

2-7 東北地方における地殻変動連続観測

Continuous Observation of Crustal Deformation in Tohoku District

東北大学理学部

Faculty of Science, Tohoku University

1. 石英管伸縮計により観測された歪変化

第1図は東北大学の地殻変動連続観測点の配置図である。第2図(a)~(n)に五城目(GJM), 男鹿(OGA), 仁別(NIB), 西木(NSK), 田沢湖(TAZ), 沢内(SWU), 姫神(HMK), 和賀(WGA), 黒沢尻(KRS), 大東(DIT), 気仙沼(KSN), 三陸(SNR), 宮古(MYK), 北阿武隈(KTA)の各観測点の石英管伸縮計により得られた歪の主な成分を示す。期間は1984年4月から1994年1月までである。上から南北, 東西方向の線歪およびせん断歪(ϵ_{NS} , ϵ_{EW} , γ_{NE}), 面積歪(Δ), 最大せん断歪(γ_{max})および日別降水量である。ここでは歪の各成分に見られる年周変化を取り除くため, 三品・他¹⁾の方法によってこの期間の観測データの平年値を推定し, それを観測データから取り除いたものを示している。このような処理を加えることにより, 歪率の変化に対する検出能力が生データの場合作と比べてかなり向上していると考えられる。

2. 体積歪計により観測された歪変化

計器の設置深度が約100mと約200mの体積歪計により観測された歪変化を第3図に示す。期間は1988年1月から1994年1月までである。計器の設置深度が約100mと比較的浅い観測点(b)は, (a)の深度約200mの場合と比較してノイズレベルが高いことが明らかである。

第4図は内陸地震の発生機構を解明するため, 1993年3月宮城県北部の若柳町に設置された地震予知総合観測拠点(第1図, WYG)における体積歪計の観測結果を示す。計器の設置深度は約500mである。歪データは計測器容器内の温度変化と顕著な負の相関があり, 温度係数は約 $-1 \times 10^{-3}/^{\circ}\text{C}$ である。得られた温度係数をもとに温度補正を施した結果を第4図(b)に示す。さらに気圧係数を求めた結果は約 $-5 \times 10^{-9}/\text{hPa}$ であり, これをもとに更に気圧補正を施した結果も併せて示してある。気圧補正まで行うことによってS/Nはかなり向上し, 降雨の影響も地球潮汐の振幅以下であることが確認できる。

第5図にBAYTAP-G(Tamura et al., 1991²⁾)による地球潮汐解析の結果を示す。理論的な予測値と調和的であり, 観測開始以来, 時間的にも安定しており, モルタルの固化によると考えられるような応答関数の時間変化は認められない。

3. 水管傾斜計により観測された傾斜変化

第6図(a)~(j)に五城目(GJM), 男鹿(OGA), 仁別(NIB), 田沢湖(TAZ), 黒沢尻(KRS), 姫神(HMK), 大東(DIT), 気仙沼(KSN), 宮古(MYK), 三陸(SNR)の各観測点に設置された計器長が15m以上の水管傾斜計により得られた傾斜変化を示した。期間は

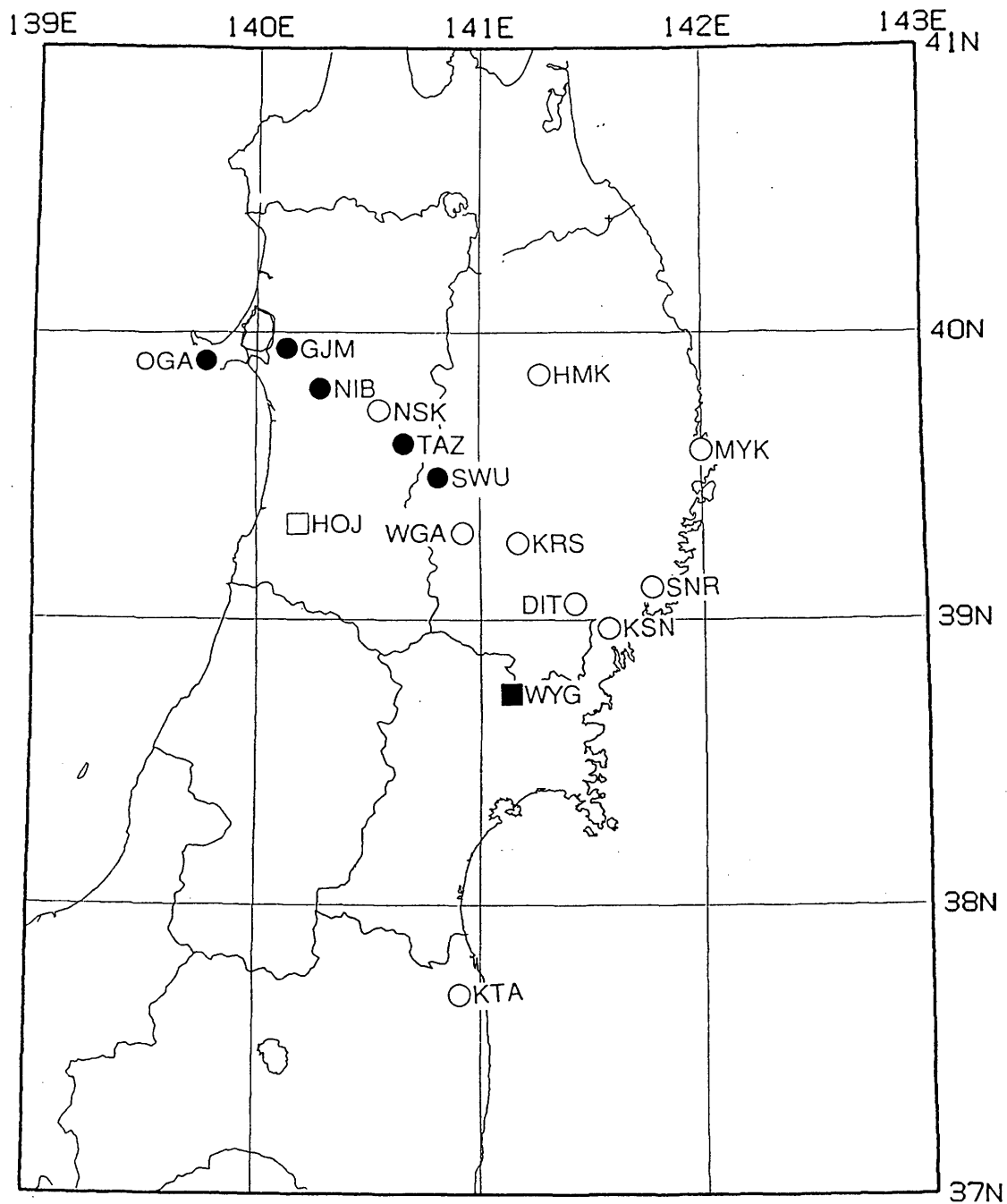
1984年4月から1994年4月までである。上から南北成分の観測データとこの期間の平年値を取り除いた結果、東西方向の観測データとこの期間の平年値を取り除いた結果及び降水量である。平年値を取り除いた結果には730日分のデータの回帰直線から外挿した予測値を重ねてある。平年値を取り除いた成分の下側にマークが付されている部分は予測値と観測値との差が平年値推定の際の標準偏差の2倍を超えている異常値を示す。

4. 力平衡型傾斜計により観測された傾斜変化

第7図に力平衡型傾斜計により観測されたデータを示す。特に何の補正も加えていない生の傾斜変化であるが、観測開始から約200日までは、気圧や降雨の影響もほとんどなく、ドリフトも小さい。200日、230日、250日前後にステップ状の変化が見られるが、これは、それぞれ10月12日、11月11日、11月27日に発生した有感地震に対応している。特に2、3回目の地震時には、ステップ後に時定数の長い指数関数的な変化が見られるが、その原因については今のところ不明である。なお、3つの地震の震央、深さ、マグニチュードは、それぞれ東海道はるか沖（388km, M7.1）、岩手県沖（36km, M5.5）、宮城県北部（112km, M5.9）であり、仙台での震度はそれぞれ2、3、4であった。

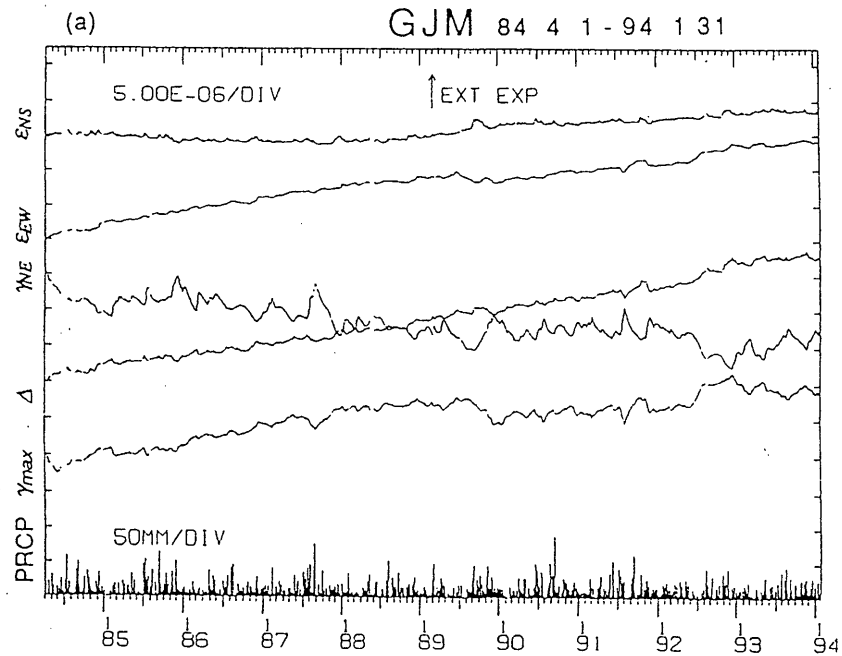
参 考 文 献

- 1) 三品・他：地殻変動連続観測にあらわれた年周変化について（続報），日本測地学会第74回講演会要旨（1990），150-151.
- 2) Tamura et al. : A procedure for tidal analysis with a Bayesian information criterion, *Geophys. J. Int.*, 104, (1991), 507-516.

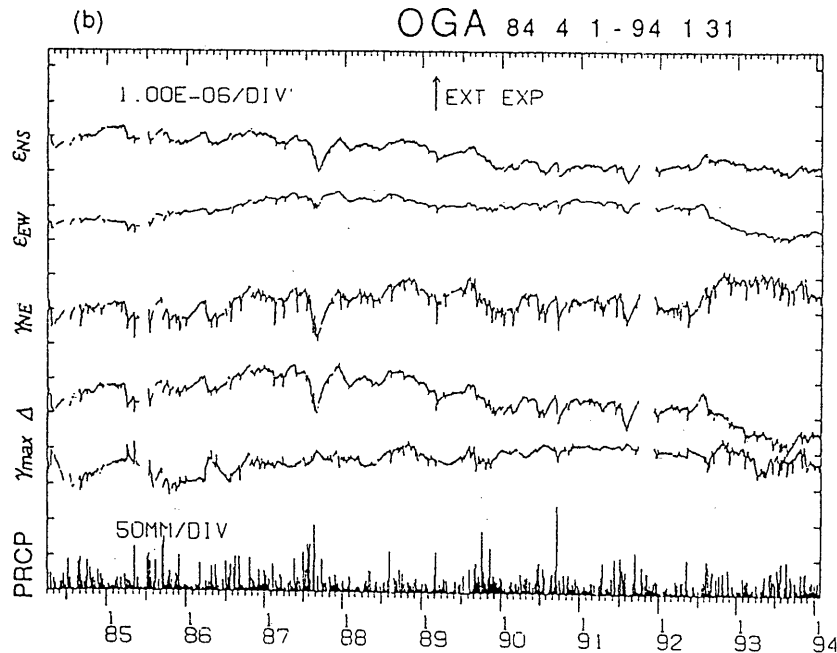


第1図 観測点配置図。●は横坑内の伸縮計，水管傾斜計および体積歪計による歪・傾斜観測を行っている観測点，○は横坑内の伸縮計，水管傾斜計による歪・傾斜観測を行っている観測点，□は体積歪計による歪観測を行っている観測点，■は体積歪計および孔井式傾斜計による歪・傾斜観測を行っている観測点をそれぞれ示す。

Fig.1 Locations of observation stations for strain and tilt measurements. Symbols indicate instruments : closed circles with extensometers, water-tube tiltmeters, and a borehole strainmeter, open circles with extensometers and water-tube tiltmeters, an open square with a borehole strainmeter and a closed square with a borehole strainmeter and tiltmeters.



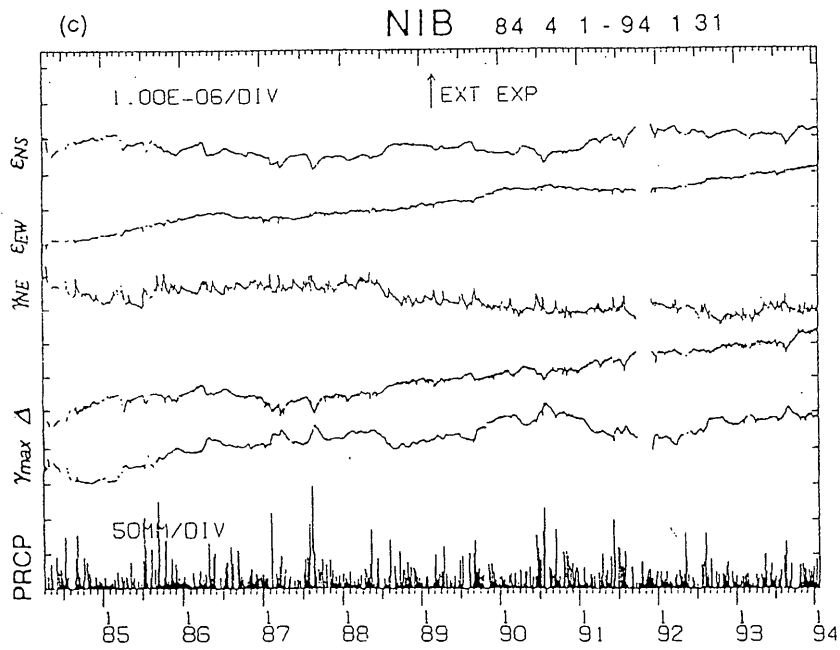
(a) 五城目 (GJM)



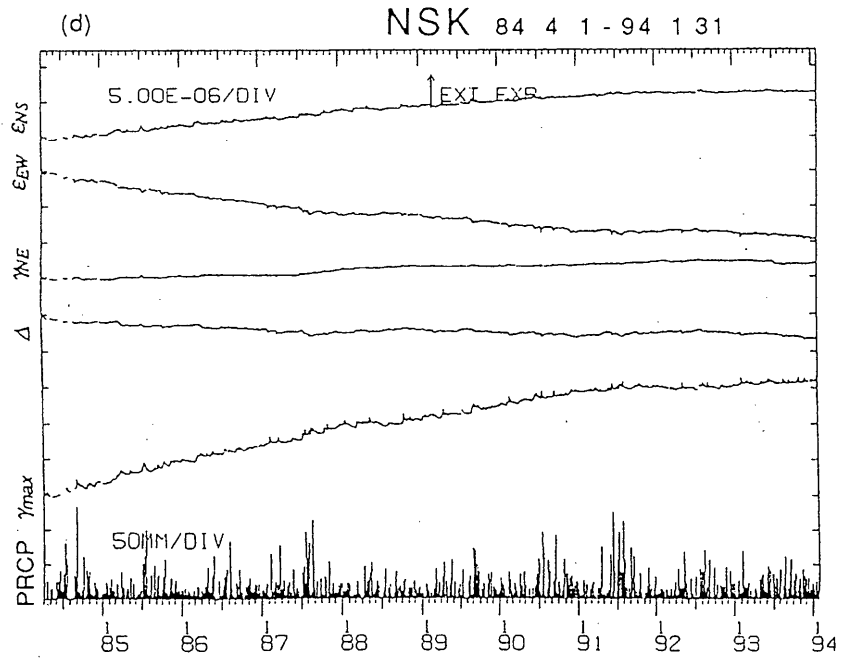
(b) 男鹿 (OGA)

第2図 地殻変動観測点の石英管伸縮計により観測された歪変化 (1984年4月~1994年1月)。各成分ともこの期間における年平均値を求め、観測データから差し引いてある。(a)五城目 (GJM), (b)男鹿 (OGA), (c)仁別 (NIB), (d)西木 (NSK), (e)田沢湖 (TAZ), (f)沢内 (SWU), (g)姫神 (HMK), (h)和賀 (WGA), (i)黒沢尻 (KRS), (j)大東 (DIT), (k)気仙沼 (KSN), (l)三陸 (SNR), (m)宮古 (MYK), (n)北阿武隈 (KTA)。

Fig.2 Strain changes observed by extensometers at (a) GJM, (b) OGA, (c) NIB, (d) NSK, (e) TAZ, (f) SWU, (g) HMK, (h) WGA, (i) KRS, (j) DIT, (k) KSN, (l) SNR, (m) MYK, and (n) KTA for the period from April, 1984 to January, 1994. Normal values for this period are extracted from original data. For each station, two linear strains and a share one corresponding to north and east directions (ϵ_{NS} , ϵ_{EW} , γ_{NE}), dilatation (Δ), and maximum share (γ_{max}) are shown.



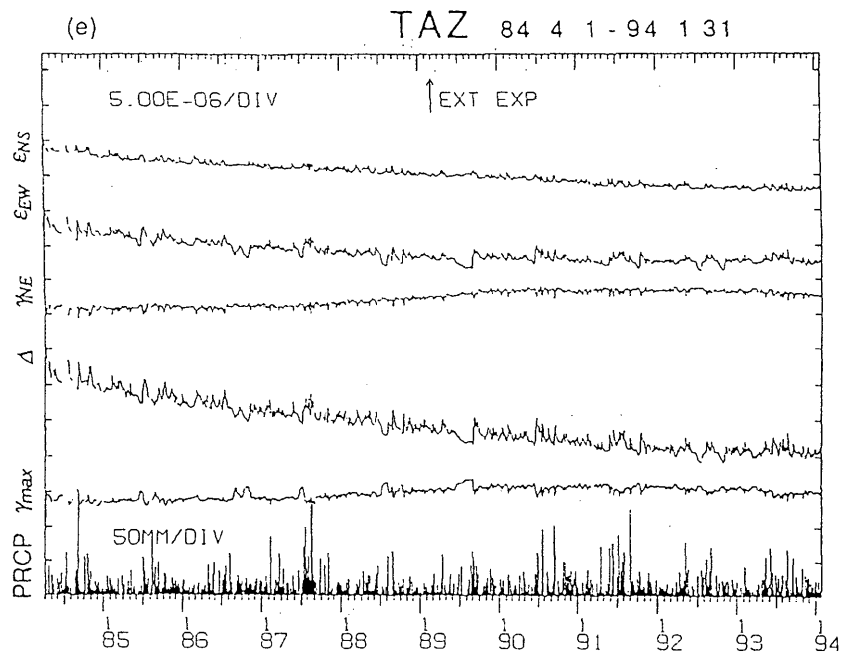
(c) 仁別 (NIB)



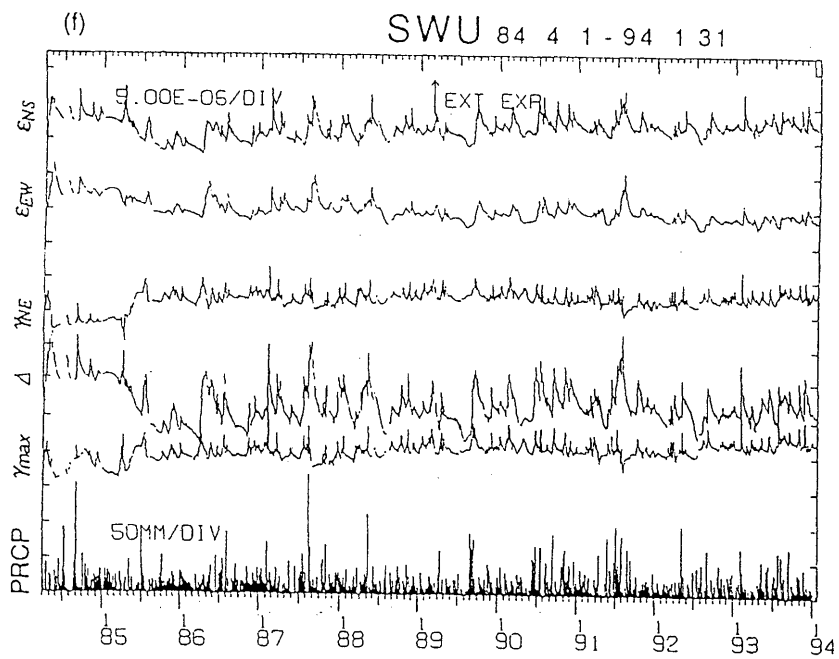
(d) 西木 (NSK)

第2図 つづき

Fig.2 (Continued)



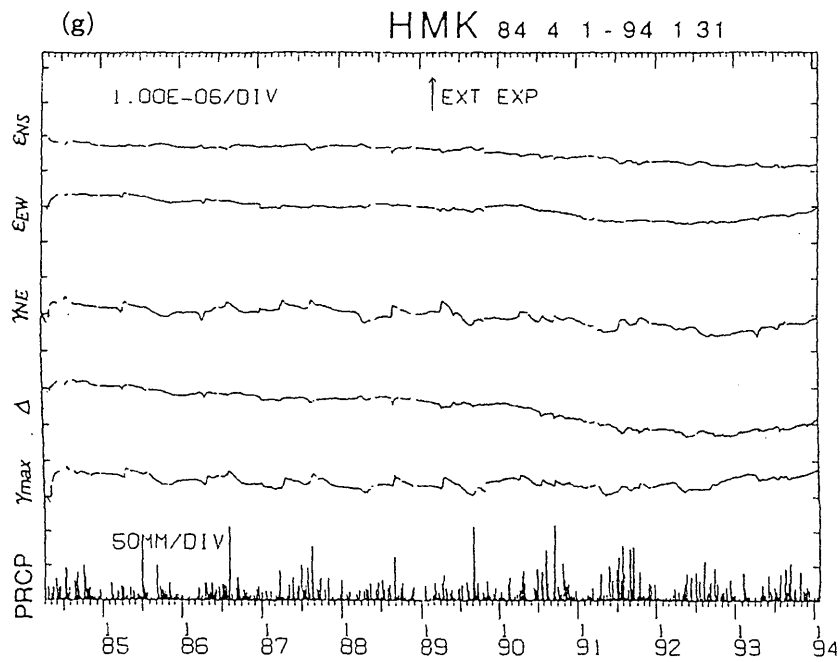
(e) 田沢湖 (TAZ)



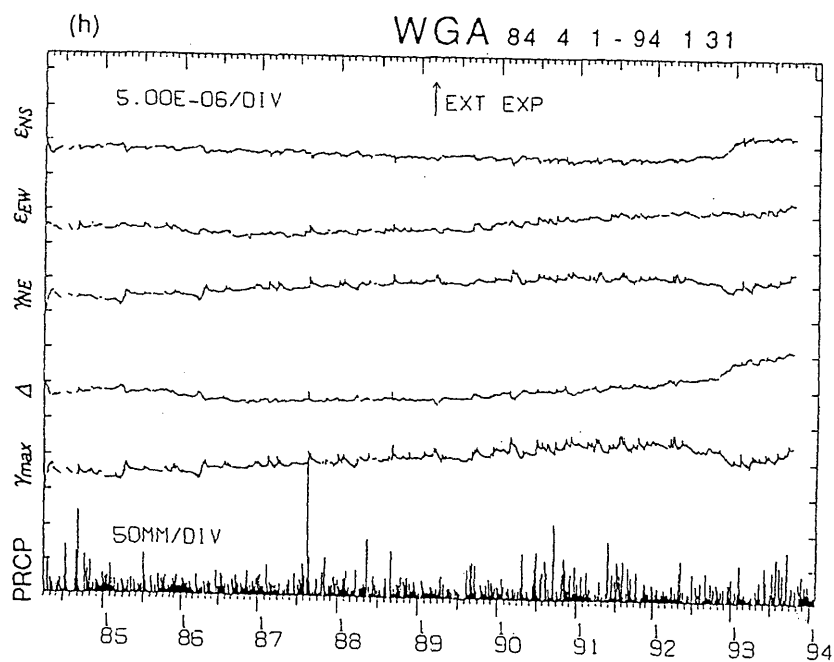
(f) 沢内 (SWU)

第2図 つづき

Fig.2 (Continued)



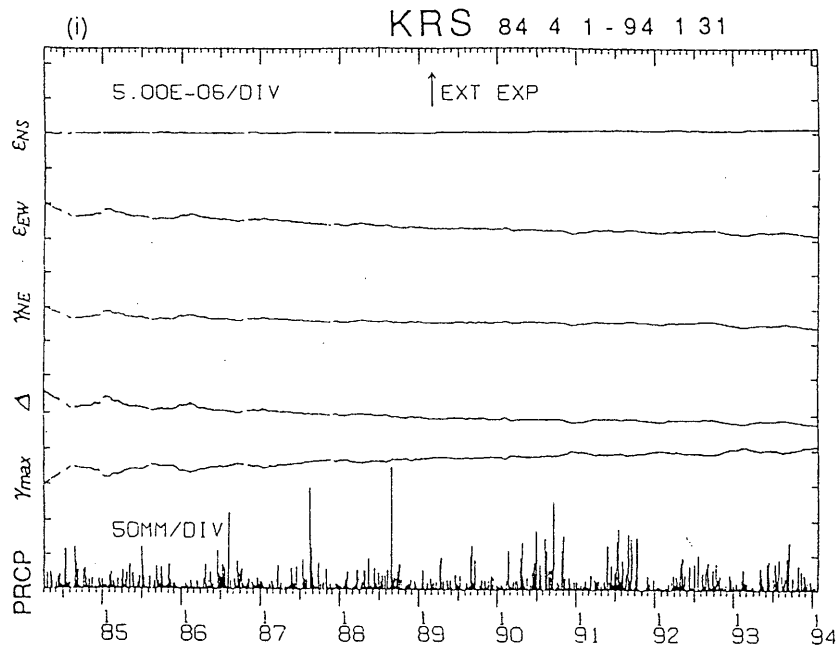
(g) 姫神 (HMK)



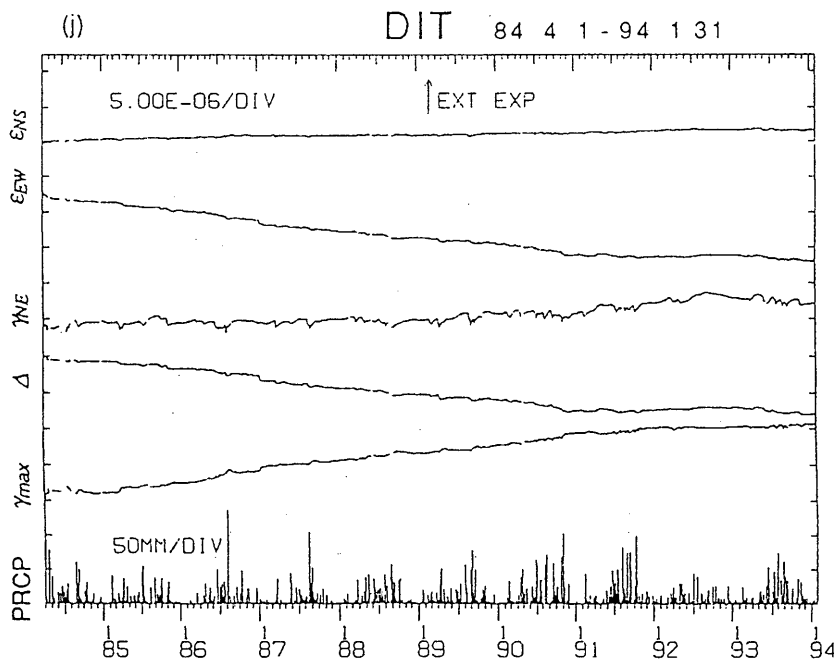
(h) 和賀 (WGA)

第2図 つづき

Fig.2 (Continued)



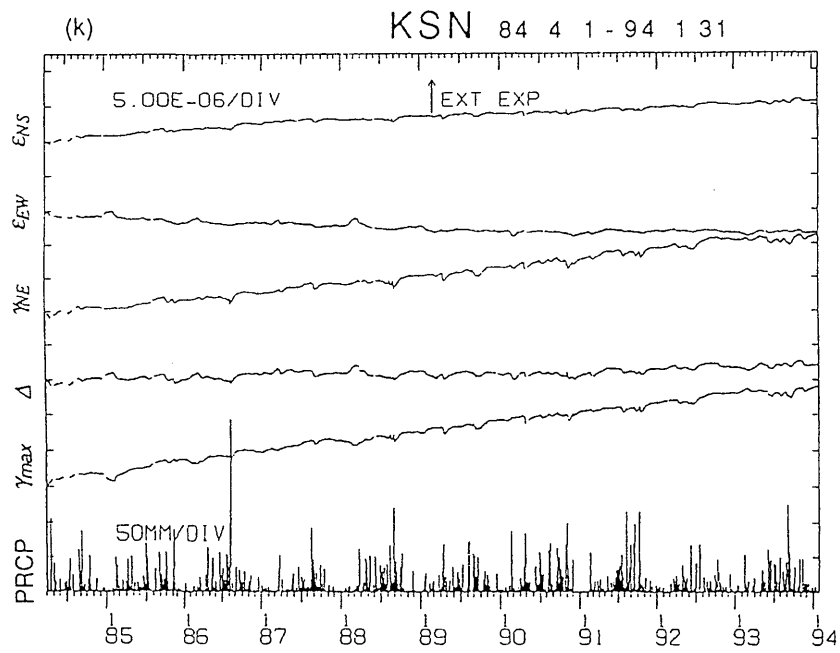
(i) 黒沢尻 (KRS)



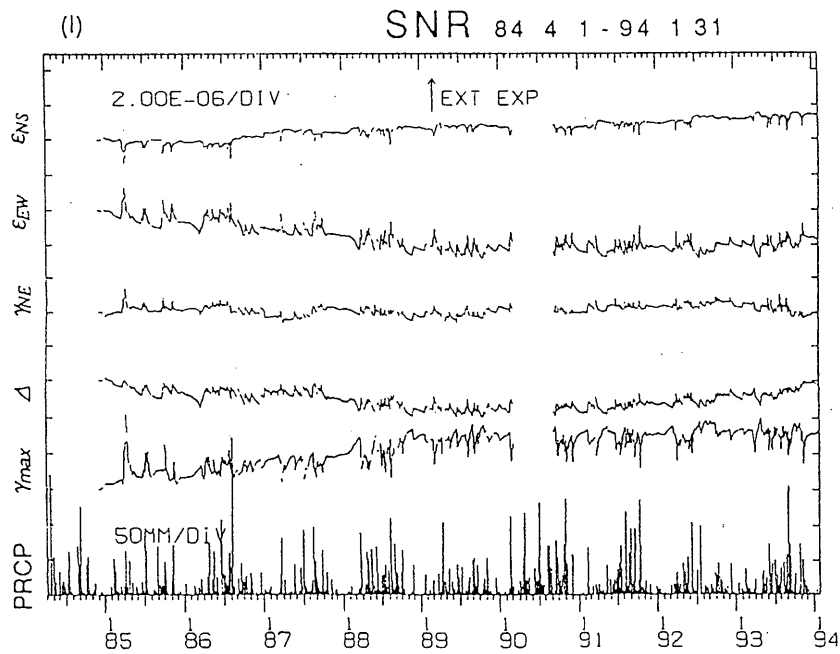
(j) 大東 (DIT)

第2図 つづき

Fig.2 (Continued)



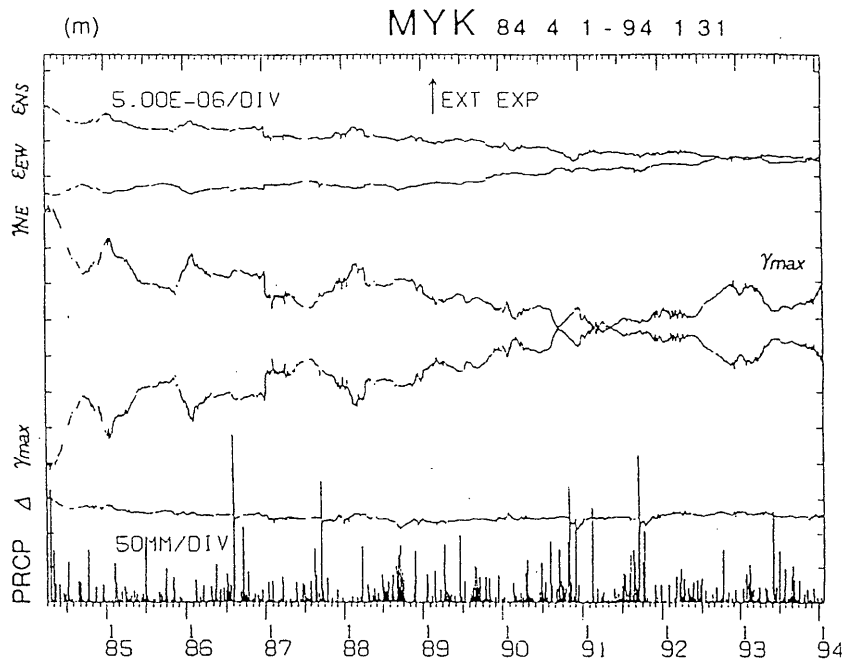
(k) 気仙沼 (KSN)



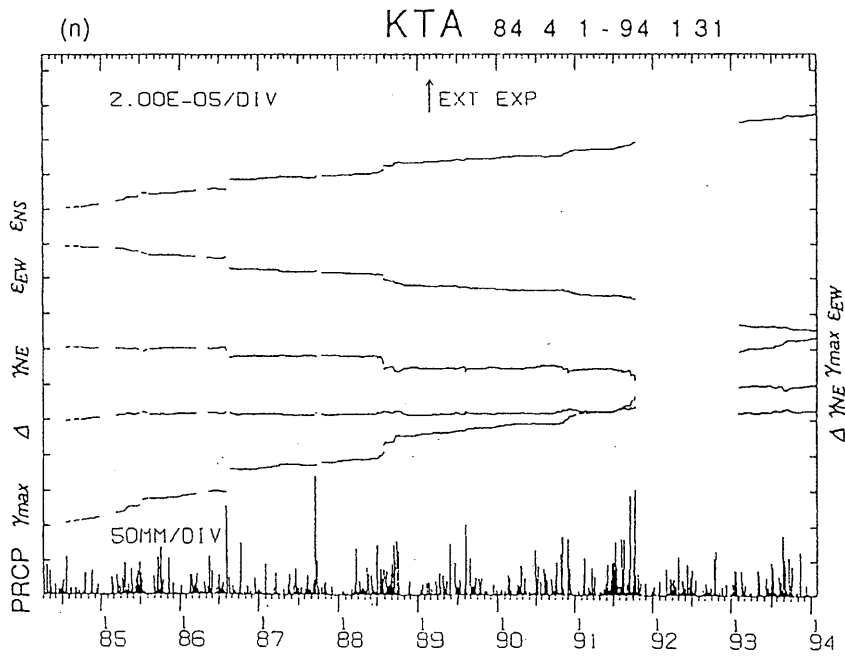
(l) 三陸 (SNR)

第2図 つづき

Fig.2 (Continued)

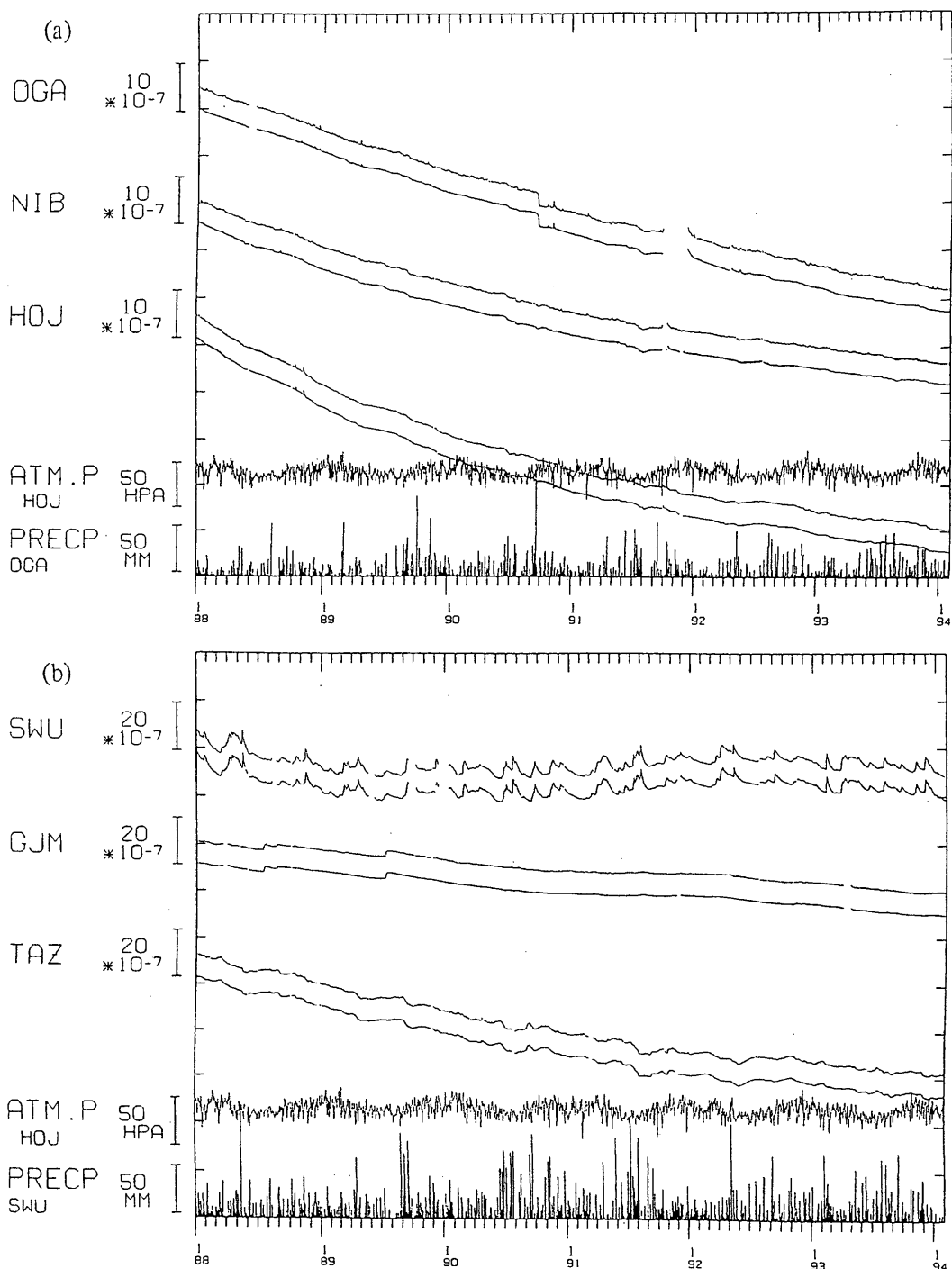


(m) 宮古 (MYK)



(n) 北阿武隈 (K T A)

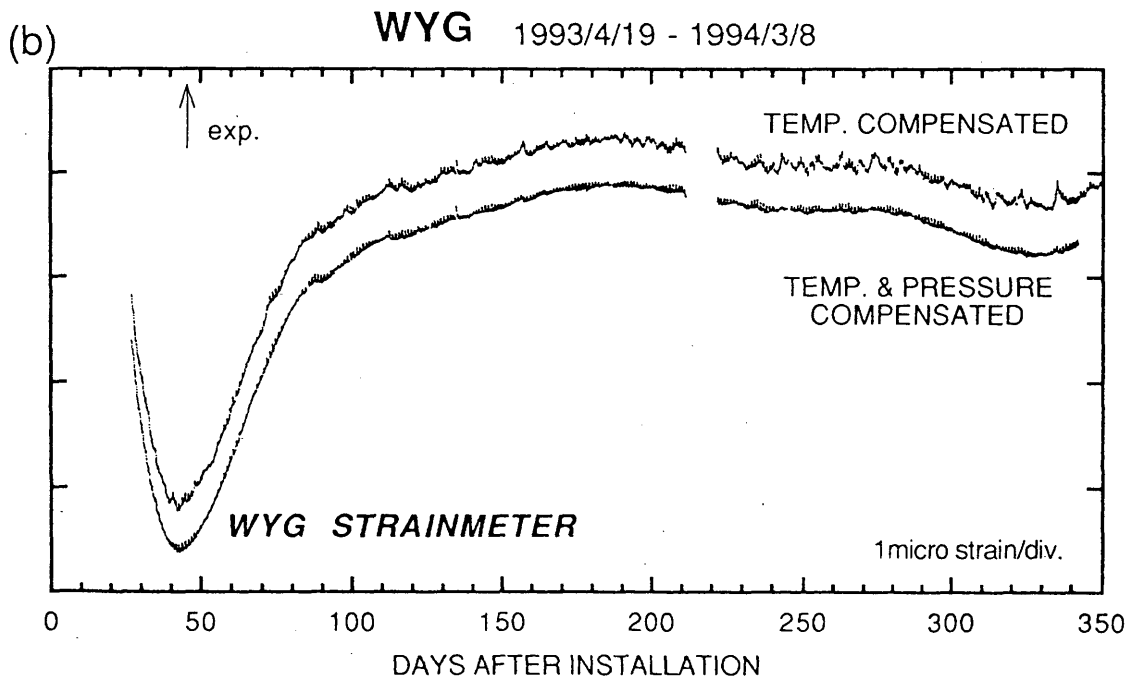
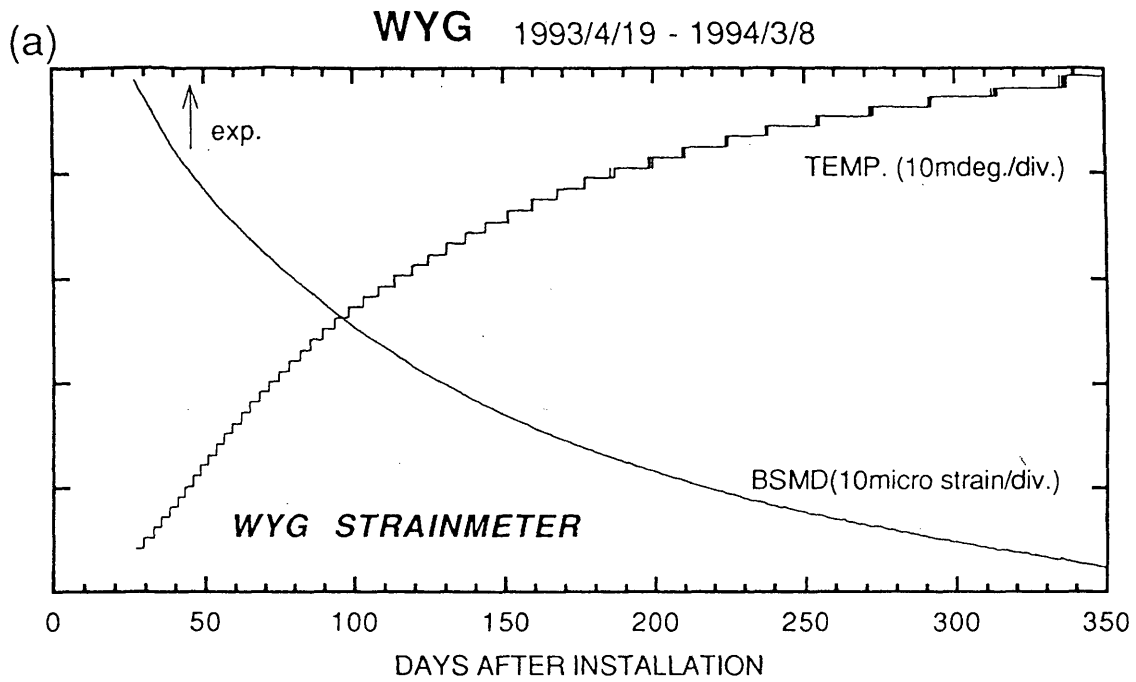
第2図 つづき
Fig.2 (Continued)



第3図 体積歪計により観測された歪変化（1988年1月～1994年1月）。

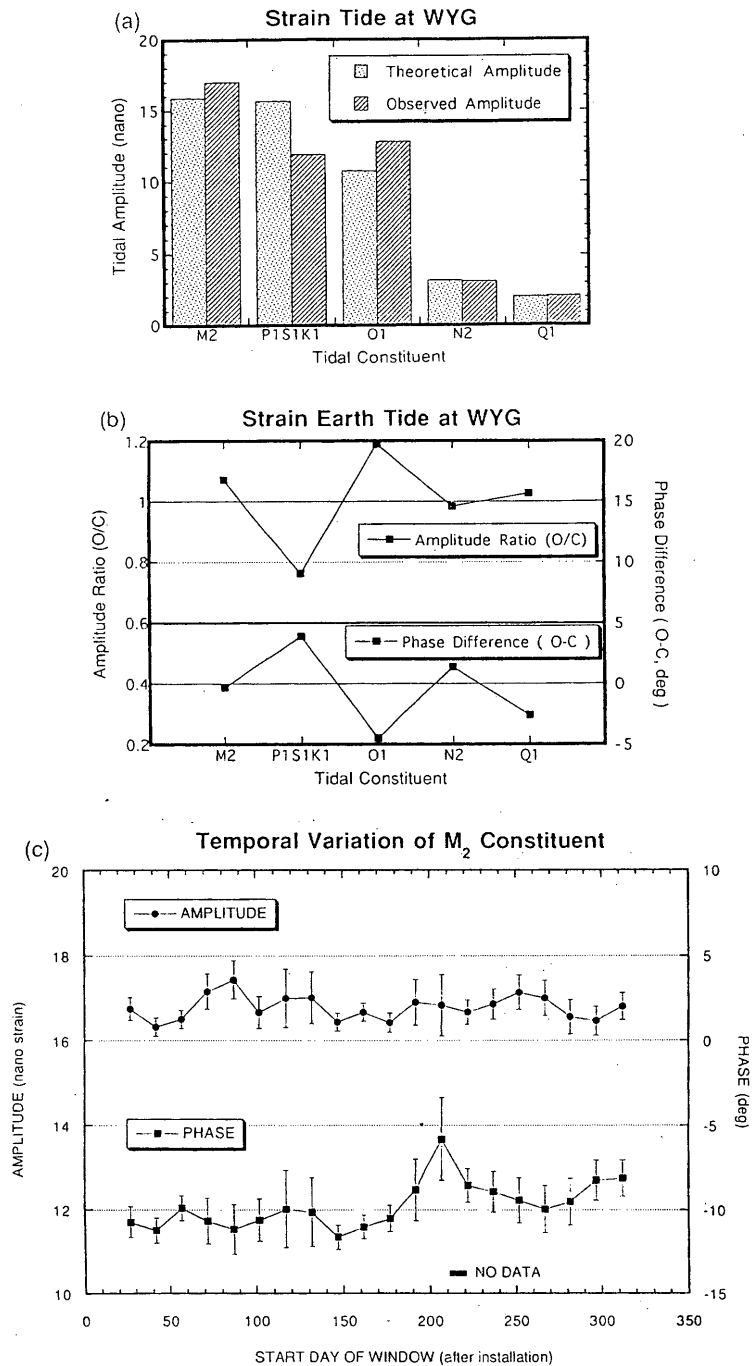
(a)男鹿(OGA), 仁別(NIB), 本荘(HOJ), 本荘における気圧(ATM.P HOJ), 男鹿における日別降水量 (PRECP OGA), (b) 沢内(SWU), 五城目(GJM), 田沢湖(TAZ), 本荘における気圧 (ATM.P HOJ), 沢内における日別降水量 (PRECP SWU)。各観測点の体積歪計のデータは、気圧未補正(上)と気圧補正を施した結果(下)を示してある。計器の設置深度は、(a)の3ヶ所が約200m, (b)の3ヶ所が約100mである。

Fig.3 Strain changes observed by borehole strainmeters for the period from January, 1988 to January, 1994. (a) OGA, NIB, HOJ with atmospheric pressure at HOJ and daily precipitation at OGA. (b) SWU, GJM, TAZ with atmospheric pressure at HOJ and daily precipitation at SWU. Depths of instruments are about 200m for (a) and about 100m for (b).



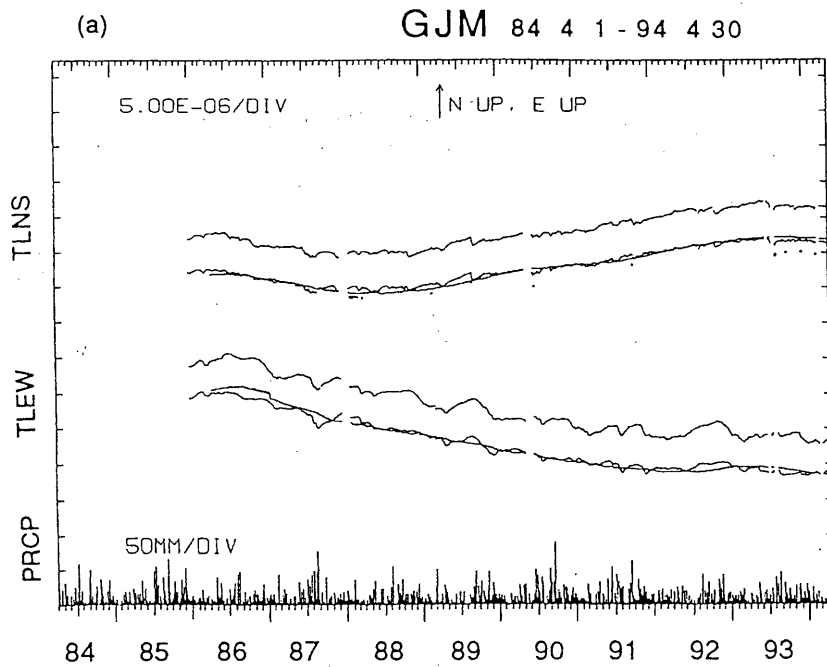
第4図 (a)若柳観測井の体積歪計により得られた歪変化および観測計器容器内の温度変化。期間は1993年4月19日から1994年3月9日まで。横軸は計器設置日からの日数で示してある。(b) (a)で示した若柳観測井の体積歪計の観測データに、温度補正を施した結果(上)と、さらに気圧補正を施した結果(下)。

Fig.4 (a) Strain changes observed by a borehole strainmeter installed at WYG with temperature changes in the instrument for the period from April, 1993 to March, 1994. The abscissa is days after installation. (b) Results compensated for temperature changes (upper) and temperature and pressure changes (lower).

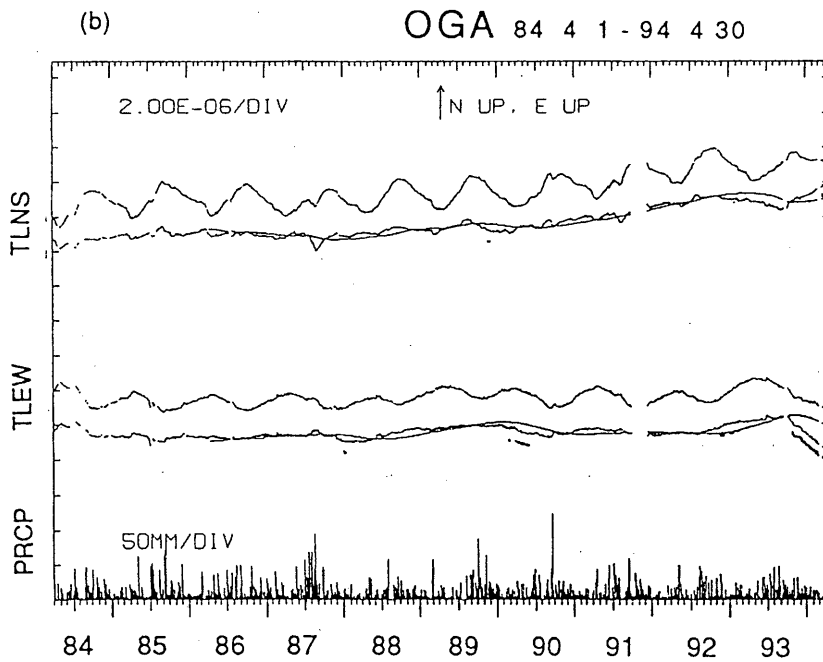


第5図 (a) BAYTAP-Gにより推定された、地球潮汐の主要各分潮の振幅の観測値と、GOTICにより計算された理論値。解析に用いた期間は、1993年7月から9月までの3ヶ月間。(b) 地球潮汐の主要各分潮の観測値と理論値の振幅比(上)および、位相差(下)。(c) 第4図で示した全観測期間について、30日の解析期間を15日ずつずらしながらBAYTAP-Gによる解析を行った結果(M_2 分潮)。上が振幅、下が位相を示す。横軸は計器設置日からの日数で示してあり、各シンボルは解析期間の始まりの日時を示す。図中太線で示した期間は長期の欠測期間を示す。

Fig.5 (a) Amplitudes of major tidal constituents estimated by BAYTAP-G with theoretical values calculated by GOTIC. The period used for BAYTAP-G analysis is from April 19, 1993 to March 9, 1994. (b) Amplitude ratios and phase differences between the estimation and calculation. (c) Temporal variations of the amplitude and phase of M_2 constituent estimated by BAYTAP-G. Time windows for estimation are 30 days shifted every 15 days. Symbols indicate beginnings of the windows. The abscissa is days after installation. A bold line in the figure denotes a period without observation.



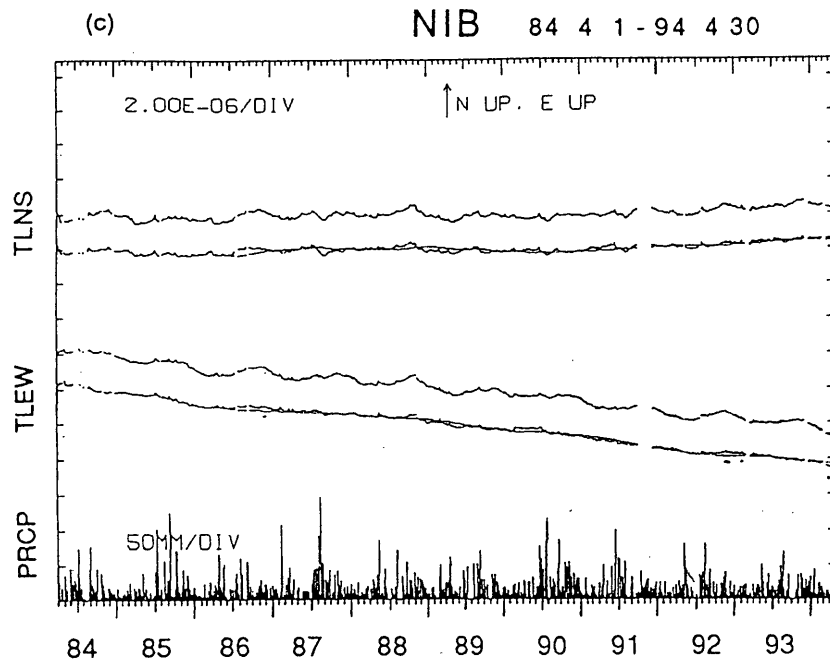
(a) 五城目 (GJM)



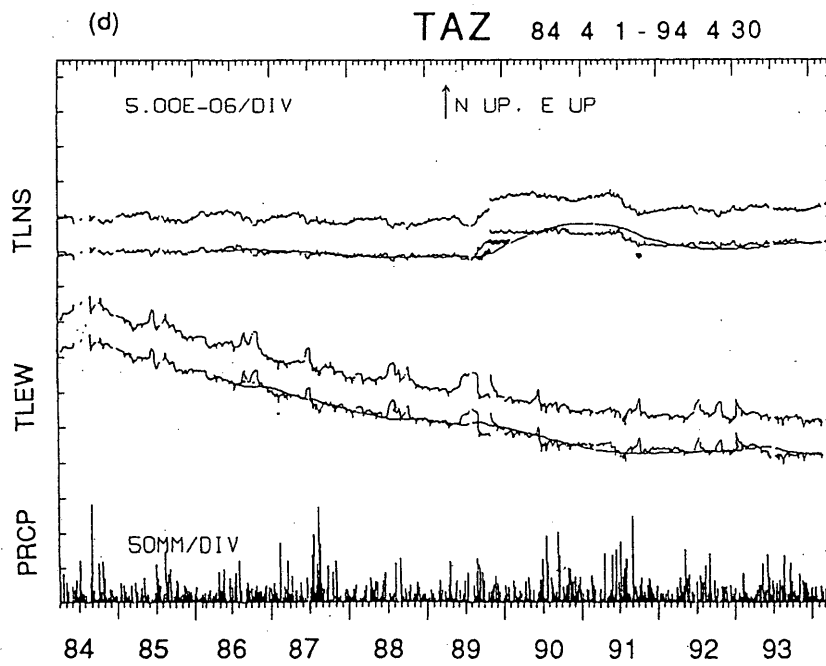
(b) 男鹿 (OGA)

第6図 地殻変動観測点の水管傾斜計により観測された傾斜変化 (1984年4月~1994年4月)。上から南北成分の観測データ, 平年値を取り除いた結果, 東西成分の観測データ, 平年値を取り除いた結果, 日別降水量を示す。平年値を取り除いた結果には730日分のデータの回帰直線から外挿した予測値を重ねてある。平年値を取り除いた成分の下側にマークが付されている部分は予測値と観測値との差が平年値推定の際の標準偏差の2倍を超えていることを示す。(a)五城目(GJM), (b)男鹿(OGA), (c)仁別(NIB), (d)田沢湖(TAZ), (e)黒沢尻(KRS), (f)姫神(HMK), (g)大東(DIT), (h)気仙沼(KSN), (i)宮古(MYK), (j)三陸(SNR)。

Fig.6 Tilt changes observed by water-tube tiltmeters at (a)GJM, (b)OGA, (c)NIB, (d)TAZ, (e)KRS, (f)HMK, (g)DIT, (h)KSN, (i)MYK, and (j)SNR for the period from April, 1984 to April, 1994. For each station, observed and reduced data corrected for normal values for north-south and east-west tilt components, and daily precipitation are shown. Smooth lines overlaid on reduced data indicate predicted values extrapolated from the preceding 730 days data. Bold lines under the reduced data demonstrate anomalous data with a criterion: if reduced data differ from predicted values more than twice of standard deviation in estimating the normal values.



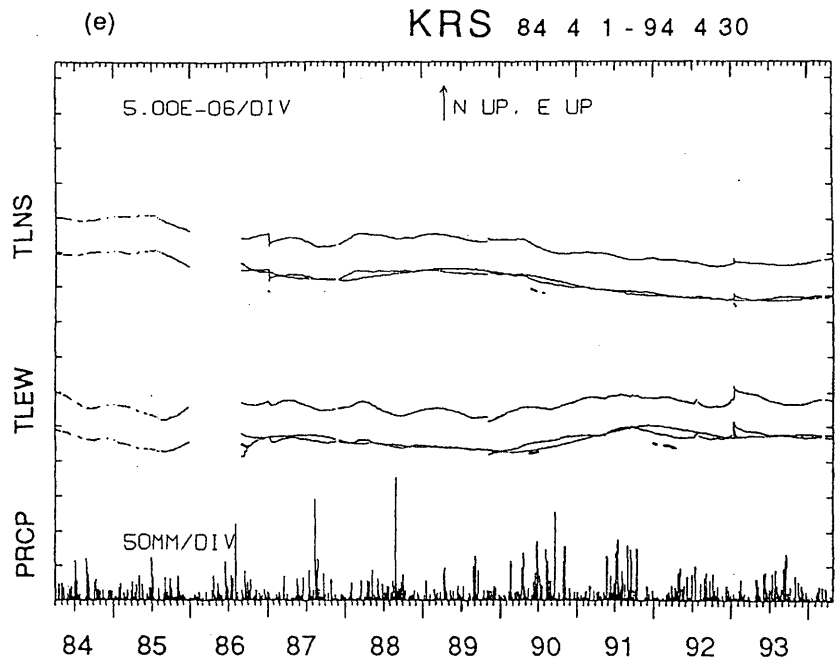
(c) 仁別 (N I B)



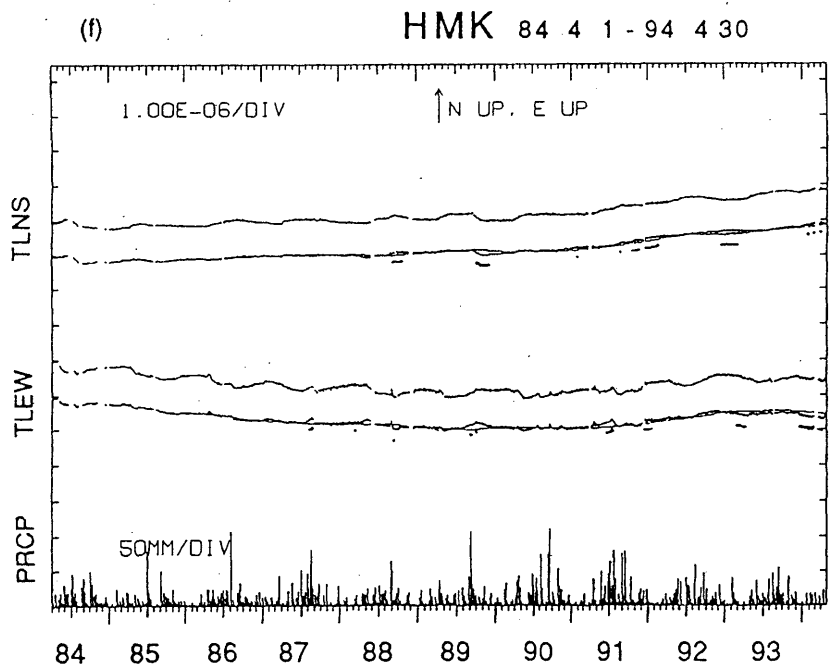
(d) 田沢湖 (T A Z)

第6図 つづき

Fig.6 (Continued)



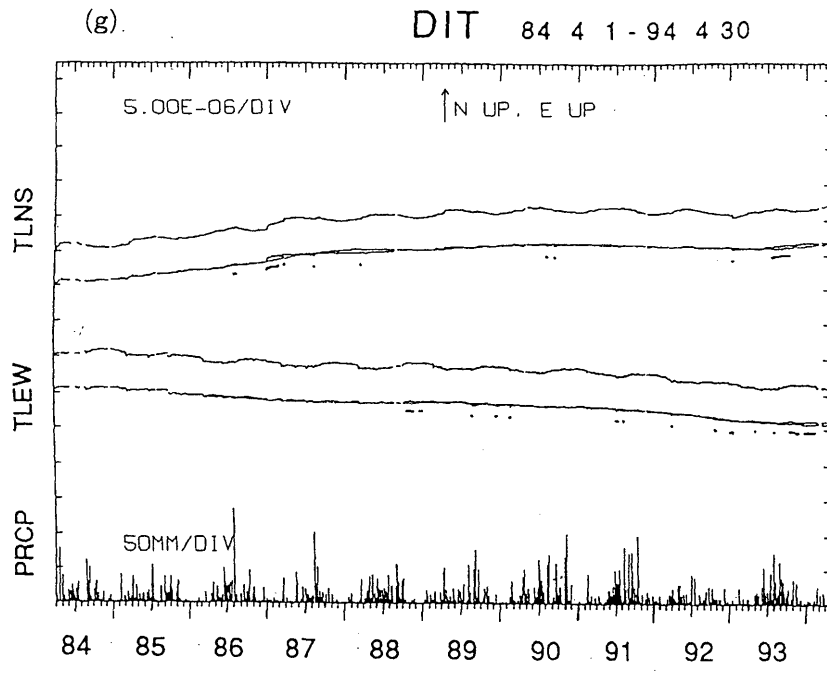
(e) 黒沢尻 (KRS)



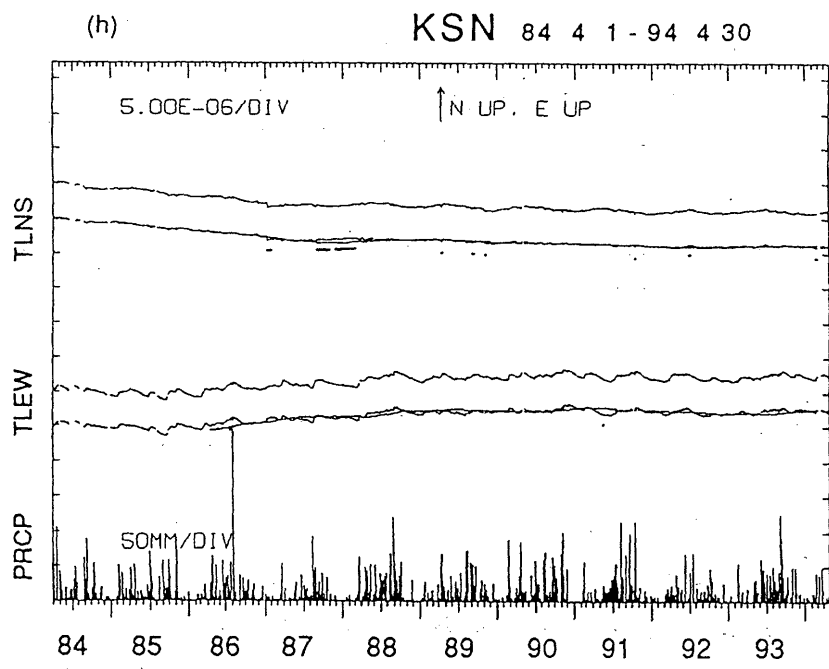
(f) 姫神 (HMK)

第6図 つづき

Fig.6 (Continued)



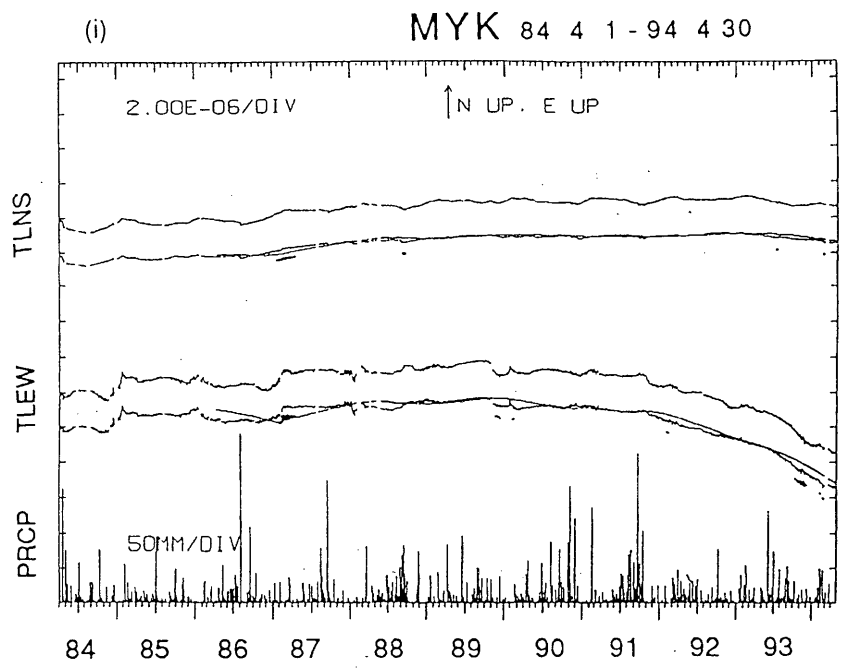
(g) 大東 (D I T)



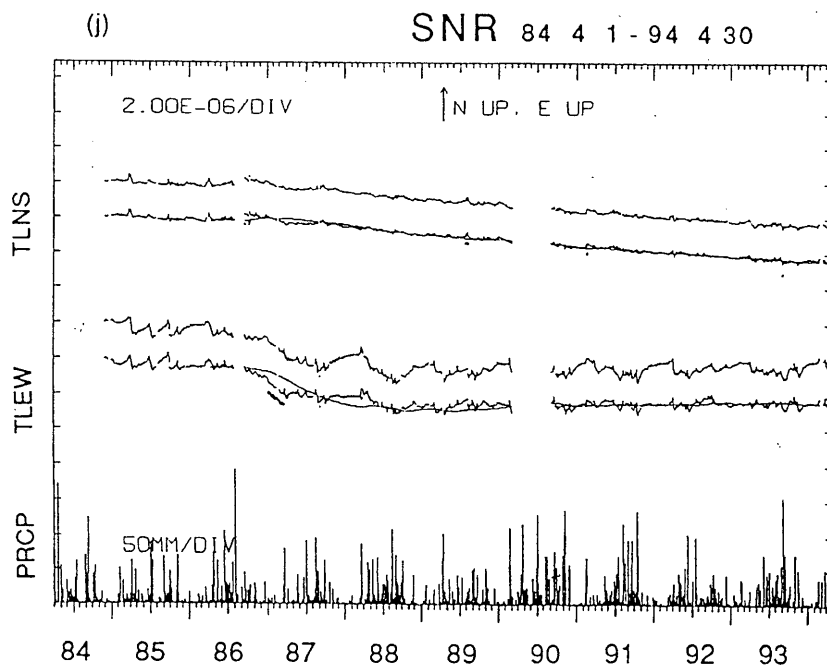
(h) 気仙沼 (K S N)

第6図 つづき

Fig.6 (Continued)



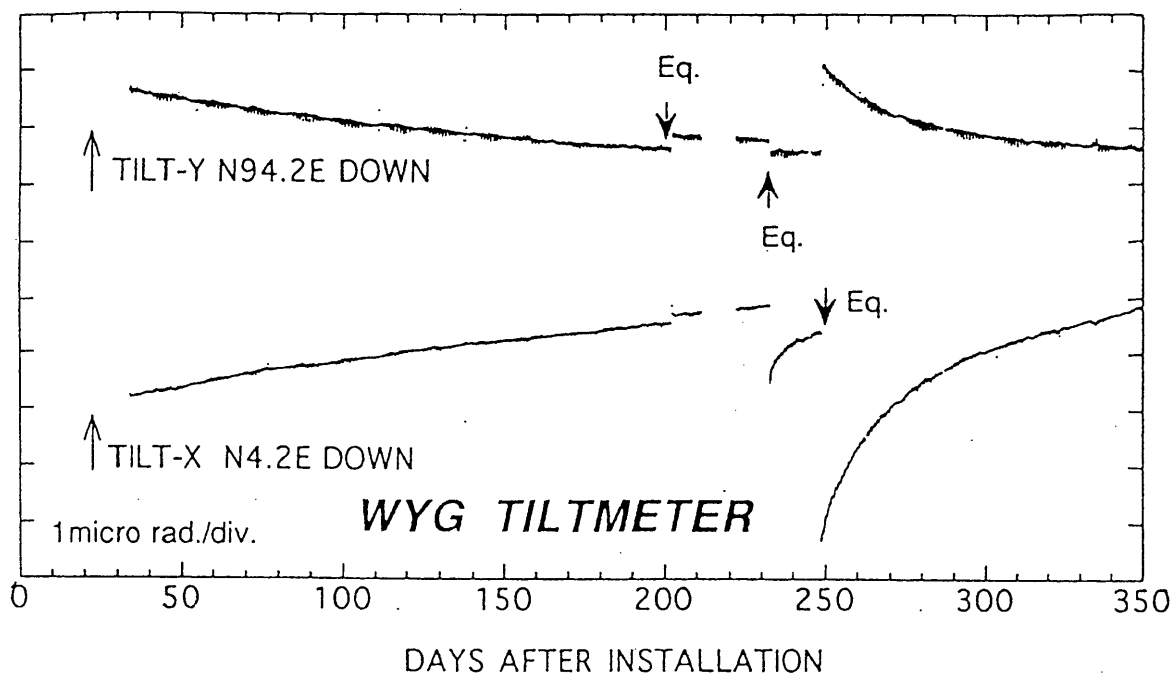
(i) 宮古 (MYK)



(j) 三陸 (SNR)

第6図 つづき

Fig.6 (Continued)



第7図 若柳観測井の力平衡型傾斜計により観測された傾斜変化。期間は1993年4月19日から1994年3月9日まで。上がN94.2° E下がり，下がN4.2° E下がりの成分を示す。図中Eq.で示してあるのは主な有感地震である。

Fig.7 Tilt changes observed by borehole tiltmeter installed at WYG for the period from April, 1993 to March, 1994. Upper and lower traces indicate N94.2E down and N4.2E down, respectively. Arrows marked with "Eq." in the figure denote the occurrence of major earthquakes felt at the site.