	-0.41	Oct. 1	-3.57	-1.64	-0.49
11	-0.99	-0.51	-0.32	11	-3.60	-1.58	-0.49
21	-1.24	-0.72	-0.33	21	-3.80	-1.73	-0.48
Nov. 1	-0.92	-0.64	-0.37	Nov. 1	-3.73	-1.72	-0.48
11	-1.45	-0.81	-0.29	11	-3.59	-1.60	-0.51
21	-1.66	-1.06	-0.23	21	-3.68	-1.62	-0.57
Dec. 1	-1.74	-1.22	-0.24	Dec. 1	-3.36	-1.38	-0.69
11	-1.61	-1.12	-0.23	11	-3.91	-1.51	-0.62
21	-1.71	-1.18	-0.28	21	-3.89	-1.55	-0.63

る変動を見出すことができそうである。ECD 成分でも、1971 年末には急激な縮みが終わっている。EEF 成分には、こうした設置初期の急激な変化は見られない。そこで、1971 年末を基準として、等方弾性体の地殻を仮定し平面内二次元歪として解析した主歪の変化を、Fig. 5 上部 (A) に図示してある。ECD 成分の変化を見ると、1972 年 5 月以後は一方的な縮み変化が見られなくなっている。そこで、この時を基準にして主歪の変化をみると、Fig. 5 上部 (B) に示したようになる。いずれの場合でも、EAB 成分の歪変化が大ききいて、北西—南東方向に縮む変化が

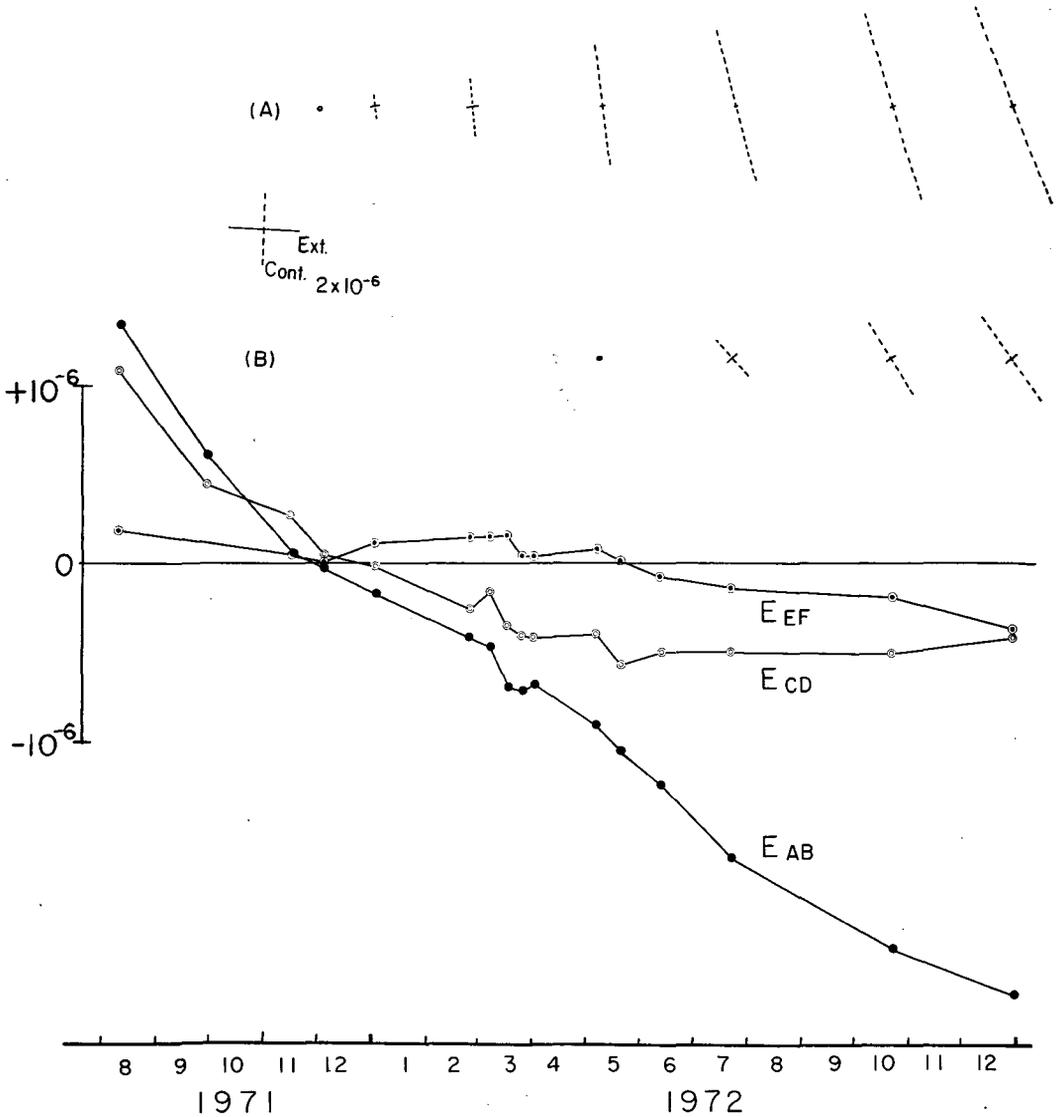


Fig. 5. Secular variations in the strain observed by the silica-tube extensometers, reduced to the condition at which the water-discharge from the observation gallery is 75 cc/sec.

upper figures: results of the two-dimensional strain analyses. (A) referred to Dec. 5, 1971, (B) referred to May 25, 1972.

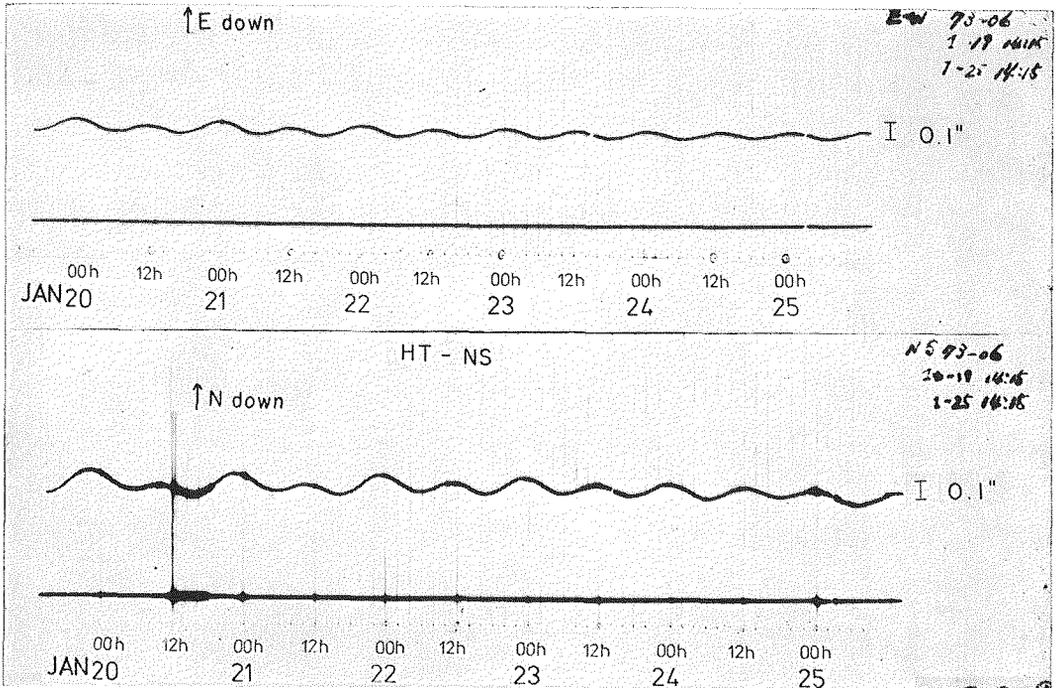


Photo 1. Examples of the records of horizontal pendulum tiltmeters.
upper: E-W component, lower: N-S component.

進行していることになる。その変化速度は、 $5\sim 6 \times 10^{-6}$ /年にも達する。傾斜変動として求められた北西下がりに対応する歪変化かも知れないが、変化速度が大きすぎる感がある。年周変化ともあわせて、もう少しデータの蓄積を待って結論したい。この周辺での土地の伸縮に関する過去のデータは皆無であるが、第1報に示したジオジメーターによる辺長測量網の第1回の測量を1972年10月に行なったので、再測されれば、EAB成分の大きな縮み変化の真偽が確かめられると思う。

3. 水平振り子型傾斜計による土地傾斜の観測

観測開始後期間が短かく長期変動につ

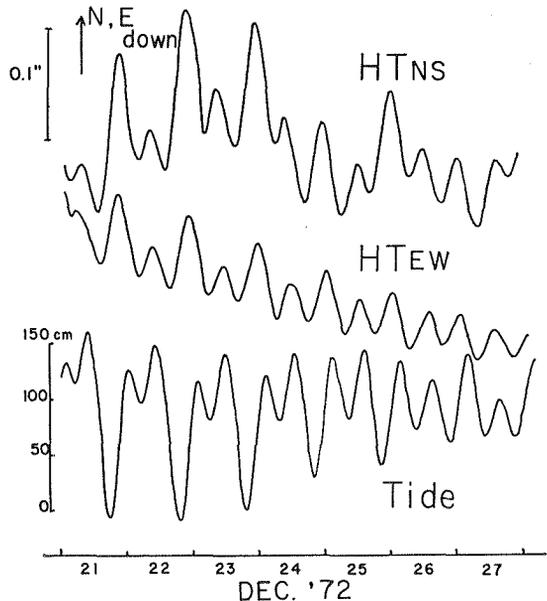


Fig. 6. Examples of the records of the horizontal pendulum tiltmeters and the tidal gauge record of the port of Syoya.

いては議論できないが、海洋潮汐に伴う短周期の変動についてふれてみたい。Photo 1 に記録の 1 例を示した。Fig. 6 に 2 時間毎に読み取った傾斜変化と庶野港での検潮記録とを 1 週間分示してある。約 1 カ月のデータに基づいて、ここの図から山—谷の振幅を読み取り、海水面の昇降に対する傾斜変化について示したのが Fig. 7 である。ドリフトを除去していないため少々点がばらつくが、海水面の昇降に対する傾斜変化は図の直線の様にあらわせる。海水面 1 m の上昇に対して、西に 0.046 秒角下がり、南に 0.080 秒角下がる。つまり、海水面 1 m の上昇で観測坑を含む一帯が、 $S30^{\circ}W$ の方向へ 0.093 秒角傾斜する。これを、水管傾斜計の設置方向へ分解してみると、TAB 成分が南東に 0.023 秒角下がり、TCD 成分が南西に 0.090 秒角下がることになる。第 1 報で示した様に、水管傾斜計の毎日 2 回の読み取りから得られた結果と矛盾するものではない。さらに、この点は水管傾斜計の毎時観測結果と較べてみればよくわかる。1971 年 12 月 10 日から 13 日までの約 80 時間観測した結果を Fig. 8 に示す。図中、黒丸が毎時の水管傾斜計による観測値であり、実線は、水平振り型傾斜計により得られた海水面の昇降に対する傾斜変化の値を用いて、同時刻の庶野港の検潮記録に基づいて期待される傾斜変化を

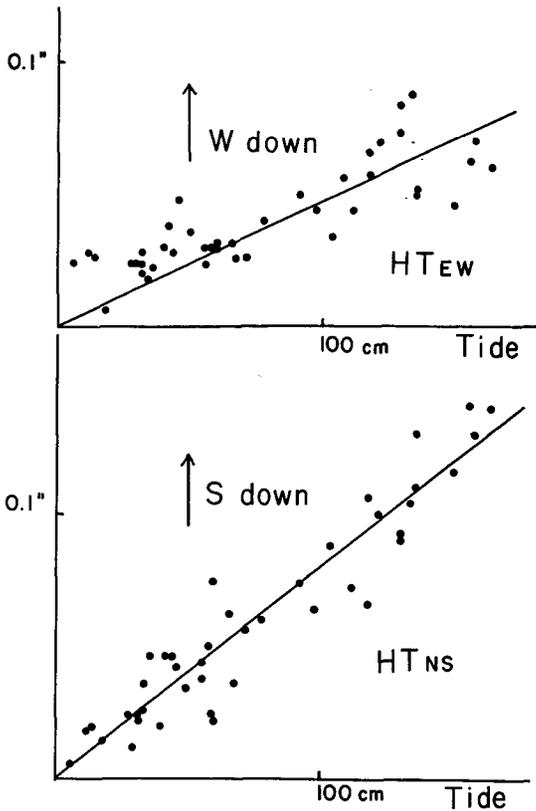


Fig. 7. Relation between the tilts observed by the horizontal pendulum tiltmeters and the sea level.

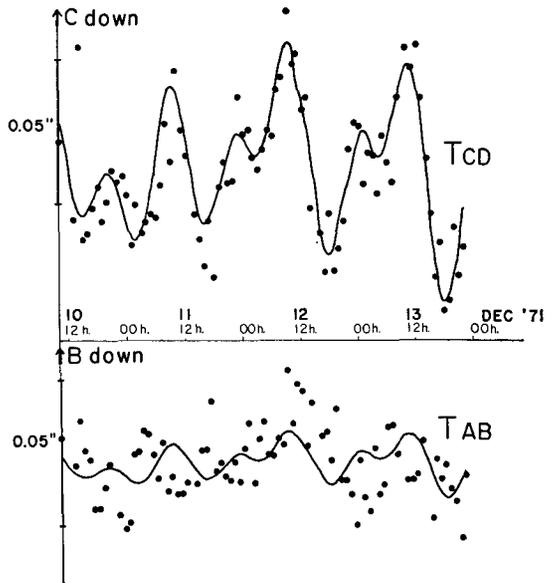


Fig. 8. Hourly values in T-AB and T-CD components of the tilts observed by water-tube tiltmeters. Solid lines show the tilt variations expected to be caused by the change of the sea level, from the observation of the horizontal pendulum tiltmeters.

示したものである。TCD成分は、非常によく一致しているといえよう。TAB成分は、水管傾斜計の読み取り精度をわずかに越える程度の振幅であるためはっきりしないが、傾向は一致しているといえよう。このことは、水平振子型傾斜計の設置場所が、水管傾斜計の占める程度の広さと同じ挙動を示す事を意味する。しかし、これは、海洋潮汐程度の短周期変化に対する挙動であって、さらに長期変動に対してどのような類似と相異を示すかは今後の課題である。

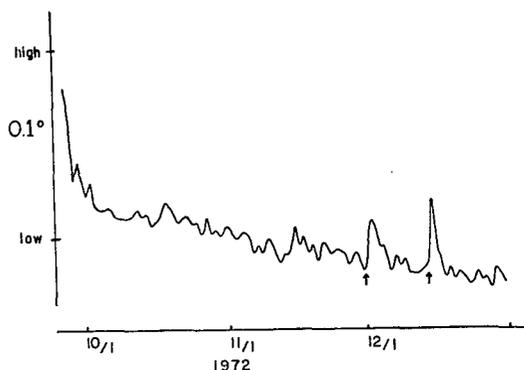


Fig. 9. Time variation of the air-temperature in the observation gallery. Arrows indicate artificial disturbances.

4. 坑内温度変化

坑内温度の変化は、土地の傾斜・伸縮変化に現れる年周変化を考える上で重要である。そこで、9月26日からサーミスターを用いた高感度の温度観測を始めた。Fig. 9に、毎日0時の値を読み取った結果を示す。矢印で示した大きな変化は、長時間坑内で作業を行なった時である。図に見られる短周期の変動および外界が寒くなるにつれて坑内温度も下がっていく傾向は、水管傾斜計の読み取りのために毎日2回入坑するために生じるのかもしれない。もう少し観測結果の蓄積を待って、土地の傾斜・伸縮との関連について考察する予定である。

IV. 結 語

水管傾斜計および石英管伸縮計によるそれぞれ19カ月、17カ月の観測結果と水平振子型傾斜計による約1カ月の観測結果は次の通りである。

1. 土地の傾斜は、北西方向に0.2秒角/年(約 1.0×10^{-6} ラジアン/年)で下がっている。
2. 土地の伸縮としては、傾斜方向と一致する方向に、 5×10^{-6} /年位の縮みの進行が見られるが、永年変動と見るには少し大きすぎる。
3. 土地の傾斜にも、坑内からの湧水量ときわめてよい相関のある変動が観測され、湧水量の増加時に西に下がり減少時に東に下がる。その大きさは0.03秒角から0.1秒角におよぶ。
4. 水平振子型傾斜計により得られた、海洋潮汐に伴なう土地の傾斜は、海水面1mの上昇に対して、 $S30^{\circ}W$ に0.093秒角の下がりを示す。これは、水管傾斜計により観測されるものとよい一致を示すものである。

終りに、温度計設置に御協力頂いた東京大学地震研究所の山田重平氏、水管傾斜計の毎時観

測および水平振子型傾斜計の設置に御協力頂いた北海道大学地球物理学教室の中込理氏に厚くお礼申し上げます。

なお、計算の一部は北海道大学大型計算機センター FACOM 230-60 によった。

文 献

- 笠原 稔・田中安守・横山 泉, 1972. えりもにおける地殻変動連続観測—1971—. 北海道大学地球物理学研究報告, 28, 83-96.
- 志知竜一・松浦 宏・飯田汲事, 1970. 犬山における地殻変動の連続観測測 (II), 測地学会誌, 16, 177-189.