

### 3-9 1991年8月6日茨城県沖（銚子近く）に発生した地震 (M5.9)の前兆と思われる地中電界変動

Anomalous Underground Electric Field Variations Associated with the August 6,  
1991 Earthquake (M = 5.9) off Ibaraki

防災科学技術研究所  
郵政省通信総合研究所

National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention  
Communications Research Laboratory

防災科学技術研究所と郵政省通信総合研究所は共同で、地震や火山等の地殻破壊の前兆現象としての電磁放射についての研究を行っている。1989年3月以来つくばの防災科学技術研究所構内において、地中に埋設された鋼管深井戸のケーシングパイプをアンテナの1部として用いる観測方法によって、1989年伊東沖群発地震・噴火の直前<sup>1)</sup>やそれ以後の周辺約300km内のM4.8以上の浅発地震の直前（数日～数時間前）に高い確率で前兆と考えられる地中電界変動が観測されていた<sup>2)</sup>。1990年3月よりは、第2観測点を、伊豆大島の温水くみ揚げ用のパイプ（長さ約300m）を利用して建設し、伊豆大島第2火山活動観測施設に検出器を置いて、観測を行っていた。それにより、1990年10月4日に伊豆大島火山で発生した噴火の前兆と思われる地中電界変動も観測されていた<sup>3)</sup>。

1991年3月からは、更に茨城県波崎、栃木県栗野において防災科学技術研究所の地殻活動観測施設用のそれぞれ805、803mの鋼管深井戸を用いた地中電界変動観測システムにより、d.c., ULF帯（0.01～0.7Hz）、VLF帯（1～9kHz）で観測を行っている。この2つの観測点では、水平2成分の地電位の計測も合わせて行い、鋼管深井戸を用いたアンテナシステムによる地中電界の鉛直成分の計測との比較も目的とした。

定常観測には1991年4月19日より入っていたが、1991年8月6日23時49分に観測点の一つである波崎の極く近くの茨城県沖で、マグニチュードM=5.9の中規模地震が、しかも浅部（深度43km）で発生した。その際にVLF帯の信号に、顕著な直前前兆信号が地震の3日前より記録された。

第1図に計測の概念を示す。長さ数100mの既存のケーシングパイプを使った地中電界の鉛直成分を計測の対象とし、d.c., ULF帯、VLF帯を記録している。第2図に、1991年3月末迄の地中電界変動の観測点の位置（●印、伊豆大島：OSM、波崎：HAS、防災科研構内：NIE、栗野：AWN）を示す。この外今後の計画点も示した（○印）。第3図には波崎観測点（HAS）における反射体としての導線の埋設状況を示す（一点鎖線）。地下水位観測用の805mの鋼管深井戸の周りに2mmφの裸銅線を30m×60mの長形状に深さ約50cm、幅約50cmに掘った溝に約10cm厚さに細かいコークスを敷き、その中心近くに設置した。接地条件を更に良くする為に、導線の10ヶ所に長さ2mのアース棒（図中A<sub>1</sub>～A<sub>10</sub>）を接続地中に埋設した。水平地電位の計測のために直交する2方向に、2対の簡易電極（長さ8m、ガス管40A）を埋めた（Y<sub>1</sub>, Y<sub>2</sub>, Y<sub>3</sub>, Y<sub>4</sub>）。但し水平成分については、VLF帯は記録していない。

第4図は、地震の3日前の記録である。VLF帯に8月3日午前7時頃からほぼ1時間にわたり明瞭な異常信号(AFC)が見える。 $N_1$ 、 $N_2$ は人工ノイズと思われる。しかし、ULF帯には見えない。第5図には、地震2日前の記録を示す。同じく異常信号が、午後1時頃より4時頃にかけて、3回観測されている。信号の大きさが、前日のものより大きいことが注目される。第6図は1日前の記録であるが異常信号が、午前7時頃から約1時間にわたり記録されている。信号の大きさは更に大きい。ULF帯に異常が見えないのは、2日前、3日前と同じである。第7図に8月5日15時頃より6日の午前4時頃迄の記録を示す。異常な信号は見えない。

8月6日23時49分の地震の際(第8図)には、今度はULF帯に、地震と同時に信号が記録された。VLF帯には、あったかも知れないがノイズにかくれて見えない。第9図は第6図とほぼ同じ時間帯の水平成分の記録である。鉛直成分に比べノイズが大きいのは、電車などの人工ノイズのためである。地震の発生時に、水平成分に異常信号が見える(第10図)。成分による時間のずれは多ペン記録計のペンギャップであり、それを補正すると地震時の異常信号は、全て同一時間に対応する。なお第4～5図に示した異常信号が鉛直成分に見出された際にも水平成分ではノイズレベル以上の信号は見出されなかった。

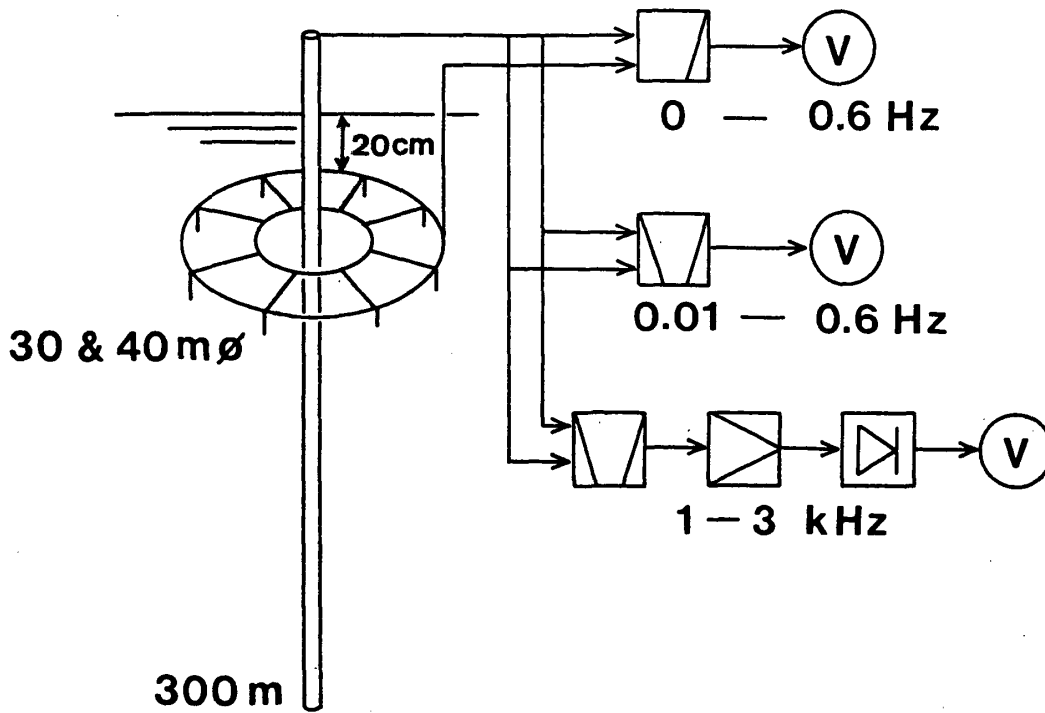
観測期間が未だ十分と言えないが、次の諸点が示唆される。

- 1) 鋼管深井戸を用いる地中電界変動の鉛直成分測定は、地震(浅発、M6クラス以上)の前兆現象の一つを見出す期待が強い。周波数帯は、ULF帯又はVLF帯が有望である。
- 2) 地電位の水平成分測定(VAN法<sup>4)</sup>もその一つは、我が国のように人工ノイズの大きい所では難しいのではないか。
- 3) 多点での測定により発生源の同定を行うこと、室内実験により電磁界変動の発生メカニズムの研究を進めるなどが、この方面の研究の今後の課題である。

(藤縄幸雄, 高橋耕三)

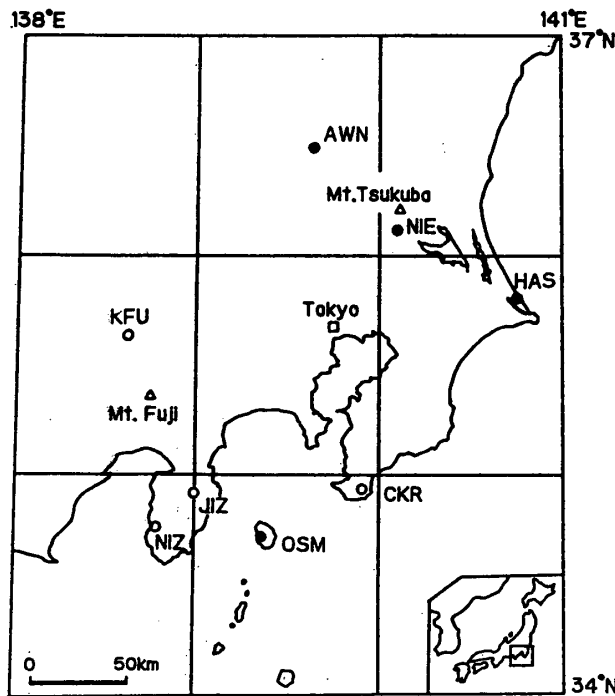
#### 参 考 文 献

- 1) Fujinawa, Y. and K. Takahashi : Emission of electromagnetic radiation preceding the Ito seismic swarm of 1989, *Nature*, **347**, 376-378, 1990.
- 2) 藤縄幸雄, 高橋耕三, 熊谷貞治 : 地震直前先行現象としての極低周波地中電界変動, *地震*, 第2輯, **43**, 287-290, 1990.
- 3) Fujinawa, Y., K. Takahashi, T. Kumagai : A study of anomalous underground electric field variation associated with a volcanic eruption, *Geophys. Res. letter*(to be published), 1991.
- 4) Varotsos, P. and K. Alexopoulos : Physical properties of the variations of the electric field of the earth preceding earthquakes. *Tectonophysics*, **110**, 73-125, 1984.



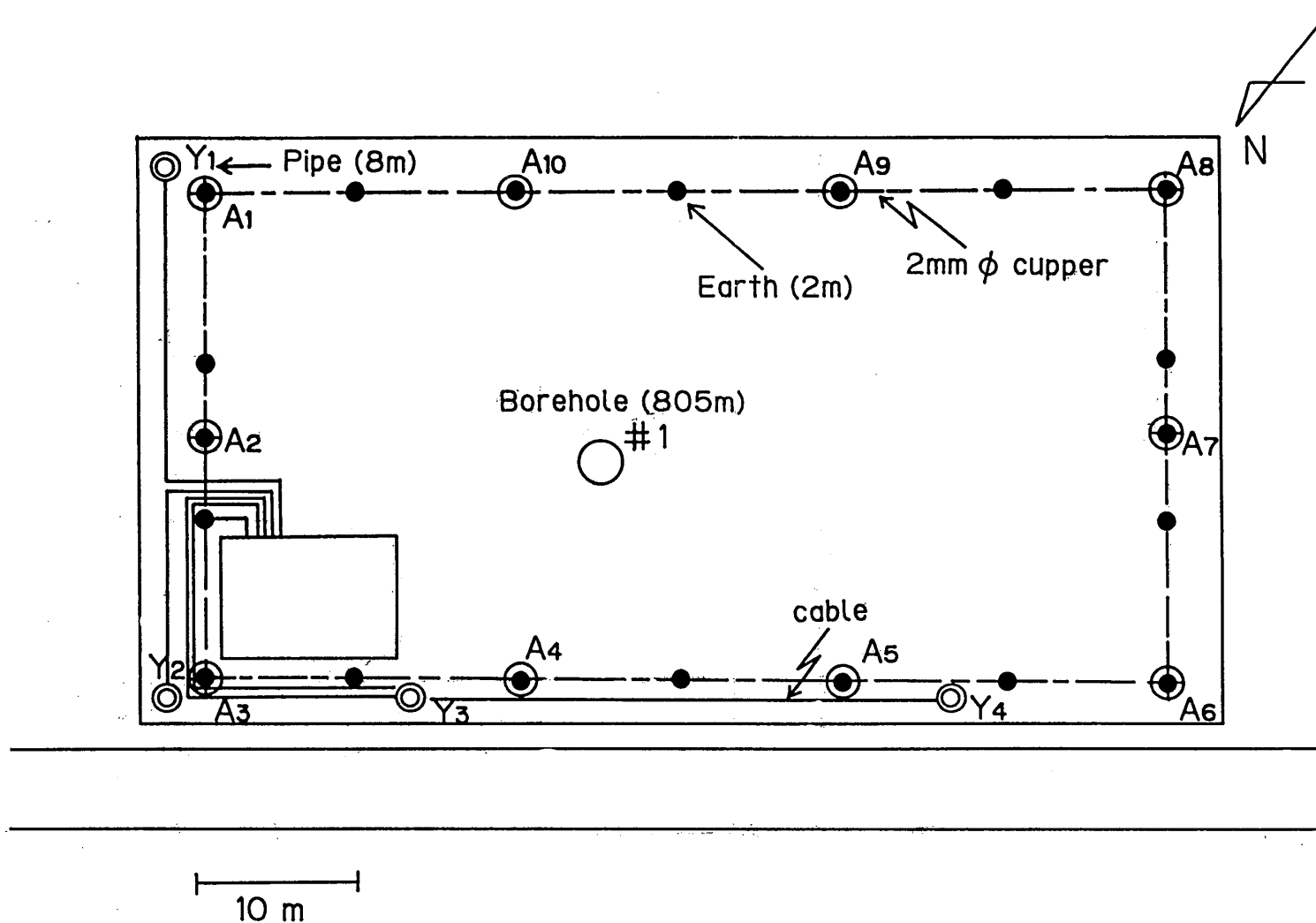
第1図 鋼管深井戸を使った地中電界変動観測の概念図

Fig. 1 Schematic view of the underground electric field measurement set-up using a deep borehole.



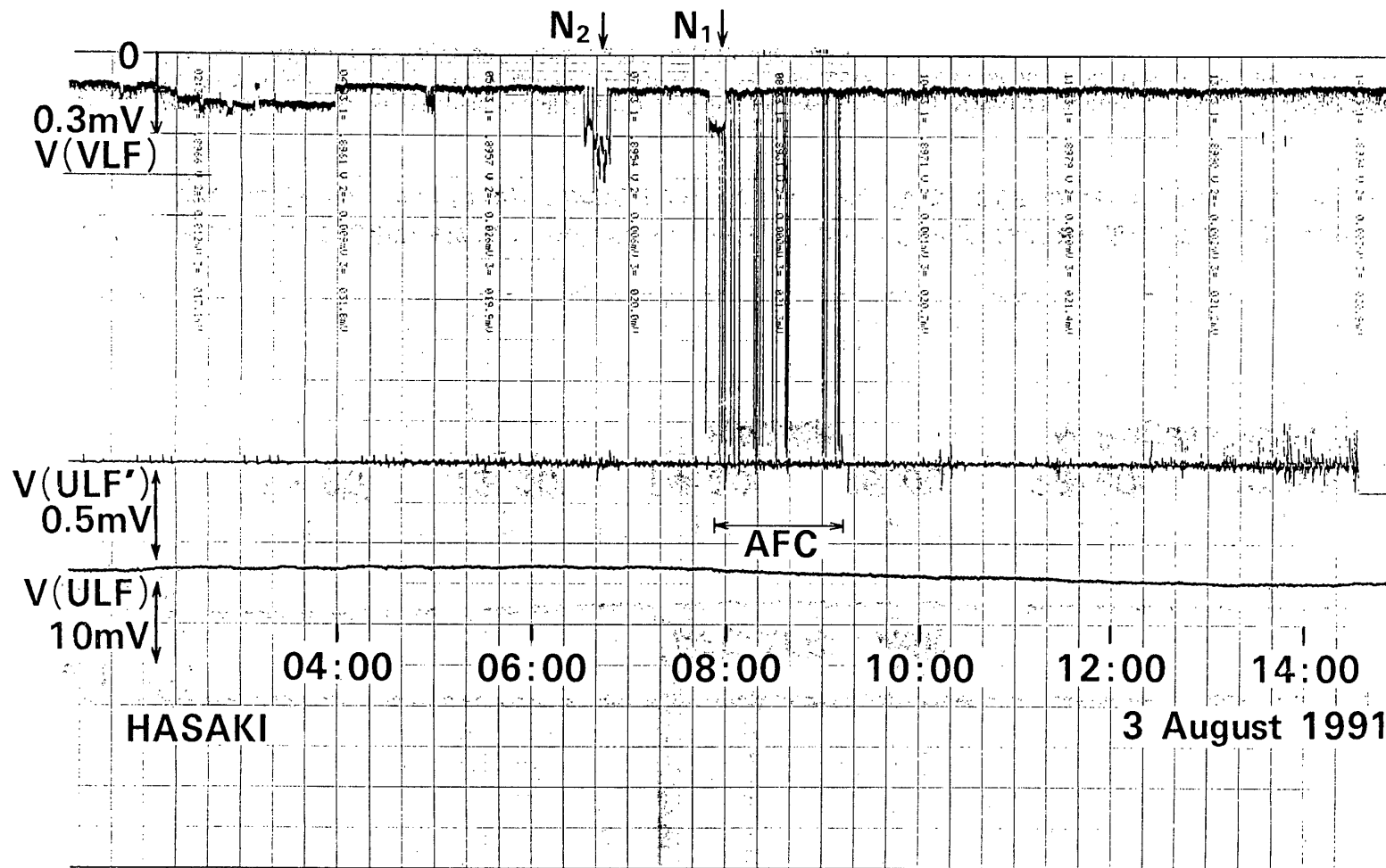
第2図 1991年3月現在の鋼管深井戸を用いた地中電界変動の観測点の位置図 (●印)。筑波 (NIE) の深井戸の深度は603m, 大島 (OSM) では約300m, 波崎 (HAS) では805m, 栗野 (AWN) では806mである。○印は今後の建設予定点を示す。

Fig. 2 Deep borehole geoelectric field observation sites in central Japan (●) as of October, 1991. Borehole depths (m): Tsukuba (NIE), 603; Oshima (OSM), about 300; Hasaki (HAS), 805; Awano (AWN), 803 m. Future observation sites are shown by the symbol (○). All measure the vertical geoelectric field, Oshima measures one horizontal component also; and Hasaki and Awano, two horizontal components.



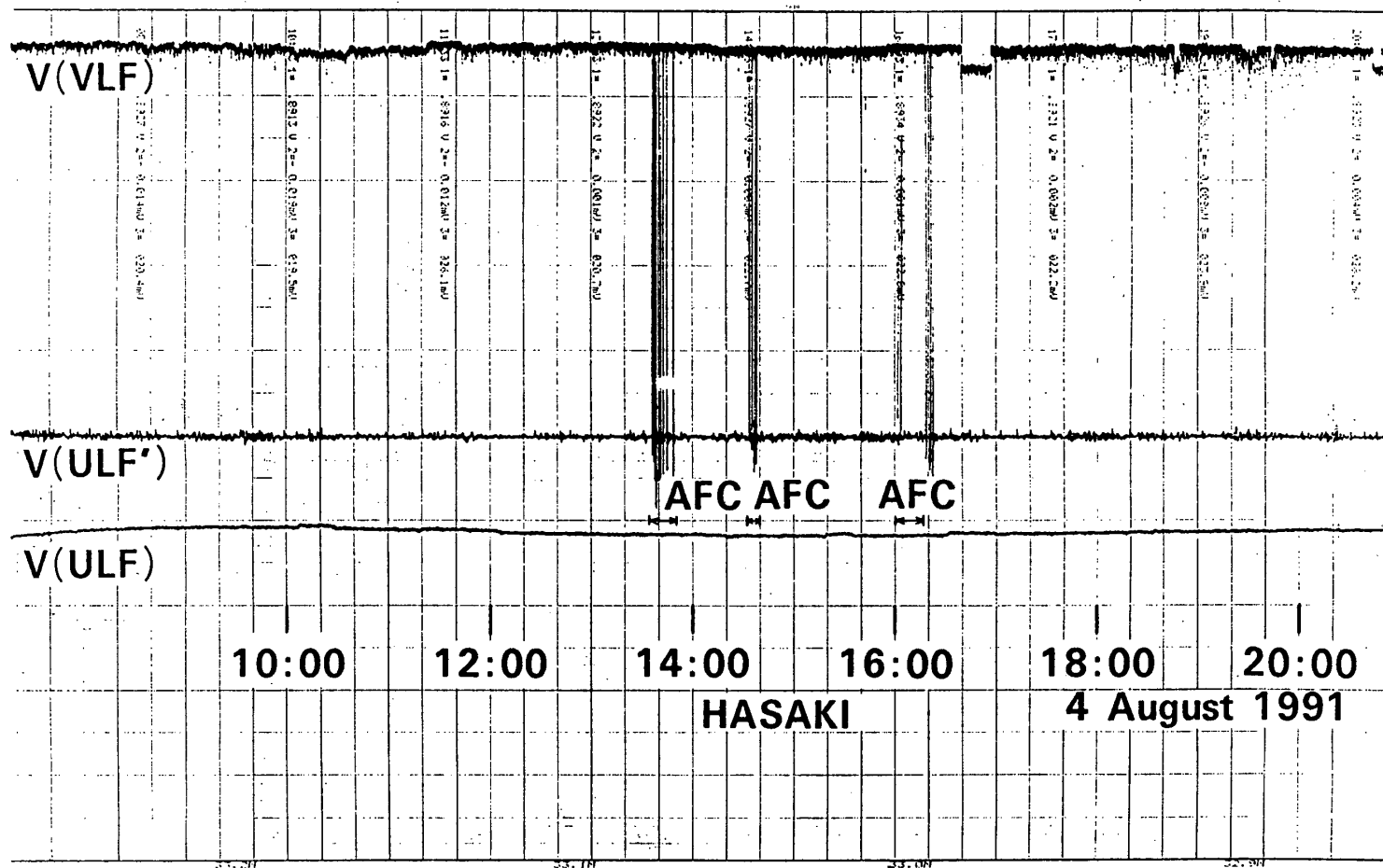
第3図 波崎 (HAS) における計測アンテナ, 電極の配置図

Fig. 3 Horizontal view of Hasaki's antenna system and electrodes for measuring geoelectric field variations. The vertical component of the underground electric field is measured using the borehole casing pipe antenna 805 m deep surrounded by a grounded cable reflector about 200 m long. The cable is buried in a ditch about 50 cm wide and about 50 cm deep with coles paved on the bottom. Carbon earthing rods reaching 3 m deep are attached at eight points on the grounded cable. Two pairs of gas pipes ( $Y_1, Y_2$ ) and ( $Y_3, Y_4$ ) 8 m long are used as electrodes to measure horizontal components of geoelectric field variations.



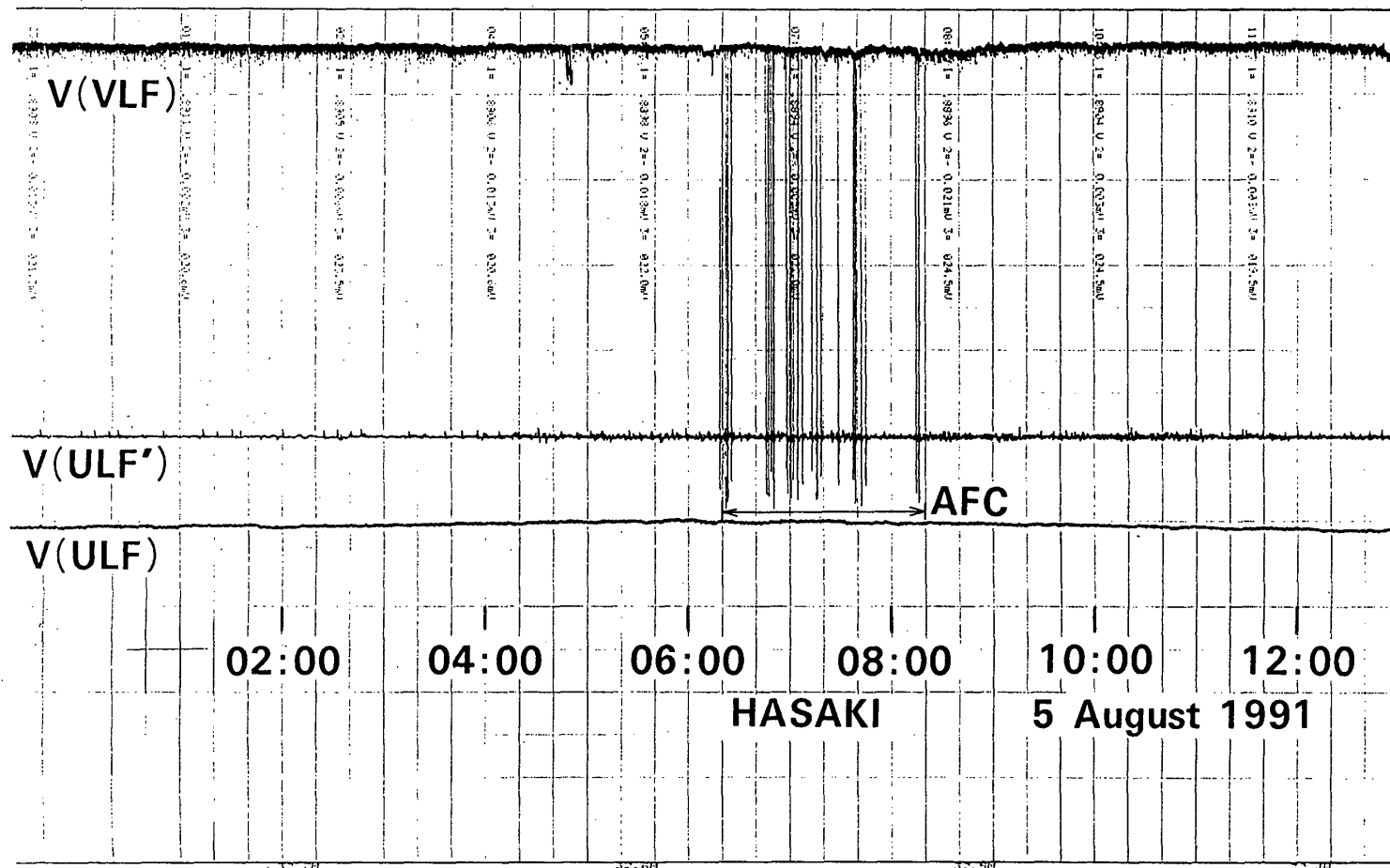
第4図 波崎における鉛直成分の1991年8月3日のほぼ半日の記録

Fig. 4 Strip chart records of the vertical components at Hasaki on 3 August 1991, of three frequency bands (ULF: 0.01 – 0.7 Hz, ULF': dc – 0.7 Hz, VLF: 1 – 9 kHz). Note the VLF band amplitude envelope, and the ULF and ULF' wave-forms. Apparently abnormal field variations took place from about 8:30 to 10:00. Duration of the radiation corresponding to the individual pulse seems to be 0.2 – 0.5 sec. These radiation pulses are superimposed on the relatively consistent background noise of about 0.1 mV. During the anomalous radiation in the VLF band, there are no discernible anomalous phenomena in the frequency bands below 0.7 Hz (ULF, ULF'). Nearly continuous and constant-level 'radiation' in the VLF band preceding the earthquake by about 10 min (N<sub>1</sub>) and by 1 hour and 20 min (N<sub>2</sub>) are assumed to be man-made noise, because the same type of radiation has been observed at other times, irrespective of earthquakes.



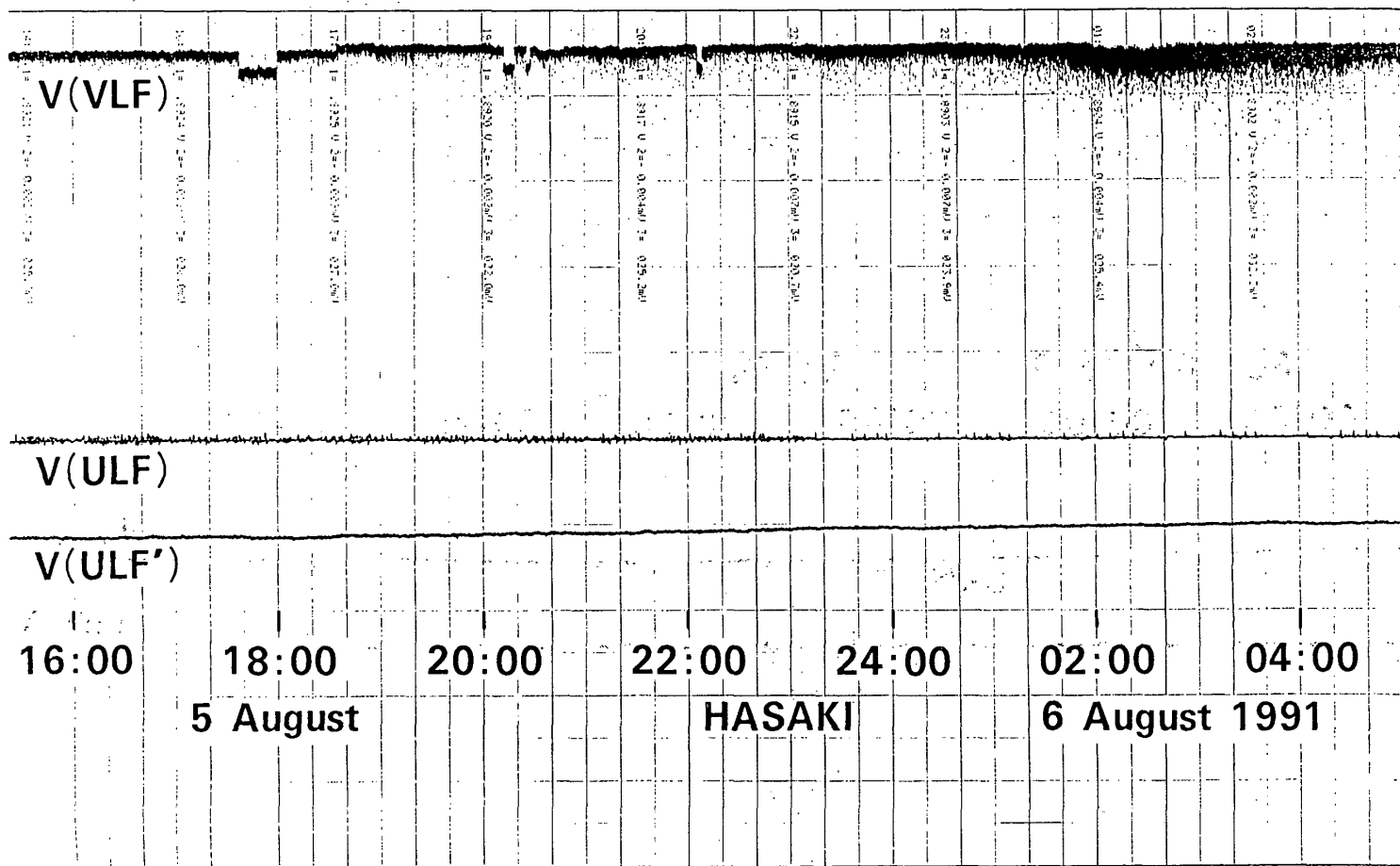
第5図 8月4日の14:30分頃から17:20分にかけて8月3日と同じようなVLF帯における異常な放射が、4回にわたり間欠的に見られる。大きさは約1.5mVで前日よりやや大きくなっている。ULF帯には、検出できる異常は見られない。

Fig. 5 Four anomalous pulse-like variations of amplitude in the VLF band were observed at Hasaki intermittently from 14:30 to 17:20, Aug. 4. Average amplitude is 1.5 mV, slightly larger than those for the previous day, shown in Fig. 4. There are no discernible abnormal variations in the frequency bands below 0.7 Hz (ULF and ULF').



第 6 図 地震の前日の 8 月 5 日のほぼ午前中一杯の鉛直成分の記録。午前 7 時 20 分から 9 時にかけて断続的に異常なパルス状の変動が見られる。振幅は更に大きく、1.6mV となった。

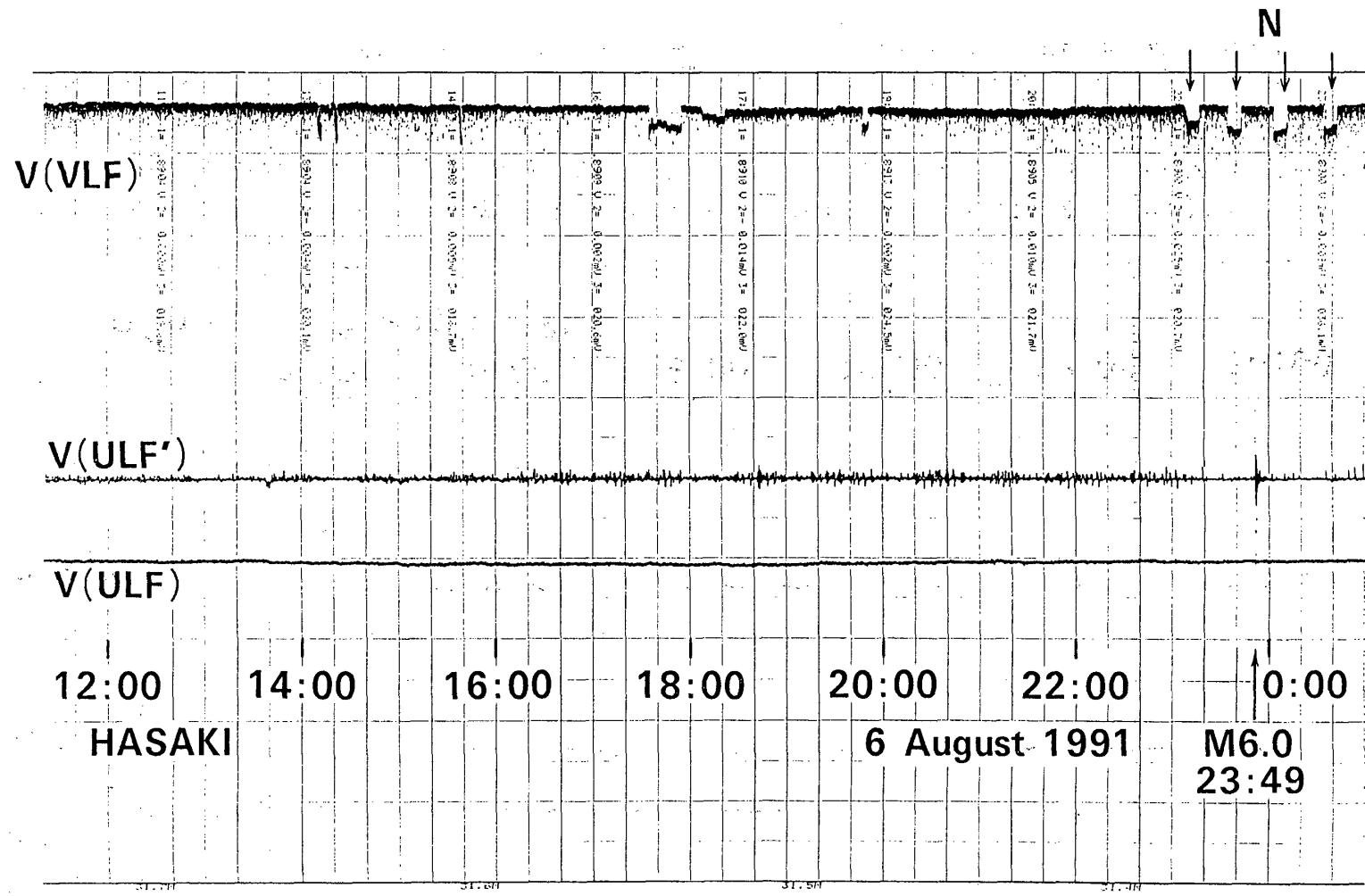
Fig. 6 Strip chart records of the vertical component, at Hasaki on August 5, one day before the earthquake of magnitude 5.9. The anomalous pluse-like variations occurred intermittently from 7:20 to 9:00 in the VLF band. Amplitudes of pulses are 1.6 mV on average, a three-day maximum.



第7図 8月5日午後の記録。VLF帯においては、先に述べた方形波状の連続的な変化、及び夜間には密集状のパルスがバックグラウンドのノイズに重畳されている。夜間におけるこの日周変化現象は通常見られるものであるが、大きさは日によって変化する。この現象そのものは電離層の状態の日周変化に起因する。

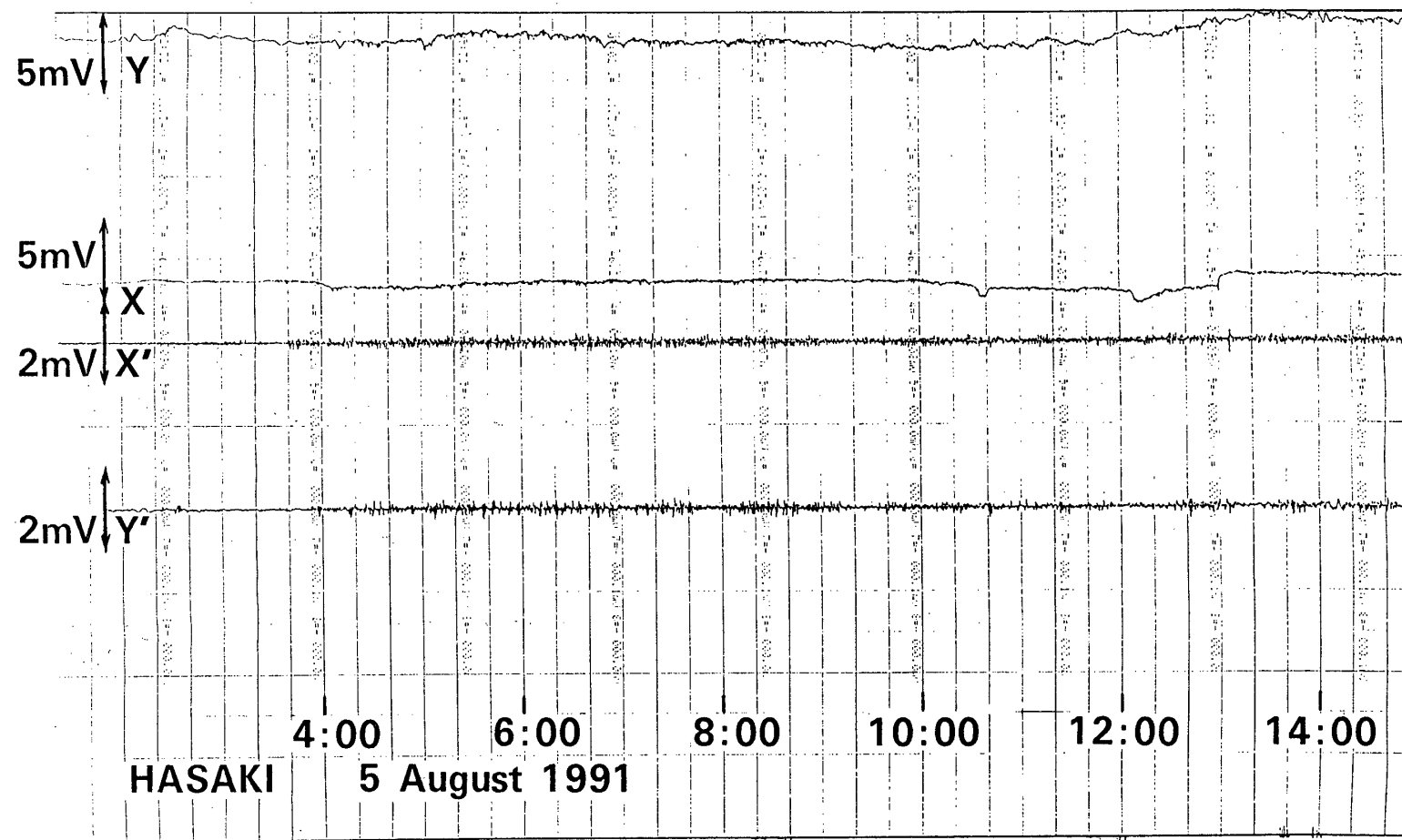
Fig. 7 Records of the vertical components in the three frequency bands on the afternoon of August 5, 1991. Only background-noise and atmospheric in distant regions were recorded. Remote atmospheric usually intensify at night due to diurnal ionospheric changes.





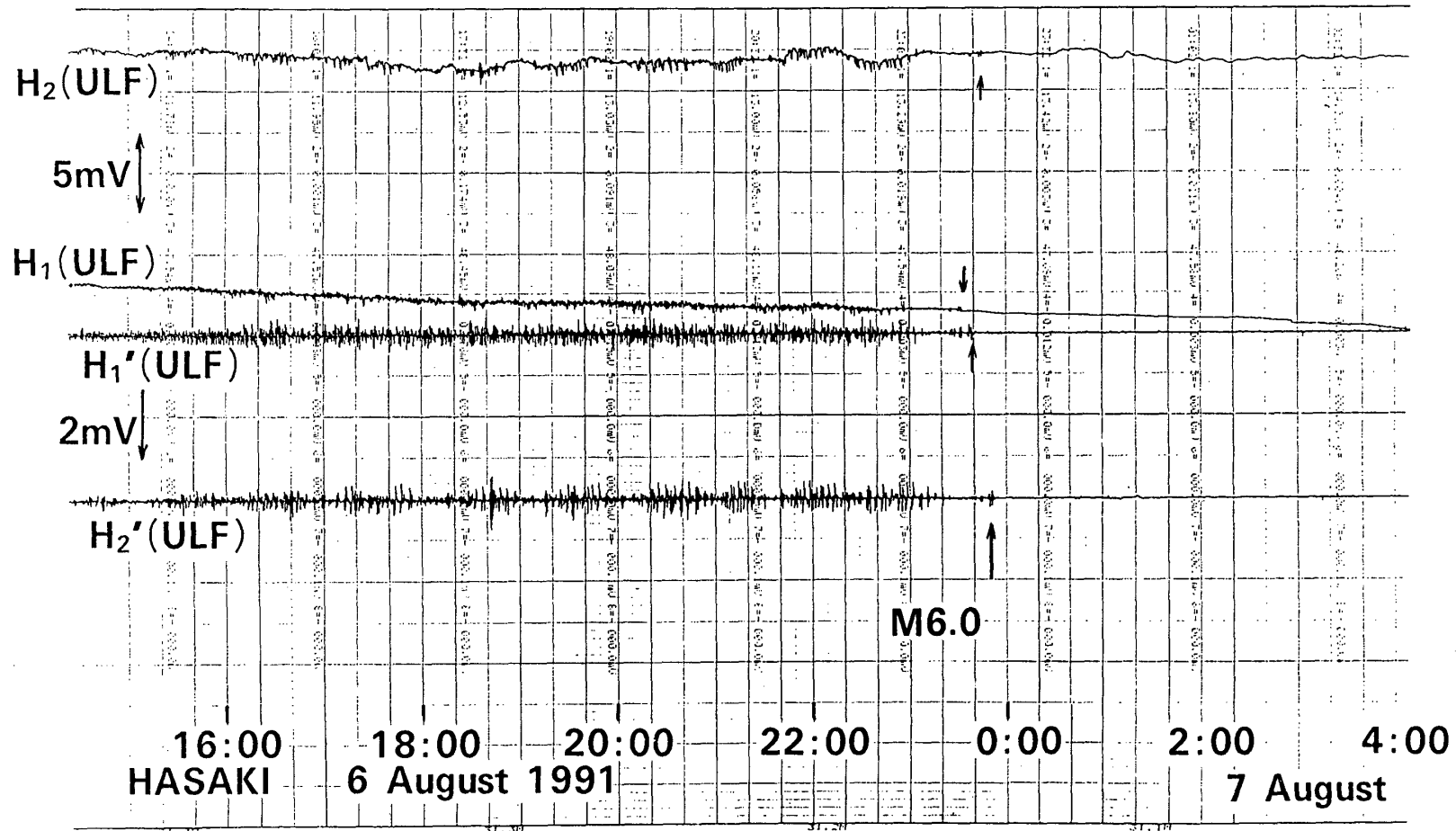
第 8 図 M=5.9 の地震が 8 月 6 日 23 時 49 分に銚子付近 (深度 43km) に発生した。  
その時に U L F 帯に明瞭な異常な変動が見える。

Fig. 8 An earthquake of magnitude 5.9 occurred at 23:49, August 6, 1991 near the Hasaki site at a depth of 43 km. Coseismic vertical electric field variations were observed in the ULF band. However we can not determine whether the start time of the variations was the arrival time of the seismic wave or the seismic origin time, due to the slow chart speed. There were no discernible signals in the VLF band at the time of the earthquake. Regular periodic amplitude variations of square form (N) are assumed to be due to man-made noise.



第9図 地震の前日の8月5日午前の波崎における水平成分の記録。第6図に見られたVLF帯の異常信号があった時間帯には鉛直成分の異常に対応するような異常信号は見当たらない。あったとしてもノイズレベル以下であったろう。

Fig. 9 Records of the two perpendicular horizontal components of the geoelectric field at Hasaki in the frequency bands below 0.7 Hz on the morning of August 5. There are no anomalous phenomena corresponding to those for the vertical components in the VLF band.



第10図 波崎におけるM=5.9の地震の発生した時刻をはさむ半日間の水平地電位記録。帯域は0.7Hz以下 (0.01~0.7Hz : ULF, dc~0.7Hz : ULF') である。

Fig. 10 Strip chart records of two perpendicular horizontal components of electric field for the time period including the time of the earthquake. Each component is shown in the two bands below 0.7 Hz, i.e., 0.01 - 0.7 Hz (ULF),  $H_1$ ,  $H_2$ , and dc - 0.7 Hz (ULF'),  $H_1'$ ,  $H_2'$ . Though there are large noise disturbances before the earthquake, electric field intensity  $17 \mu\text{V/m} - 35 \mu\text{V/m}$  in both components is assumed to be due to coseismic changes. The pen gap of the strip chart recorder caused apparent differences in the starting times of the coseismic variations in  $H_1$ ,  $H_1'$ ,  $H_2$ ,  $H_2'$ . From Fig. 8, we know the coseismic electric fields have vertical and horizontal components in the frequency bands below 0.7 Hz.