

西日本地殻活動域における地電位差の連続観測

—兵庫県山崎断層及び鳥取県三朝の場合—

鳥取大学 教養部 宮腰 潤一郎

西田 良平

Time Variation of Geoelectric Potential Difference between
Electrodes in Association with the Seismic Activity
—Observation in the Yamasaki Fault and in Misasa —

J. Miyakoshi and R. Nishida

Institute of Earth Sciences, Tottori University

I. はじめに

我国有数の活断層である兵庫県山崎断層一帯において1975年地球内部電磁気グループによって行われた集中観測以後我々はより詳細に断層の電磁気的特性を把握すべく断層の周辺において種々の地球電磁气的測定を試みた。また更に、周辺の地震活動に対応する断層の電気的特性変化の有無を調べる一つ的手段として地電位差の連続観測を野外に設けた長スパン（数100m間隔）電極及び断層破碎帯内地下トンネル内に設けた短スパン（数10m間隔）電極を用いて行ってきた。そして1984年5月30日に断層近傍に発生したM=5.6の地震に先行する極めて明瞭な地電位差変化を観測することに成功した。

その後この地域の地震活動は散発的にM=3クラスの発生があった程度でおおむね静穏であると言えるが、その中で1988年1月始めと同年4月21日から25日にかけてやや活発な活動がみられた。

一方鳥取県中部に位置する三朝においても、1983年10月31日付近に発生したM=6.2の地震を契機としてこの地域の地下の地磁气的特性を明らかにすることを目的にフラックスゲイト型磁力計、インダクション型磁力計、地電流計による地球電磁気観測を実施した。そして地電流観測はこれを低感度に切り換えて地電位差の連続観測として継続し現在に到っている。余震活動終息後の周辺の地震活動はおおむね静穏であったが、1987年の11月から12月にかけて相続く数個のM=3クラスの地震発生がみられた。

この度はこれら2地点における地電位差の連続観測の1988年末までの結果について一

応の取りまとめを行う。Fig. 1に山崎断層及び三朝の観測点位置 (USZ 及び MSS) と西日本のSeismicity mapを示す。

11. 観測

(1) 山崎断層

Fig. 2 (a),(b),(c)に1986年から1988年の間の各年における地下トンネル内電極間の電位差変化を示す。ここに E-1,E-2はFig. 3に示すトンネル内電極 C_1 C_2 間、 C_1 P_2 間それぞれの電位差であり C_1 電極は双方に共通に使用されていること、プロットされた各値がアナログ記録から読み取られた毎日の夜間値(0h,1h,2h,3h)の平均値であることは従来の報告と同様である。なお1987年から従来のアナログ記録に加えて、測定間隔30分のデジタル記録を開始したのでFig. 2(b)及び(c)にはそれらを含めて示した。各成分を示す記号の意味をTable 1に示す。Fig. 2の中に示した地震は観測点を囲むおよそ($134^{\circ} 10' \sim 134^{\circ} 50'$)E、($34^{\circ} 50' \sim 35^{\circ} 10'$)Nの範囲に発生した $M \geq 3$ のものである。対象をこの範囲に限ったことに特に積極的意味はないが、この地域の地震の深さがせいぜい20Km程度であることを考慮して、断層を取囲み深さとほぼ同程度の範囲としたものである。図の下部には日降水量を示した。Fig. 2を通じて個々の降雨による地電位差の変化が全く見られないことはこれまでの観測例と同様である。それぞれの図の各成分に年変化らしいパターンが見られるが、その形は年毎に異なっておりこれが何に起因するかは不明である。

Fig. 2でとりあげた地震のリストを1984年5月30日の地震と共に Table 2に示した。

(2) 三朝

1943年9月に発生した鳥取地震($M=7.4$)によって鹿野・吉岡断層と名付けられた活断層に沿って明瞭な微小地震活動域が存在することはよく知られているが、1983年10月31日そのほぼ西端に位置する三朝温泉付近を震央とする $M=6.2$ の地震、いわゆる鳥取県中部地震が発生し軽微ながら震央付近では被害が生じ余震活動はその後約2か月継続した。この地震発生に先行あるいは随伴する顕著な地下水変動が生じたことも報告されている。

主震発生約10日後、我々は三朝町山田地区内に臨時観測点を設けて、地電流(地電位差)の連続観測を開始した。観測地点の地質は風化花こう岩の露岩であり電極は炭素棒電極である。Fig. 4に観測開始期の地電位差変化を示す。当時余震活動はなお継続中であった。

この地域の人工的電磁ノイズは少ないが、図に見られる様に観測開始期の地電位差は

ドリフトが極めて大きく長期に渉る安定な観測は困難であった。その後電極間電位差は次第に安定したが原因不明の大きな変化が目立つ様になり調査の結果これがケーブルの絶縁不良によることが判明したので1987年10月ケーブルを全面的に更新し、以後は安定な記録が得られる様になった。またそれまでのペン書きアナログ記録に加えてサンプリング間隔30分のデジタル記録を開始した。

山崎断層の場合と同様に観測点を中心とするほぼ20km($133^{\circ} 45' \sim 134^{\circ} 20'$)E($35^{\circ} 20' \sim 35^{\circ} 35'$)Nの地震活動に着目するとき、1987年11月から12月へかけて発生した一連の地震活動がある。1987年11月から1988年末までの期間の地震のリストを1983年の鳥取中部地震と併せて Table 3 に示した。地電位差の1987年10月から1988年1月にかけての変化を Fig. 5(a) に、1988年における変化を Fig. 5(b) に示す。なお三朝における電極間隔はNS, EW成分共に約100mあるので外部磁場の擾乱による影響を受ける可能性がある。そこで参考のために Fig. 5(a) には全磁力値の日較差 ΔF を、Fig. 5(b) には ΣKp インデックスを示した。また日雨量も併せて示した。

III. 観測結果及び考察

1983年5月30日の山崎断層地震に先行してあらわれた地電位差変化が何に起因するものであるかは（恐らく震源域における主破壊に先行して生じた震源域周辺の地下水の流動による流動電位であろうとの推測はあるものの）未だ明らかでない。しかしこの変化が破碎帯内のトンネル内部に設けられた短スパン電極間で観測され野外の長スパン電極間にはあらわれなかったことは、電気的導体であり同時に地下水の賦存、流動、間隙水圧伝達の経路となっている破碎帯のクラックの存在が大きく関与しているであろう。三朝の場合、観測点が生田断層の場合と同様に破碎帯中にあるか否かはさだかでないが、この地の温泉水が花こう岩の亀裂中に賦存していること、電気探査の結果深部（約100m）に数 Ω -m の低比抵抗帯が見出されていることなどから断層破碎帯と同様に地下水あるいは電気信号のチャンネルとなっている亀裂が存在する可能性がある。

(1) 山崎断層

Fig. 2(a) は1986年における地電位差変化である。この年の地電位差変化に目立ったものはなく地震活動も静穏であった。2月初めに一次的に生じている変化は電極間電位差信号に混入しているノイズの非直流成分のスペクトルを電波研究所の御好意によって測定した際に生じたものである。5月30日と11月7日にM=3.1の地震が発生しているがこれら

に対応する目立った変化は見当たらない。Fig. 2(b) は1988年1月を含む1987年における変化である。2月から3月にかけてE-1, E-2 両成分に見られる顕著な変化はトンネル内の工事期間に対応している。双方の変化振幅が等しくお互いの位相が逆であることから考えて、これらの変化は共通電極C₁ に電位上昇があったことを示している。

1987年3月中旬からC₂ P₁ 電極間の電位差観測を、また12月下旬からC₁ C₂ 電極間、P₂ C₁ 電極間の電位差観測を現地デジタル記録方式で開始しそれぞれ $\overline{E-3}$, $\overline{E-1}$, $\overline{E-2}$ 成分と呼ぶこととした。

1988年1月10日に観測点近傍を震央とするM=3.4の地震が発生し、余震活動もみられた。アナログ記録から読取ったE-1 成分には年末に記録の一時中断があり地震発生前におよそ10mv近いレベル変化が見られるものの明確でない。これに対してデジタル記録の $\overline{E-3}$ 成分はその間も連続して記録が得られており80mvに及ぶパルス状変化に続いて約20mvのレベル変化を生じていることが明瞭に認められる。Fig. 2(c) には1988年(12月後半を除く)における変化を示す。4月8日から15日頃へかけて約10mvの極めて顕著なパルス状変化とそれに続くレベルの変化が $\overline{E-1}$, $\overline{E-3}$ 成分にあらわれている。 $\overline{E-2}$ 成分にその様な変化がみられないことからこの変化がC₁ 電極の電位変化によるものと判断される。電位のレベルはその後ゆるやかに回復している。これらの異常変化が気象変化や人為的影響によるものではないことは当時の観測状況から明らかである。そしてこれらの異常変化がほぼ終息した様に見える4月21日から25日へかけて合計5個のM=3クラスの地震が付近に発生した。なおこの間のアナログ E-1記録は不安定な状態が続き、スケールオーバーした後自然に復帰するといった状態が繰り返されていた。

(2) 三朝

三朝において1987年10月以後開始したデジタル記録から得られた地電位差変化にはFig. 5(a) に見られる様に降雨の影響が明瞭に認められる。すなわちNS, EW成分共降雨の開始と共に電位差はいったん急激に減少するがその後直ちに増大してもとのレベル以上にまで回復するというパターンを繰り返している。これらの変化の中にはその数日後に発生したM=3クラスの地震に対する先行現象が含まれているかもしれないが降雨の影響が大きくてははっきりしたことはわからない。降雨に対して地電位差変化が生ずるメカニズムの解明は今後の課題であるが、電極表面の電気化学的变化ばかりでなく雨水の地中滲透による流動電位の効果も含まれているかもしれない。

外部磁場擾乱の影響をみるため ΔF あるいは ΣKp を図中に示したが、これと地電位差変化とは殆ど対応していない様に見える。恐らくこれは地電位差変化（地電流変化）が磁場変化の時間微分として生ずるために図中にプロットされた日々の夜間値の平均値には影響があらわれ難いためであろう。なお以前に実施したMT観測の結果EW方向のインピーダンスがNS方向のそれに比べて数分の1であることが判明しているが地電位差の経年変化に関しては両成分とも殆ど同じ傾向を示していることは興味深い。

IV. 終わりに

鳥取県中部及び兵庫県山崎断層においてそれぞれ1983年、1984年に発生したM= 5~6クラスの地震以後の現地における地電位差変化連続観測の結果について、それぞれの地域の地震活動と対比させながら考察した。この間の両地域における地震活動は概して静穏であり発生した地震のマグニチュードはM=3クラスであったが、山崎断層においては地震に約10日間先行して始まった極めて特徴的なパターンの約80mvのスパイク状変化とそれに続くレベル変化の存在を2例について見出した。一方三朝においては1例の活動期があったものの気象影響が顕著であるため地震活動に対応する地電位差変化が存在するかどうかは明らかでない。今後は山崎断層における地電位差変化のメカニズム解明のために電極と観測チャンネルの増設、三朝における気象影響排除のため電極設置方法の改善等が課題であろう。

終わりに、貴重なデータを御提供いただいた気象庁柿岡地磁気観測所、郵政省電波研究所の各位、京都大学防災研究所渡辺邦彦氏の御好意そして現地で観測の保守をいただいている宇野琢哉氏に厚くお礼申し上げる次第である。

参考文献

- 1)工業技術院地質調査所、1976、技術資料 変動電磁界による地下導電率分布の研究。
- 2)宮腰潤一郎、1978、山崎断層・春における自然電位の経年変化、京都大学防災研究所年報、第21号B-1, pp.43~46。
- 3)Miyakoshi, J. 1986, Anomalous Time Variation of the Self-Potential in the Fractured Zone of an Active Fault Preceding the Earthquake Occurrence, J. Geomag. Geoelectr., 38, 1015~1030。

Table 1. Notations used in Figures.

Digital Rec.	Pen Rec.	Electrodes
E-1	E-1	C ₁ C ₂
E-2	E-2	C ₁ P ₂
E-3		P ₂ C ₂

Table 2. List of earthquakes in the Yamasaki fault (USZ) area.

	Occ.Time	λ	φ	Depth	M
1	1984. 5.30	134°36' E	34°57' N	20 ^{Km}	5.6
2	1986. 5.30	134°33'	34°57'	15	3.1
3	1986.11. 7	134°48'	34°55'	14	3.1
4	1987. 9.14	134°18'	35°10'	12	2.9
5	1988. 1.10	134°38'	34°56'	16	3.4
6	1988. 4.21	134°53'	34°51'	14	2.9
7	"	134°53'	34°51'	16	3.1
8	"	134°53'	34°51'	11	3.2
9	1988. 4.22	134°53'	34°50'	14	3.0
10	1988. 4.25	134°53'	34°50'	13	2.3

Table 3. List of earthquakes in the Misasa (MSS) area.

	Occ.Time	λ	φ	Depth	M
1	1983.10.31	133°56' E	35°25' N	15 ^{Km}	6.2
2	1987.11.18	133°54'	35°24'	5	3.4
3	"	133°54'	35°23'	6	3.0
4	1987.12. 9	133°54'	35°25'	11	3.5
5	1988. 2.23	133°55'	35°24'	4	2.8
6	1988.12. 2	134°27'	35°02'	10	3.2
7	1988.12.27	133°54'	35°26'	7	2.8

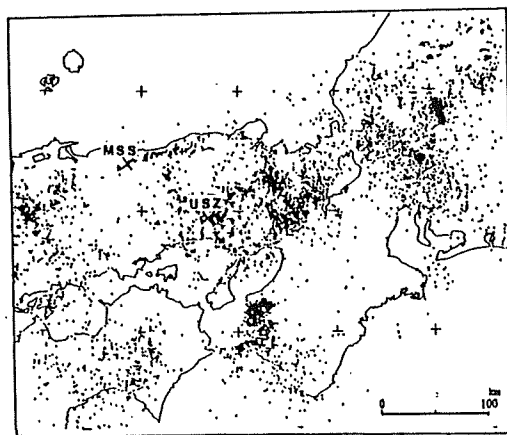


Fig.1. Seismicity map and observation sites.

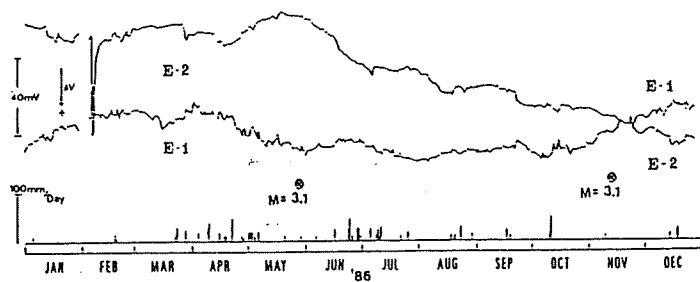


Fig.2(a).

Fig.2(a), (b), (c). Time variation of the geoelectric potential differences at USZ, Yamasaki fault.

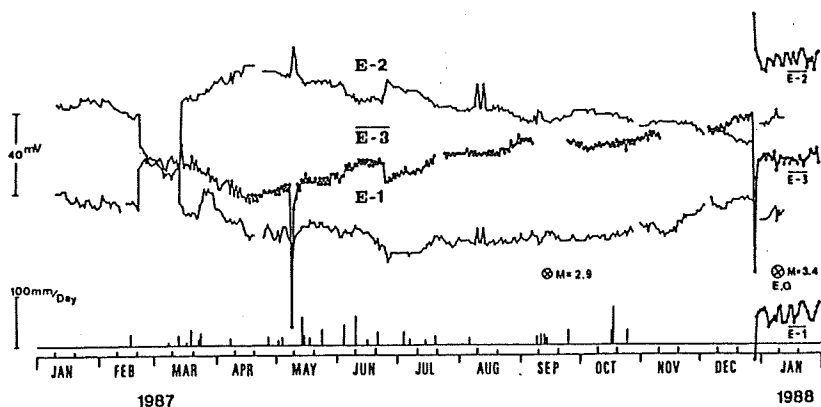


Fig.2(b).

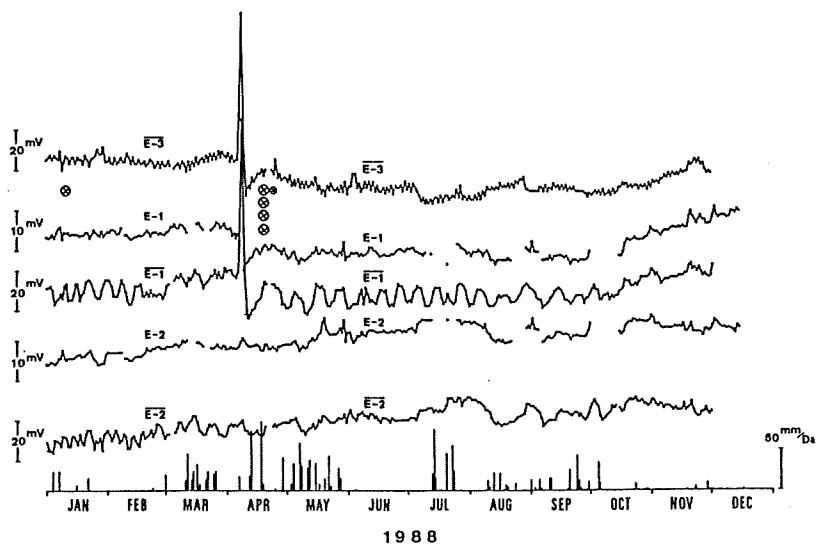


Fig.2(c).

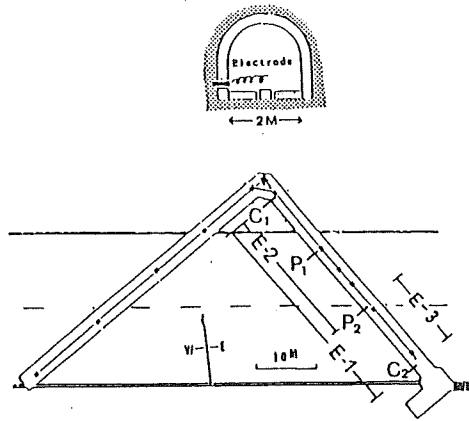


Fig.3. Location of electrodes, in the tunnel of USZ.

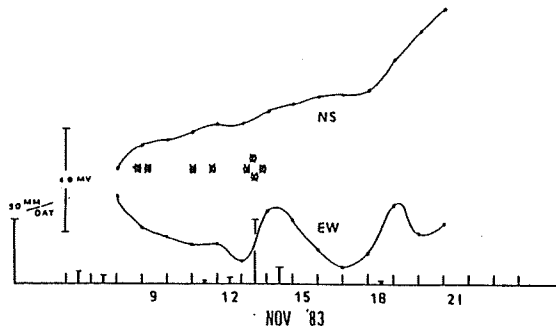


Fig.4. Time variation of geoelectric potential differences at MSS.

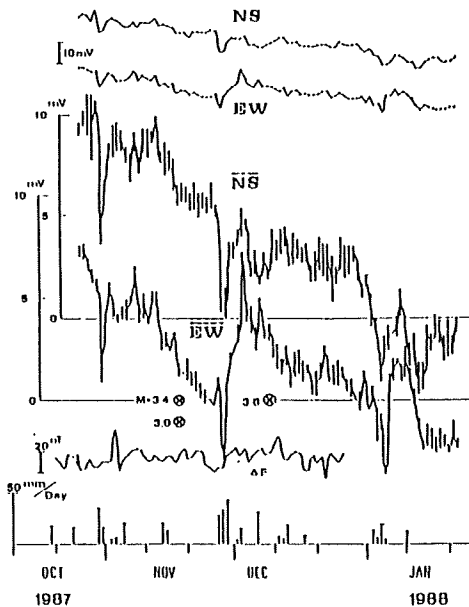


Fig.5(a).

Fig.5(a),(b). Time variation of geoelectric potential differences at MSS. NS, EW, : Read from analog records.
 NS-bar, EW-bar, : Read from digital records.

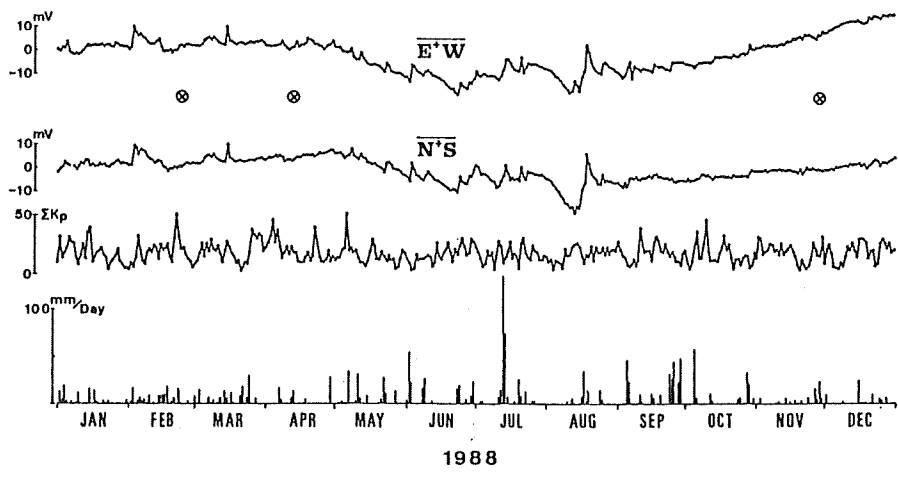


Fig.5(b).