

3-10 坂田式三成分ひずみ計による長期連続観測結果から推定される地殻岩石の粘性係数

Viscosities of Crustal Rocks Estimated from Long-term Continuous Observation by Sakata-type Three-component Borehole Strainmeters

防災科学技術研究所

National Research Institute for Earth Science and Disaste Prevention

現在当研究所では、坂田式三成分ひずみ計を単体あるいはIBOSとして数点に設置し、観測を続けてきている。長期連続観測結果の現すものの主要部分は岩石のクリープ変形である、として解析することにより、地殻岩石の粘性係数が推定された。

今回取り扱う観測点は、単体として八郷1, 2号（観測開始1982年）、甲府（1987年）、IBOSとして玄倉（1990年）、平塚（1992年）、真鶴（1994年）の計6点である。第2～7図は、ひずみ計の生データである隔室断面積の日値の経年変化を各観測点について表したものである。比較の便利のために、縦軸も横軸も同一にしてある。どの観測点においても3本の断面積変化曲線がたいへんよく似た形状をしていることに気がつく。これらから、ひずみ計の周りの岩石が孔井の中心方向に一様にせり出すクリープ変形を起こしていることがわかる。孔井掘削以前に岩体中はほぼ静水圧状態にあったと推定されるので、孔井掘削後は、以前の静水圧と絶対値が等しい引っ張り応力が孔井壁面に働くことになる。この定常的な応力により孔井壁が内側に引っ張られ、経年変化を起こす推定される。

岩石を代表する粘弾性モデルを考え、先の引っ張り応力を働かせると、孔井壁面の中心方向へのせり出しの時間変化を理論的に得ることができる。以前の解析（たとえば坂田(1997)¹⁾）ではBurgerモデルを用いて、遷移クリープと定常クリープを統合的に解析しようとしたが、今回の解析においては問題を単純化するため、遷移クリープ部分は取り扱わないで、定常クリープ部分のみを取り扱うこととした。そのためMaxwellモデルを使用し、現実の観測データの定常部分と理論結果を一致させることにより、粘性係数を求めた。

まず、ひずみ計を含む孔井の断面を第1図のように簡略化した。この孔井壁に引っ張り応力として $\sigma_r (= \rho_m g H)$ が働くが、孔井壁の変位は、岩石がMaxwell物体であると

$$u(a) = - (\sigma_r \cdot a/2) \cdot (1/G + t/\eta) \quad (1)$$

となる。

一方、観測値である断面積変化は、観測開始後数年を経ると定常的な部分が卓越してくる。これらを、 $\Delta S_i = C_i - B_i \cdot t$ ($i = 1, 2, 3$) のように直線で近似し、 B_1, B_2, B_3 の値を読みとる。これらと先の孔井壁の変位との関係は、

$$\begin{aligned} u(a) \cdot 2\pi a &= \Delta S_1 + \Delta S_2 + \Delta S_3 \\ &= C_1 + C_2 + C_3 - (B_1 + B_2 + B_3)t \end{aligned} \quad (2)$$

となる。ここで②に①を代入し、時間に1次比例する項を取り出すことにより、

$$\eta = (\pi a^2) \cdot (\sigma_r) / (B_1 + B_2 + B_3)$$

として粘性係数 η が求められる(第1表)。これらの値は、たとえばSasajima and Ito(1980)²⁾ が室内実験から求めたものと調和的である。粘性係数を岩石の剛性率で割るとMaxwellの緩和時間 τ_m が得ら

れる。これは、このシステムを一定のひずみ状態に置いておくと、応力が時間とともに指数関数的に減少するが、初期値の1/eになるのに要する時間である。なおテクトニックな原因によるひずみ変化は小さいため、クリープ変形に隠れてしまっているのであろう。

(坂田正治)

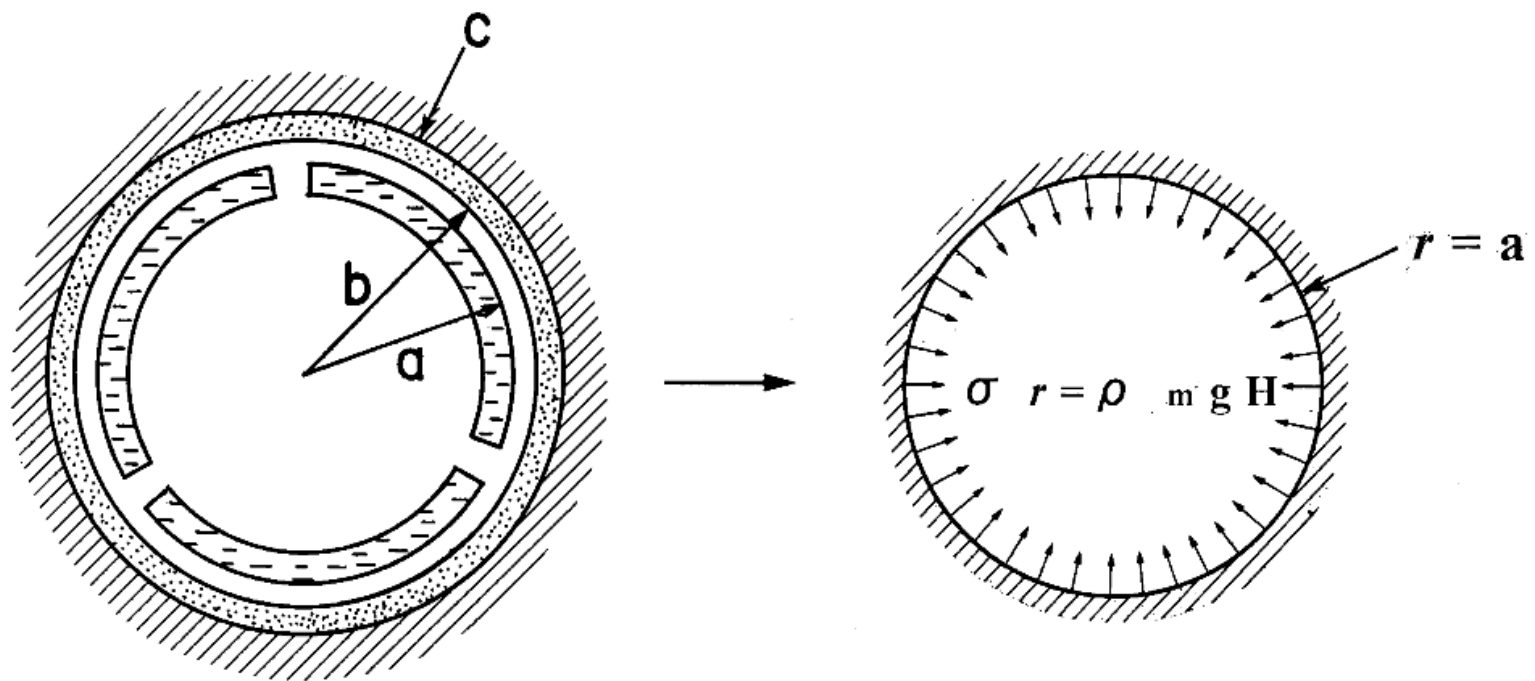
参 考 文 献

- 1) 坂田正治：地殻の非弾性と応力の緩み — 三成分ひずみ計による長期連続観測結果からの推定 —, 日本地震学会講演予稿集 (1998年度秋期大会), B12.
- 2) Sasajima, S. and H. Ito: Long-term creep experiment on rock with small deviator of stress under high confining pressure and temperature, *Tectonophysics*, 68(1980), 183 - 198.

第 1 表 地殻岩石の粘性係数

Table 1 Viscosities of crustal rocks derived from analysis of stationary creep detected by Sakata-type three-component strainmeters. H: depth of the instrument, ρ_m : mean density of the rock along the borehole, G: rigidity obtained from core testing .

	H (m)	ρ_m (10^3g/m^3)	σ_r (MPa)	B1+B2+B3 ($10^{-16} \text{m}^2/\text{s}$)	η ($10^{19} \text{Pa}\cdot\text{s}$)	G (GPa)	τ_m (100years)
八郷1号	156.6	2.4	3.7	4.0	8.4	15	1.8
八郷2号	161.2	2.4	3.8	5.3	6.6	19	1.1
甲府	139.6	2.5	3.4	0.74	42	21	6.6
玄倉	173.3	2.5	4.2	2.5	16	18	2.8
平塚	196.9	2.1	4.1	9.9	3.9	8.4	1.1
真鶴	173.5	2.3	3.9	3.2	12	14	2.7

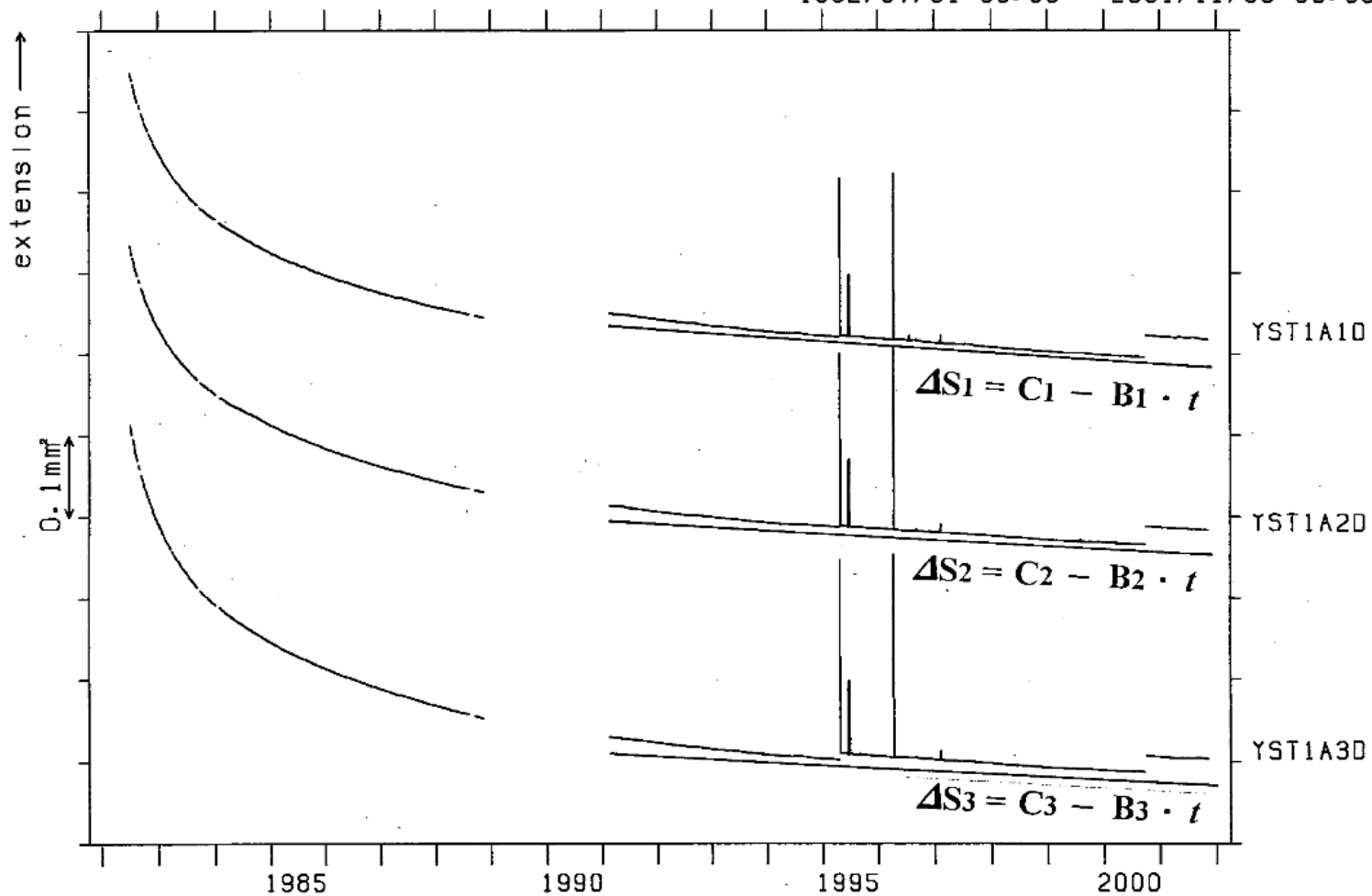


第1図 三成分ひずみ計を含む孔井断面の簡略化

Fig.1 Idealization of the horizontal section of the strainer and the surrounding mortar. The metal plate of the strainer ($r = a \sim b$) and the mortar ($r = b \sim c$) are replaced by the rock ($r > c$). Three metal partition walls are neglected.

YST1 STRC (A1D, A2D, A3D)

1982/07/01 00:00 - 2001/11/05 00:00

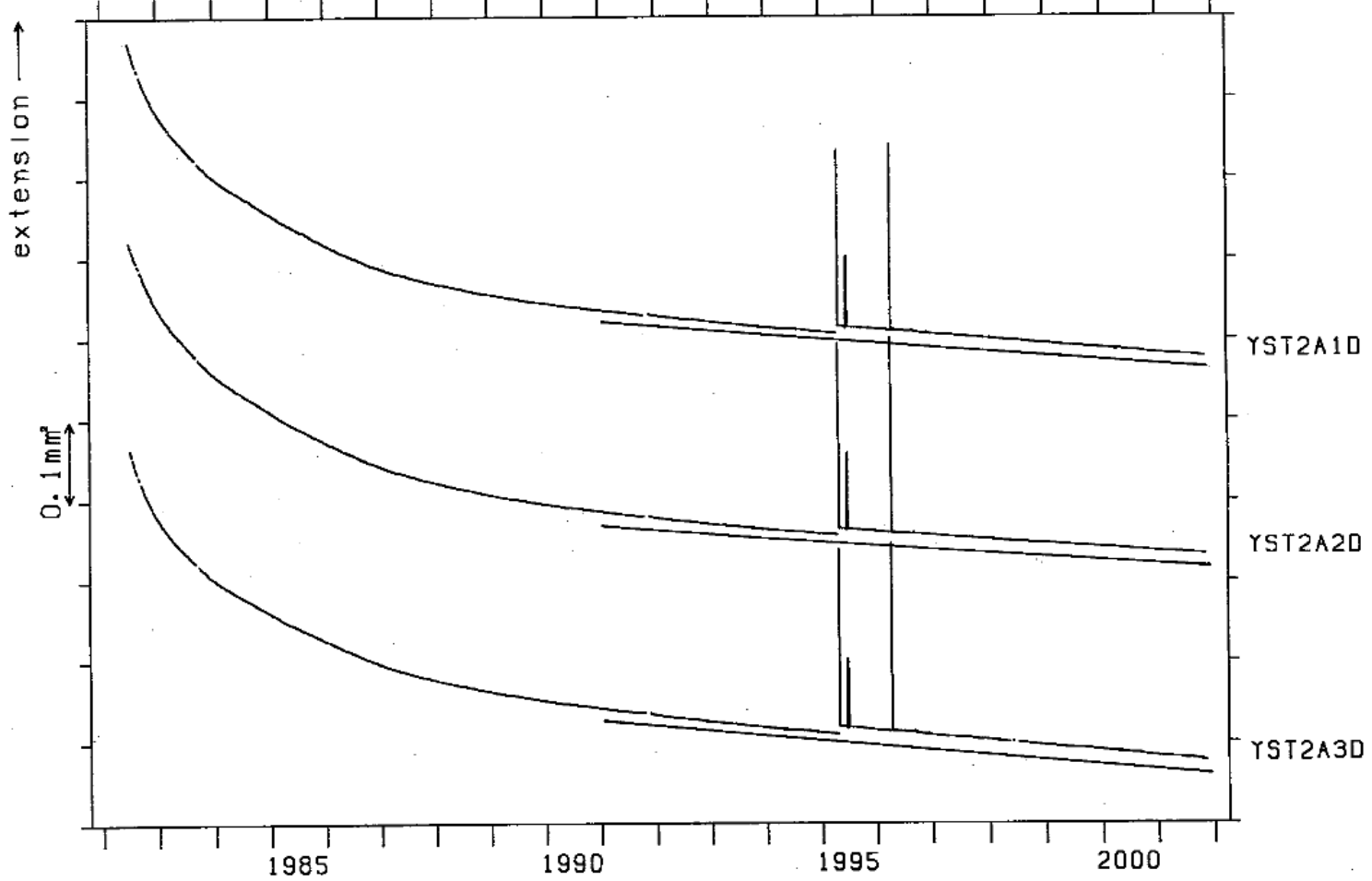


第2図 八郷1号機の長期連続観測結果 (1982年7月～)

Fig.2 Record of continuous observation at Yasato No.1 station(July, 1982～). Values of A1D, A2D, and A3D show section area changes of three chambers, of which azimuths are N000°, N120°, and N240° respectively.

YST2 STRC (A1D, A2D, A3D)

1982/07/01 00:00 - 2001/11/05 00:00

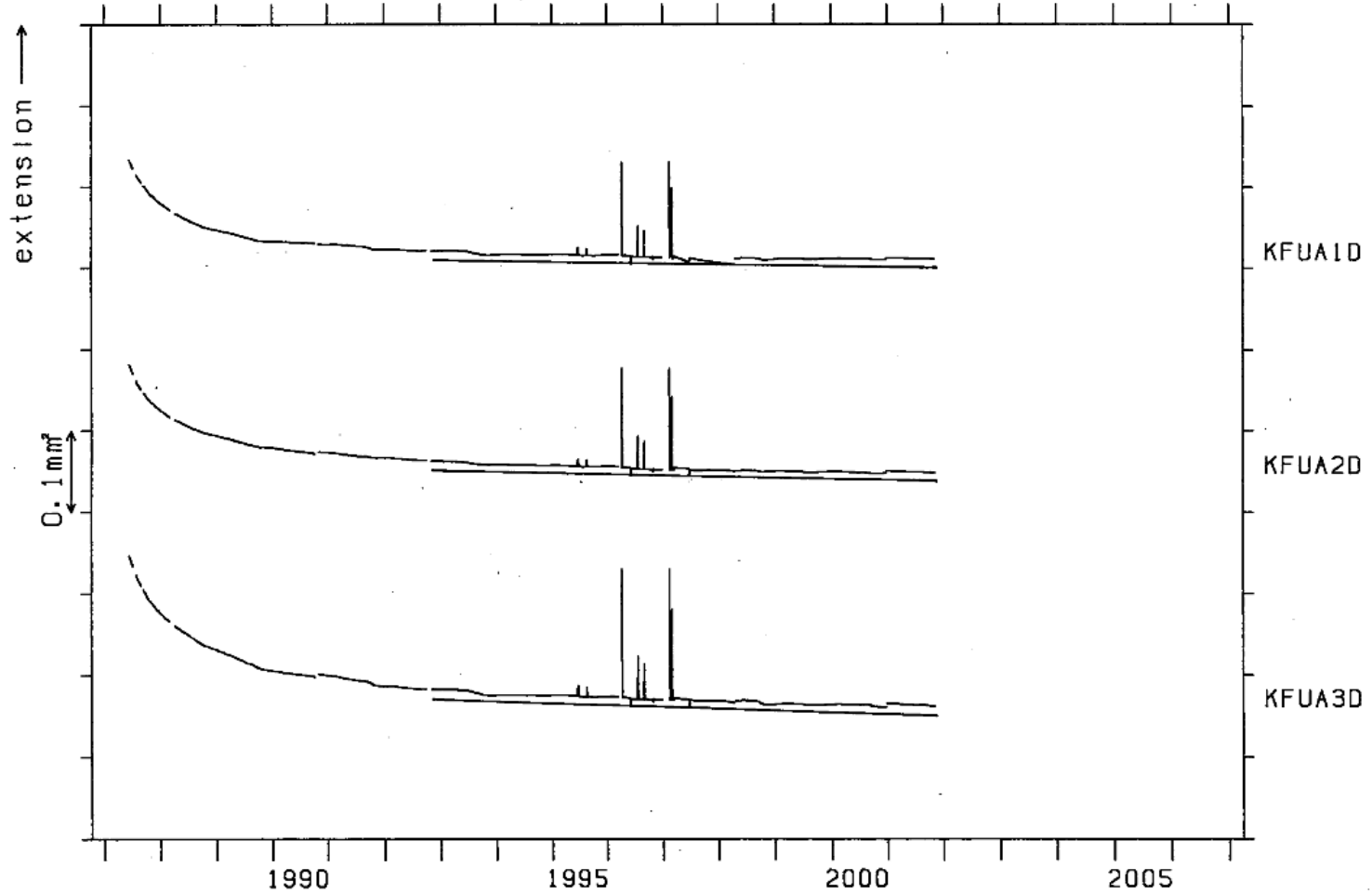


第3図 八郷2号機の長期連続観測結果 (1982年7月~)

Fig.3 Record of continuous observation at Yasato No.2 station(July, 1982~).

KFU STRC (A1D, A2D, A3D)

1987/04/01 00:00 - 2001/11/05 00:00

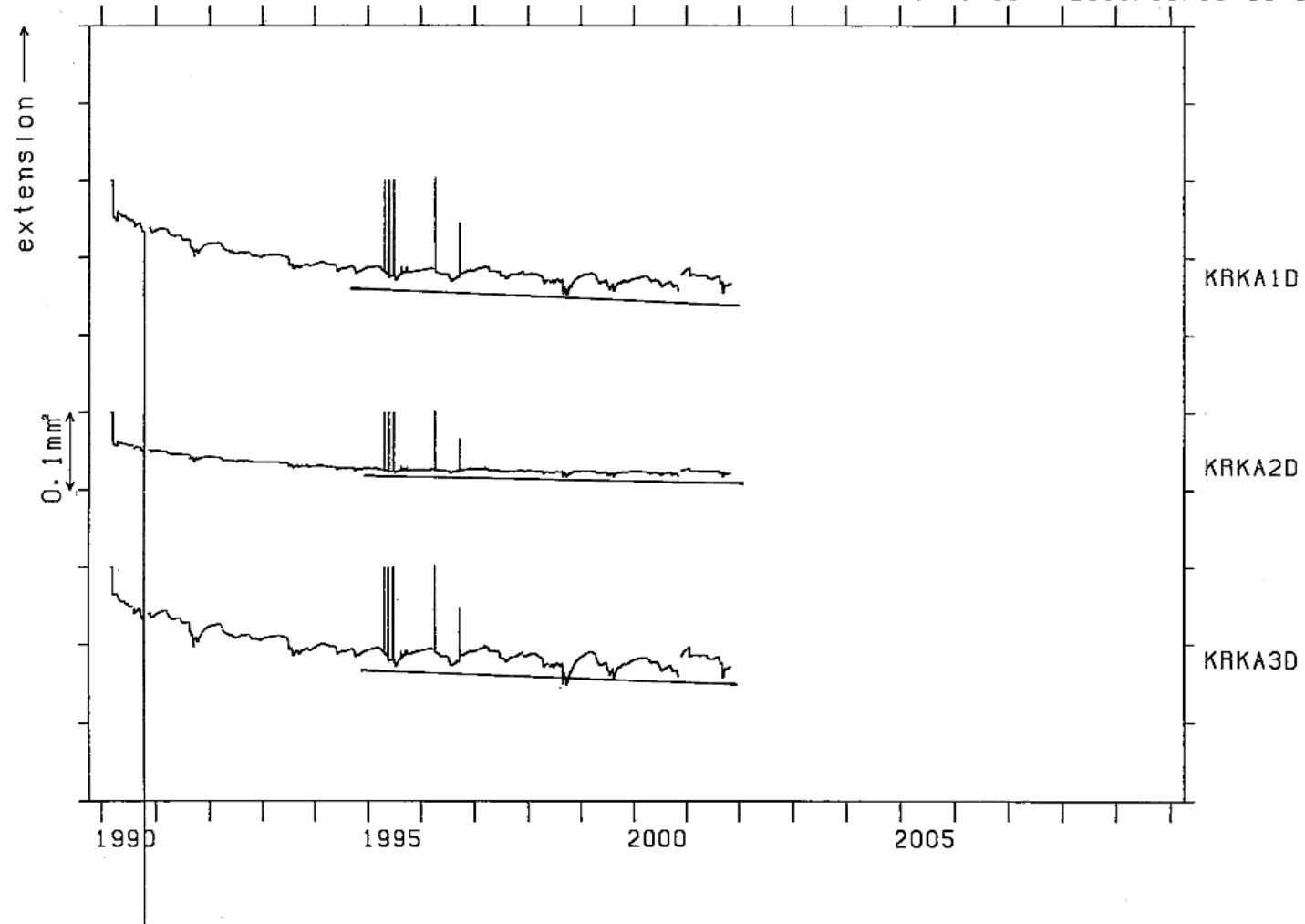


第4図 甲府の長期連続観測結果 (1987年4月～)

Fig.4 Record of continuous observation at Kofu station(April, 1987～).

KRK STRC (A1D, A2D, A3D)

1990/03/01 00:00 - 2001/11/05 00:00

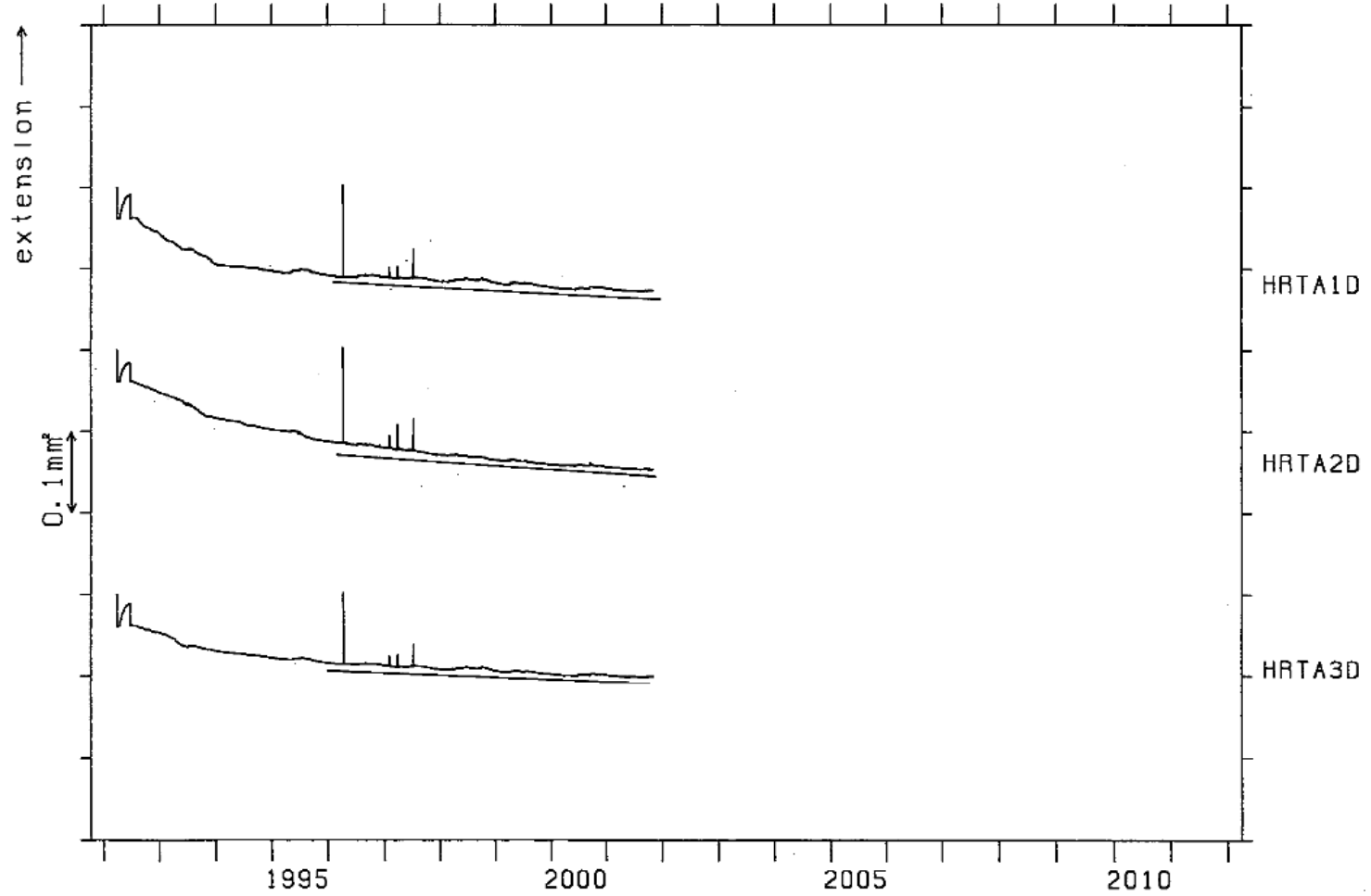


第5図 玄倉の長期連続観測結果 (1990年3月～)

Fig.5 Record of continuous observation at Kurokura station(March, 1990~).

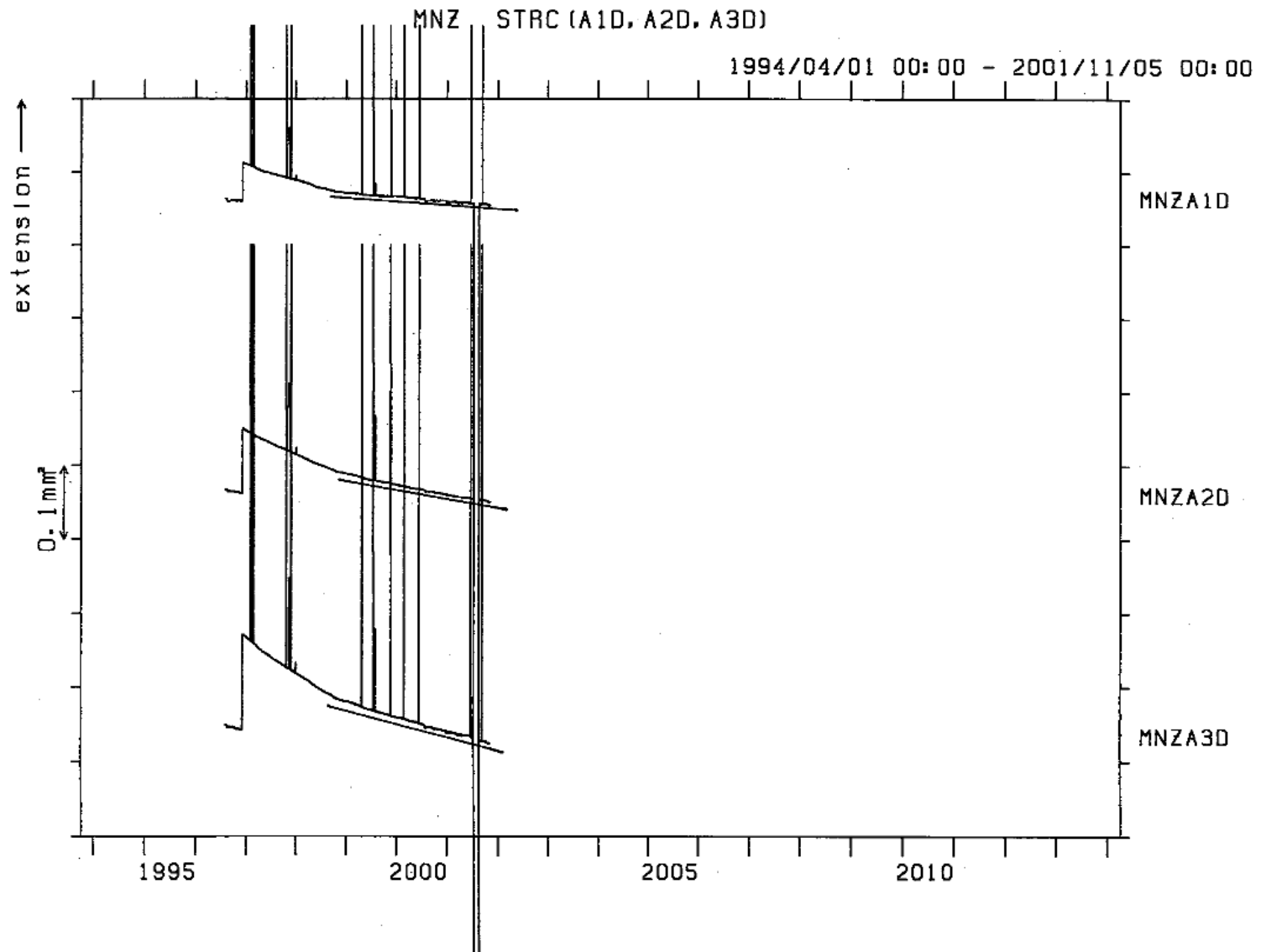
HRT STRC (A1D, A2D, A3D)

1992/03/01 00:00 - 2001/11/05 00:00



第6図 平塚の長期連続観測結果 (1992年3月～)

Fig.6 Record of continuous observation at Hiratsuka station(March, 1992～).



第7図 真鶴の長期連続観測結果 (1994年4月～)

Fig.7 Record of continuous observation at Manazuru station(April, 1994～).