

20. Preseismic の比抵抗変化 (2)

(1975年3月1日~1982年7月31日)

地震研究所 山崎良雄

(昭和58年3月22日受理)

1. ま え が き

東京大学地震研究所油壺地殻変動観測所(以下、油壺という)に設置してある比抵抗変化計〔YAMAZAKI (1967, 1968)〕が1968年5月14日から1975年2月28日までに検出・記録した coseismic の大地比抵抗変化(以下、coseismic 変化という)は29例である。このなかには時間単位の地震先行現象ともいふべき preseismic の大地比抵抗変化(以下、preseismic 変化という)17例を含んでおり、preseismic 変化を検出した割合は、約59%になる。この preseismic 変化は、その変化のパターンによって、ほぼ三つの型(I, II, III)に分けられることを報告してある〔山崎(1980b, 1981)〕。

1980年伊豆半島東方沖地震(M6.7, 16 h 22 m, June 29, 1980)に伴う記録〔No. 53 (A, B)〕には、型IIおよび型IIIにあてはまる preseismic 変化が現われたが、このうちNo. 53Aの記録のみ三つの型にあてはまらない新しいIV型ともいえる box-car タイプの preseismic 変化が示された〔山崎, 1980c〕。

油壺では1983年3月現在、引き続き有線テレメーター方式〔山崎, 1980a〕による連続観測を行なっている。これによって1975年3月1日から1982年7月31日までに油壺で検出・記録された coseismic 変化は、30回の地震に伴う35例(2成分記録5例)である。この変化に先行する preseismic 変化は、13回の地震の場合のみの17例(2成分記録4例)である。

35例の coseismic 変化の記録中に含まれる preseismic 変化を検出する手法は、すでに伊豆半島沖地震(M6.9, 1974)の coseismic 変化記録について試みた方法〔山崎, 1974〕と全く同じである。これは記録を毎時間4回(0, 15, 30, 45の各分ごと)、15分ごとに読み取ったデータに cut-off 周期(T_c)6時間の digital high-pass filter (以下、フィルターという)をかけ、この出力をプロッターにて示すものである。

Coseismic 変化記録にたいする記録の読み取りは、伊豆半島沖地震等に伴う記録については、毎時間5回の12分ごとであったが、今回の場合、これを4回の15分ごとに変更した。

本報告においては、以上のような結果を図と表を中心にして示すと共に preseismic 変化の継続時間(T_p)とマグニチュード(M)との関係についても述べる。

2. Coseismic 変化を示した地震等のデータ

Table 1 は、本報告で紹介する 35 例の coseismic 変化を伴った地震等に関するデータである。このうち地震についてのデータのおもなものは、気象庁の「地震月報」に基づいている。

Table 1 の左から右へ、順次、記録番号 (Record No.), 成分 (Component), 発震時 (Date, Time), 経度 (Longitude), 緯度 (Latitude), マグニチュード (M), 震源の深

Table 1. List of 30 earthquakes which accompanied coseismic resistivity distance of each earthquake, respectively.

Record No.	Component	Date	Time	Longitude (East)	Latitude (North)	M
31	A	Mar. 30, 1975	4h 57m	140°06'	36°10'	5.4
32	A	Apr. 2, 1975	17 44	140 47	33 42	5.8
33	A	Apr. 26, 1975	12 14	141 19	39 34	5.2
34	A	Aug. 12, 1975	23 22	138 12	31 57	6.9
35	A	June 16, 1976	7 36	139 00	35 30	5.5
36	A	Feb. 19, 1977	5 51	140 57	33 22	5.7
37	A	June 22, 1977	16 11	140 32	35 27	5.0
38	A	Oct. 5, 1977	0 39	139 52	36 08	5.4
39	A	Jan. 14, 1978	12 24	139 15	34 46	7.0
40	A	Feb. 20, 1978	13 37	142 12	38 45	6.7
41	A	Mar. 20, 1978	19 24	139 53	36 05	5.5
42	A	Apr. 7, 1978	8 30	141 22	35 03	6.1
43	A	June 12, 1978	17 14	142 10	38 09	7.4
44	A	Aug. 13, 1978	22 23	140 03	35 38	4.7
45	A	Sept. 19, 1978	5 44	140 08	34 12	5.0
46(A, B)	A, B	Dec. 3, 1978	22 16	139 11	34 53	5.4
47	A	May 21, 1979	23 37	140 31	35 54	5.2
48	A	July 11, 1979	10 58	141 19	36 36	5.9
49	A	Aug. 12, 1979	16 13	140 23	34 55	5.7
50	A	Oct. 28, 1979	14 39	140 45	35 07	5.5
51	A	Mar. 12, 1980	12 22	140 31	34 57	5.6
52	A	May 8, 1980	17 03	140 27	34 31	5.7
53(A, B)	A, B	June 29, 1980	16 22	139 14	34 55	6.7
54(A, B)	A, B	Sept. 24, 1980	4 10	139 48	35 58	5.4
55(A, B)	A, B	Sept. 25, 1980	2 54	140 13	35 31	6.1
56	A	Jan. 19, 1981	3 17	142 58	38 36	7.0
57	A	Apr. 13, 1981	12 04	142 21	37 16	5.7
58	A	Feb. 21, 1982	4 18	141 24	33 42	6.7
59	A	Mar. 21, 1982	11 32	142 36	42 06	7.3
60(A, B)	A, B	July 23, 1982	23 23	141 55	36 15	7.0

さ (D), 震央距離 (Δ), 震央位置 (Epicentral location) および coseismic 変化 (Coseismic resistivity change) の極性 (Polarity) と比抵抗変化率 ($\Delta\rho/\rho$) を示してある。

Table 1 に示すごとく No. 31~60 の coseismic 変化 35 例のうち, その変化の最初の部分が比抵抗増加 (+) で始まっている記録は 17 例, 比抵抗減少 (-) で始まっている記録は 17 例, 極性が不明なもの 1 例である。不明の 1 例は, Record No. 59 の 浦河沖地震 (M7.1, Mar. 21, 1982) の場合の振動的な coseismic 変化 (Fig. 38) である。記録番号の (A, B) については, あとで説明する。

changes. M, D and Δ denote the magnitude, focal depth and epicentral

D(km)	Δ (km)	Epicentral location	Coseismic resistivity change	
			Polarity	($\Delta\rho/\rho$)
70	122	SW Ibaraki Pref.	+	0.14 $\times 10^{-4}$
40	194	Near Hachijojima	+	0.10
110	514	Central Iwate Pref.	-	0.18
400	379	S off Chubu	-	0.06
20	69	Eastern Yamanashi Pref.	-	0.20
10	233	Near Hachijojima	+	0.25
40	90	E off Chiba Pref.	+	0.12
60	112	SW Ibaraki Pref.	-	0.57
0	55	Near Oshima	-	2.99
50	461	Off Miyagi Pref.	-	0.18
60	107	SW Ibaraki Pref.	+	0.12
30	160	E off Chiba Pref.	-	0.48
40	404	Off Miyagi Pref.	-	1.02
80	67	Northern Tokyo Bay	-	0.40
80	116	S off Chiba Pref.	+	0.10
20	50	Near Oshima	B+A -	B 0.16 A 1.25
60	117	Chiba-Ibaraki Border	+	0.12
40	223	Off Ibaraki Pref.	+	0.52
50	75	S off Chiba Pref.	+	1.14
90	104	E off Chiba Pref.	+	0.75
80	85	S off Kanto	+	0.41
60	104	S off Kanto	+	1.44
10	44	Izu Pen. Region	A+B-	A 3.00 B 0.18
80	93	Southern Kanto	A+B-	A 0.15 B 0.10
80	69	SE Coast of Kanto	{ A+ B+	{ A 0.94 B 0.79
0	486	E off Mid-Tohoku	-	0.56
30	340	E off S Tohoku	-	0.10
0	230	Near Hachijojima	-	1.81
10	815	Off Urakawa	?	0.25
10	241	E off Ibaraki Pref.	{ A- B-	{ A 1.90 B 0.06

Coseismic 変化の比抵抗変化率 ($\Delta\rho/\rho$) のオーダーは、Table 1 に示したごとく 10^{-4} である。

以上の結果は、1968年5月14日から1975年2月28日までの油壺における観測結果とよく調和している [山崎, 1980b]。

油壺における比抵抗変化計は、1980年2月から2成分 (A, B) による有線テレメーター方式の連続観測に変わっているが、Table 1 に示すように coseismic 変化の記録の大部分は A 成分のみである。地震によっては、B 成分にも記録される場合がある。

比抵抗変化計の A, B 成分の電極配列に関するデータを Table 2 に示す。観測壕内の電極間隔は、A 成分 2.0 m, B 成分 1.4 m である。coseismic 変化は A 成分にしばしば記録されるが B 成分の記録例は少ない。これを電極間隔の差のみで説明することはできない。今後の一つの研究課題である。

Fig. 1 は、1975年3月1日から1981年11月30日までの期間、日本付近に起こった $M \geq 5.0$ の地震のうち、油壺から $\Delta \leq 600$ km に相当する地震のみ、それぞれの震央を M の大小によって、3種類の丸印 ($6.0 > M \geq 5.0$ ○印, $7.0 > M \geq 6.0$ ●印, $M \geq 7.0$ ◎印) に分

Table 2. The operation data for the present two component observation of the earth's resistivity at the Aburatsubo Crustal Movement Observatory.

Component	A	B
Electrode direction in the vault	N20°E	N74°W
Electrode distance in the vault	2.0 m × 3	1.4 m × 3

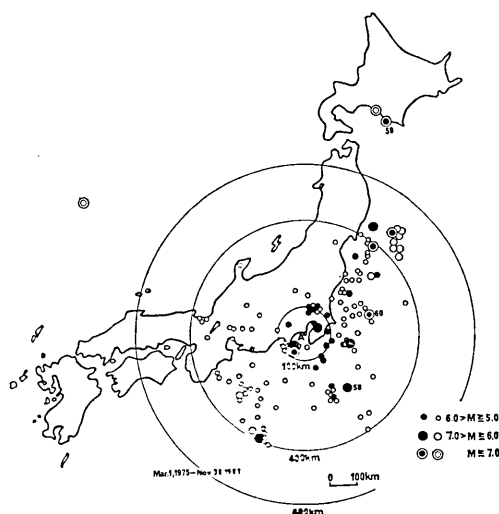


Fig. 1. Epicenters of earthquakes with larger than magnitude 5.0, occurring within a distance of 600 km from Aburatsubo (A) during a period from Mar. 1, 1975 to Nov. 30, 1981. Solid circles indicate earthquakes which accompanied coseismic resistivity change.

けて示してある。この丸印のうち、coseismic 変化を油壺で記録した地震の震央のみ、丸印の中を黒く塗りつぶして、それぞれ●, ●, ◎として区別してある (No. 31~57)。ただし $\Delta > 400$ km に起こった $M \geq 5.0$ の地震の震央は省略してある。

Fig. 1 に震央をプロットした地震の総数は 132 である。これを M の大小により三つに分けると、 $M \geq 5.0$ 113, $M \geq 6.0$ 14, $M \geq 7.0$ 5 となる。この 132 の地震のなかには、M4 クラスの地震 (No. 44, M4.7, Aug. 13, 1978, 東京湾北部) および No. 59 の浦河沖地震 (M7.3, Mar. 21, 1982) の付近に起こった M7 クラスの地震 (M7.1, Jan. 23, 1981, $142^{\circ}12'E$, $42^{\circ}25'N$, $\Delta = 815$ km) の二つの地震を含んでいる。

Fig. 1 には、1981年12月1日から1982年7月31日までの期間、日本付近に起こった $M \geq 6.0$ の三つの顕著地震の震央をも加えてある (No. 58~60)。この三つの地震に伴う coseismic 変化は、いずれも明瞭に記録されている。

本報告においては、すべての表および図にたいする地震の No. は全て同じである。

3. Preseismic 変化を伴った地震のデータ等

Table 1 に示した No. 31~60の35例の coseismic 変化記録について、この変化を中心に15分ごとに1回、毎時0分、15分、30分および45分の1時間あたり4回、読み取りを行なった。それぞれの記録から coseismic 変化のデータとして読み取った長さは、記録番号ごとに多少の相違はあるが、原則として coseismic 変化を中心とした約2日間のものとした。

このようにして読み取ったデータの解析には、伊豆半島沖地震 (M6.9, 1974) や1978年伊豆大島近海地震 (M7.0, 1978) などの coseismic 変化の記録整理にすでに用いたフィルターの手法〔山崎, 1978〕をそのまま使用して、coseismic 変化記録に重畳していると考えられる preseismic 変化の検出を試みた。

Table 3 は、Table 1 に示す35例の coseismic 変化記録から読み取ったデータにフィルターをかけた結果、preseismic 変化が明瞭になった13回の地震等についてのデータである。

この表において、Record No. が数字のみの記録は、Table 2 において component A として示した A 成分のみ、Record No. の数字に A, B が付いているものは、A, B の2成分記録があること示している。したがって13回の地震に伴って、17例の preseismic 変化 (A 成分13例, B 成分4例) が検出されたことになる。

Table 3 のうち、記録番号 (Record No.) から震央位置 (Epicentral location) までの各欄は、いずれも Table 1 と対応している。この表の preseismic 変化 (Preseismic resistivity change) の欄にある変化の始まりを示す記録上の点の極性 (Polarity) は、

比抵抗増加 (+) 6例, 比抵抗減少 (-) 11例となり、(-) 例が (+) 例に比較して5例も多い。この (-) 例が (+) 例に比べて多いという傾向は、1968年5月14日~1975年2月28日の期間中、油壺で観測した preseismic 変化〔山崎, 1980b〕が示した (-) 13例, (+) 4例と調和している。

Preseismic 変化の継続時間 (Duration time) T_p は、1/2~11 hour とかなりその範

Table 3. List of 13 earthquakes which accompanied a precismic resistivity change, preceding the coseismic one. M , D and Δ denote the magnitude, focal depth and epicentral distance of each earthquake, respectively.

Record No.	Date	Time	M	D (km)	Δ (km)	Epicentral location	Precismic resistivity change			
							Polarity	Duration time (T_p)	$(\Delta\rho/\rho)_p \times 10^{-1}$	Type
32	Apr. 2, 1975	17h 44m	5.8	40	194	Near Hachiojima	-	5~11 hour	0.01~0.28	II
40	Feb. 20, 1978	13 37	6.7	50	461	Off Miyagi Pref.	+	3.5	0.38	I
42	Apr. 7, 1978	8 30	6.1	30	160	E off Chiba Pref.	+	1/2	0.14	III
44	Aug. 13, 1978	22 23	4.7	80	67	Northern Tokyo Bay	+	1 1/4	0.25	II
46A	Dec. 3, 1978	22 16	5.4	20	50	Near Oshima	-	2 1/4	0.41	I
46B								5 1/2	0.36	I
48	July 11, 1979	10 53	5.9	40	223	Off Ibaraki Pref.	-	1	0.05	III
50	Oct. 23, 1979	14 39	5.5	90	104	E off Chiba Pref.	-	6	0.73	II
51	Mar. 12, 1980	12 22	5.6	80	85	S off Kanto	-	1	0.13	II
52	May 8, 1980	17 03	5.7	60	104	S off Kanto	-	3 3/4~6	0.56~0.81	II
53A	June 29, 1980	16 22	6.7	10	45	Izu Pen. Region	+	1/2~5	0.31~1.58	II, III
53B								3/4~5	0.08~0.46	II, III
55A	Sept. 25, 1980	2 54	6.1	80	69	SE Coast of Kanto	-	1	0.08	III
55B								1/2	0.12	III
58	Feb. 21, 1982	4 18	6.7	0	230	Near Hachiojima	+	8	1.24	II
60A	July 23, 1982	23 23	7.0	10	241	E off Ibaraki Pref.	-	3 1/2	0.48	I
60B								3 1/2	0.21	I

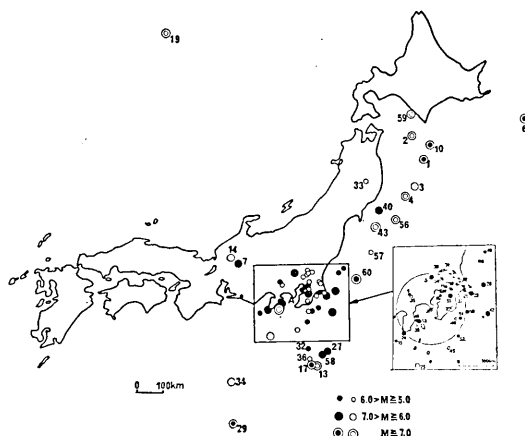


Fig. 2. Epicentral location map of earthquake show in Table 1. Solid circles indicate earthquakes which accompanied a preseismic resistivity change preceding the coseismic one. Aburatsubo is represented by A.

囲は広く、 T_p は preseismic 変化の型 (type) に左右されているようである。

Preseismic 変化の比抵抗変化率 $(\Delta\rho/\rho)_P$ のオーダーは 10^{-4} で、coseismic 変化のオーダーとはほぼ同じである。

Fig. 2 は、Table 1 に示す coseismic 変化を記録した30回の地震の震央を Fig. 1 と同じように、その M のクラスにより、3 種類 ($6.0 > M \geq 5.0$ ○印, $7.0 > M \geq 6.0$ ●印, $M \geq 7.0$ ⊙印) の丸印に分けて示してある。三つの丸印のうち、preseismic 変化を伴った地震の震央のみ、丸印の中を黒く塗りつぶして、それぞれ ●, ⊙, ⊙ として区別してある。

Fig. 2 の右側には、関東地方のみ拡大した図を付けてある。油壺の位置は A で示してある。

4. Preseismic 変化を示した記録 17 例

Table 3 に示した preseismic 変化17例のそれぞれの記録について、original 記録とこれらの記録に $T_c=6$ 時間のフィルターをかけた結果を記録番号ごとに一組にしたものを Fig. 3~19 に示す。

この17枚の図において、A は Record No. ごとの original 記録の写し、B は A の original 記録を毎時 0 分、15 分、30 分および 45 分の点で読み取ったデータのプロット、C は B に示したデータに $T_c=6$ 時間のフィルターをかけた結果のプロットである。

17枚の A、B および C で示す 3 種類の図上にそれぞれ記入してある P は、preseismic 変化の始まりと考えられる点、E は地震の発震時と coseismic 変化を示す点であり、それぞれ ↑ 印を付けてある。地震によっては、P が 2 つ以上あると考えられる場合があり、この場合には P と ↑ 印は、この相当数だけ示してある。

Table 3 に示す preseismic 変化の継続時間 (Duration time, T_p) は、これらの図に

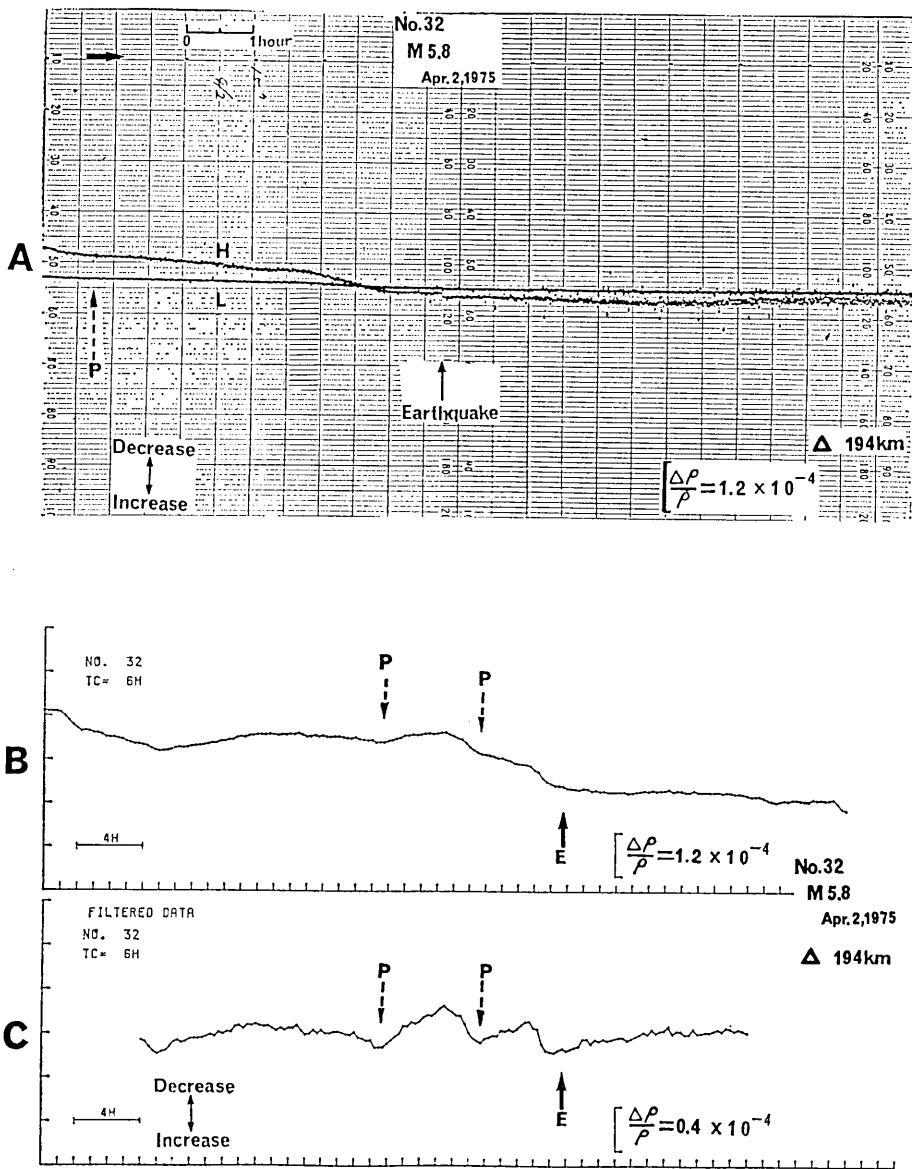


Fig. 3. An example (No. 32) of the resistivity change accompanied by an earthquake (Near Hachijojima) of M 5.8 at $J=194 \text{ km}$ on Apr. 2, 1975.

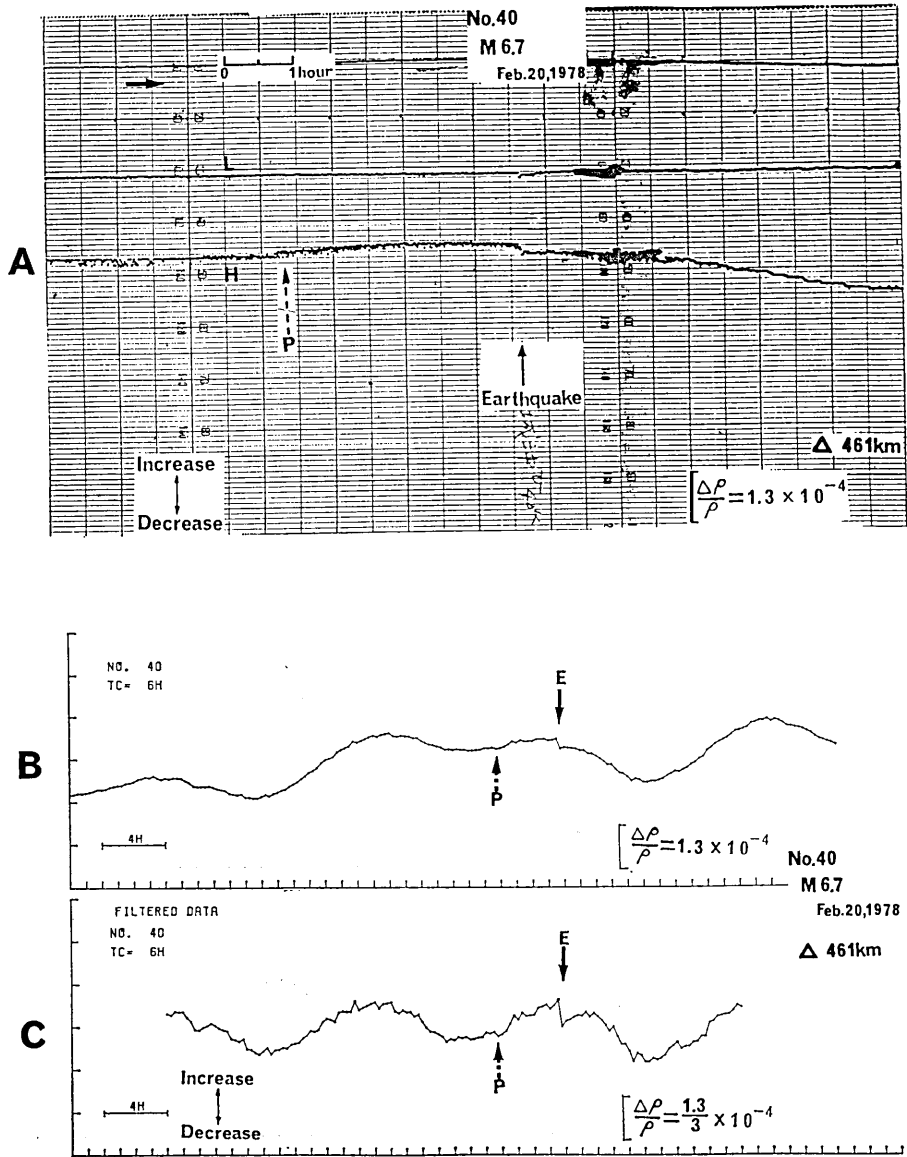


Fig. 4. An example (No. 40) of the resistivity change accompanied by an earthquake (Off Miyagi Pref.) of M 6.7 at $\Delta=461$ km on Feb. 20, 1978.

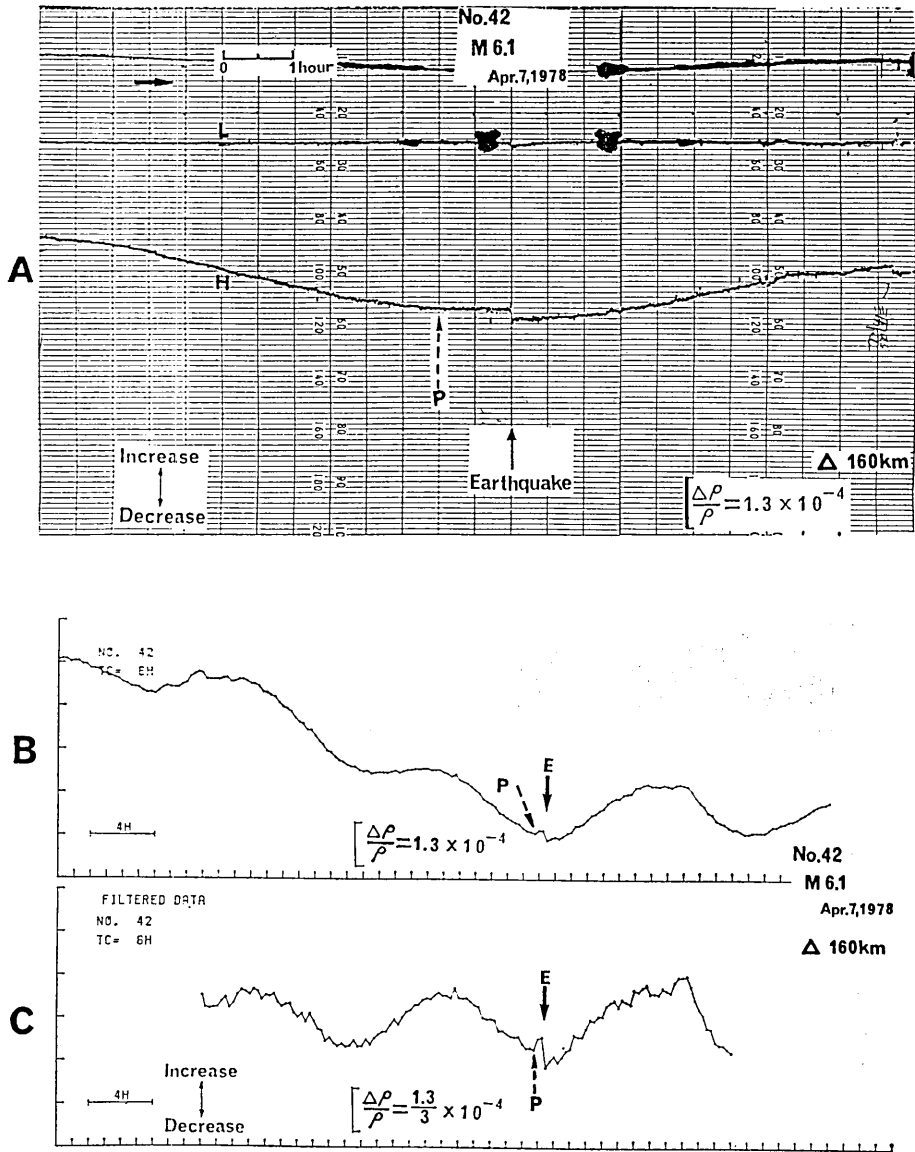


Fig. 5. An example (No. 42) of the resistivity change accompanied by an earthquake (E off Chiba Pref.) of M 6.1 at $L=160$ km on Apr. 7, 1978.

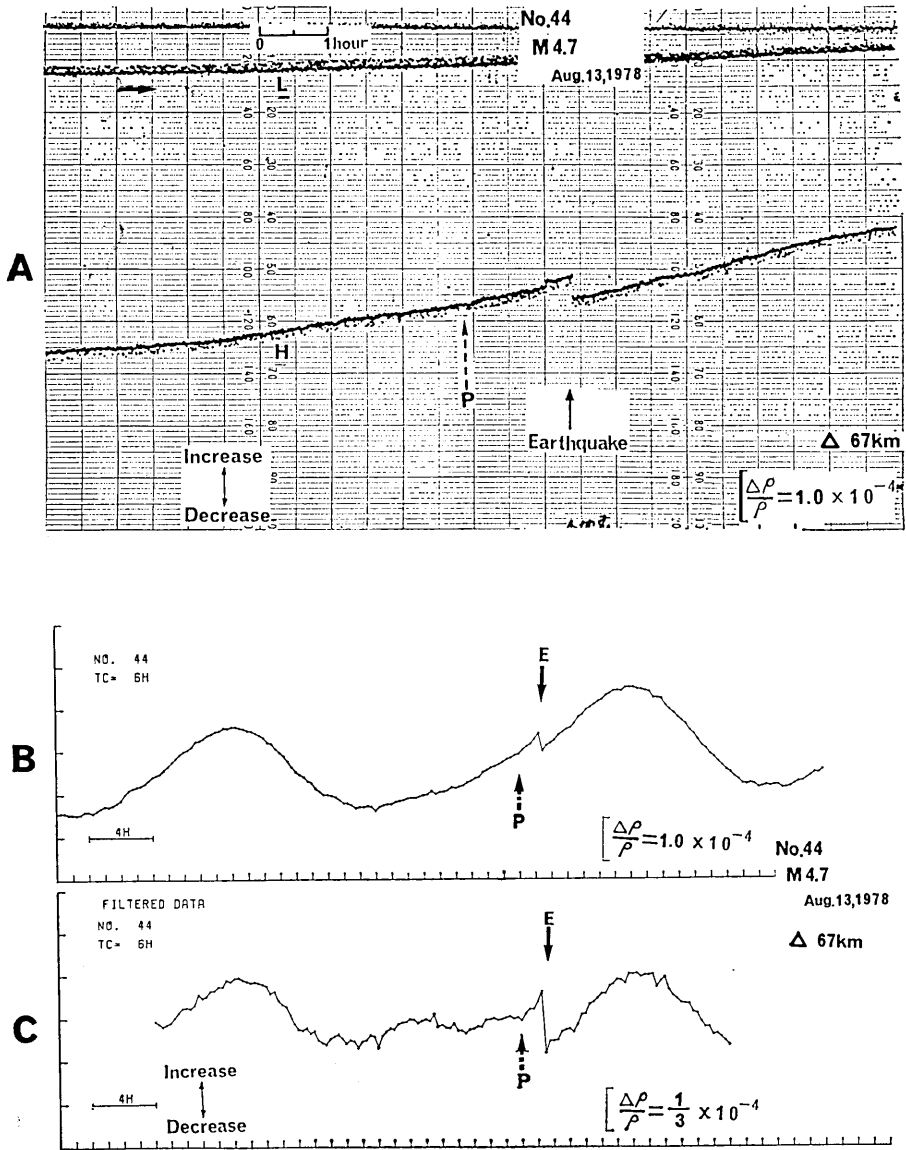


Fig. 6. An example (No. 44) of the resistivity change accompanied by an earthquake (Northern Tokyo Bay) of M 4.7 at $\Delta=67$ km on Aug. 13, 1978.

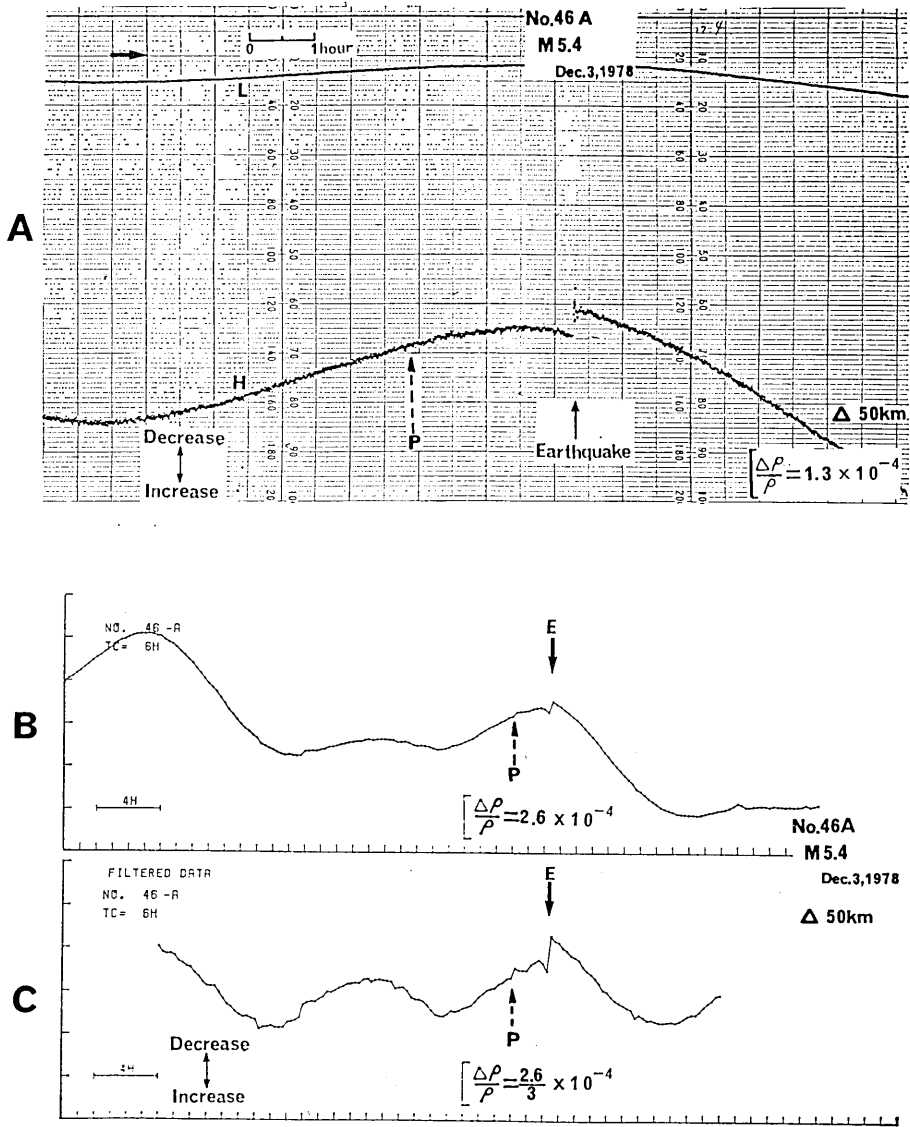


Fig. 7. An example (No. 46A) of the resistivity change accompanied by an earthquake (Near Oshima) of M 5.4 at $\Delta=50$ km on Dec. 3, 1978.

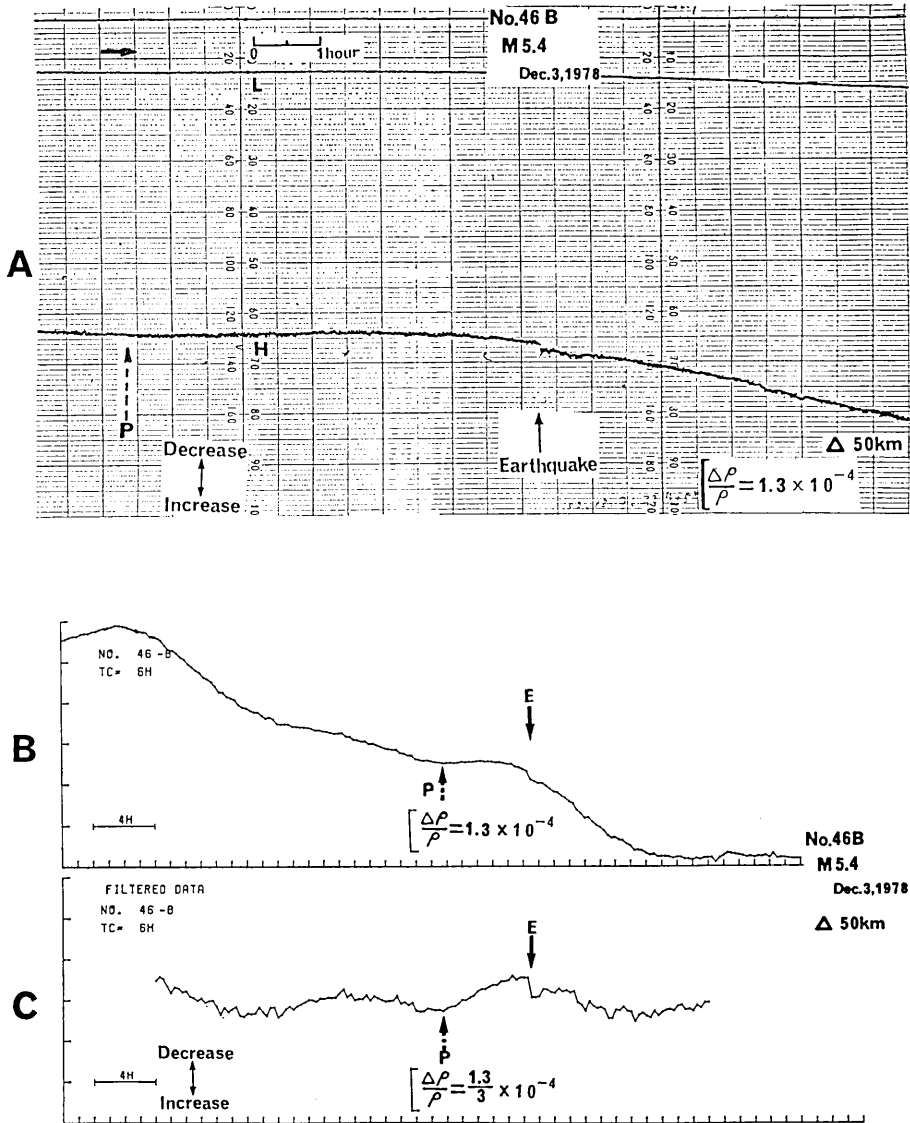


Fig. 8. An example (No. 46B) of the resistivity change accompanied by an earthquake (Near Oshima) of M 5.4 at $\Delta=50$ km on Dec. 3, 1978.

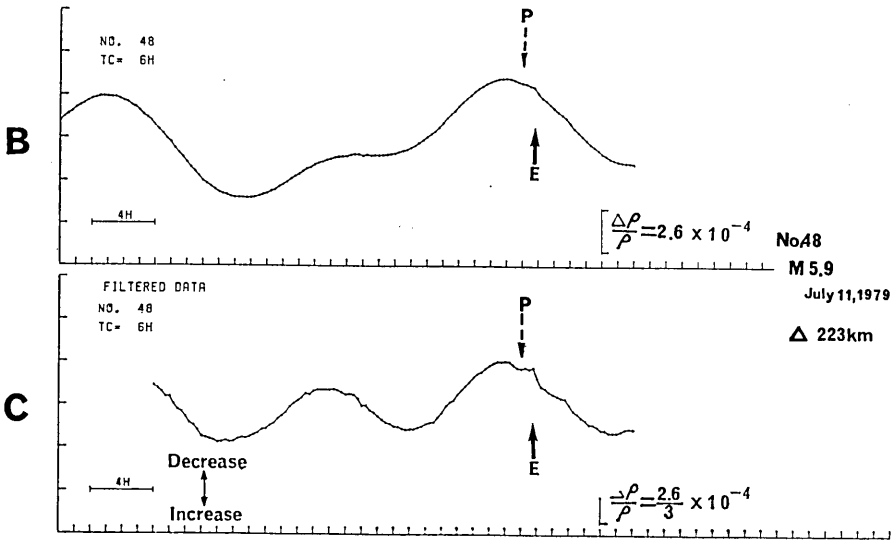
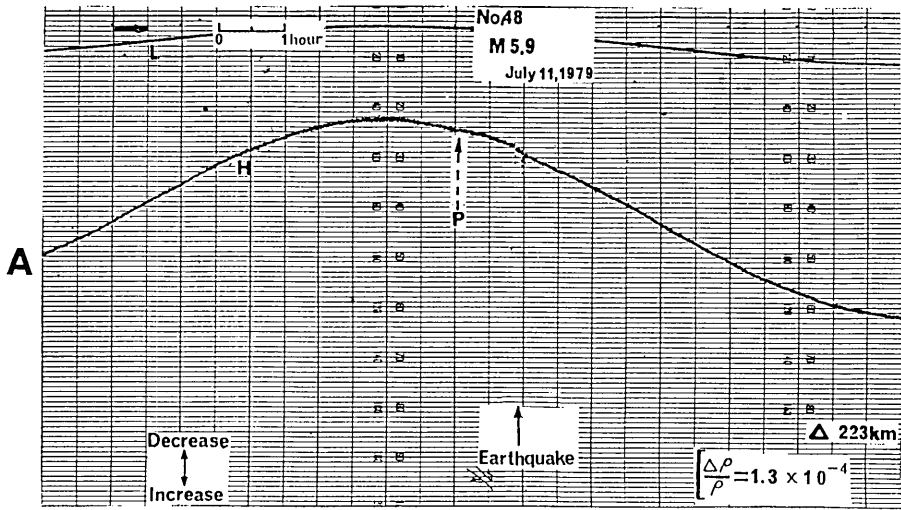


Fig. 9. An example (No. 48) of the resistivity change accompanied by an earthquake (Off Ibaraki Pref.) of M 5.9 at $\Delta=223$ km on July 11, 1979.

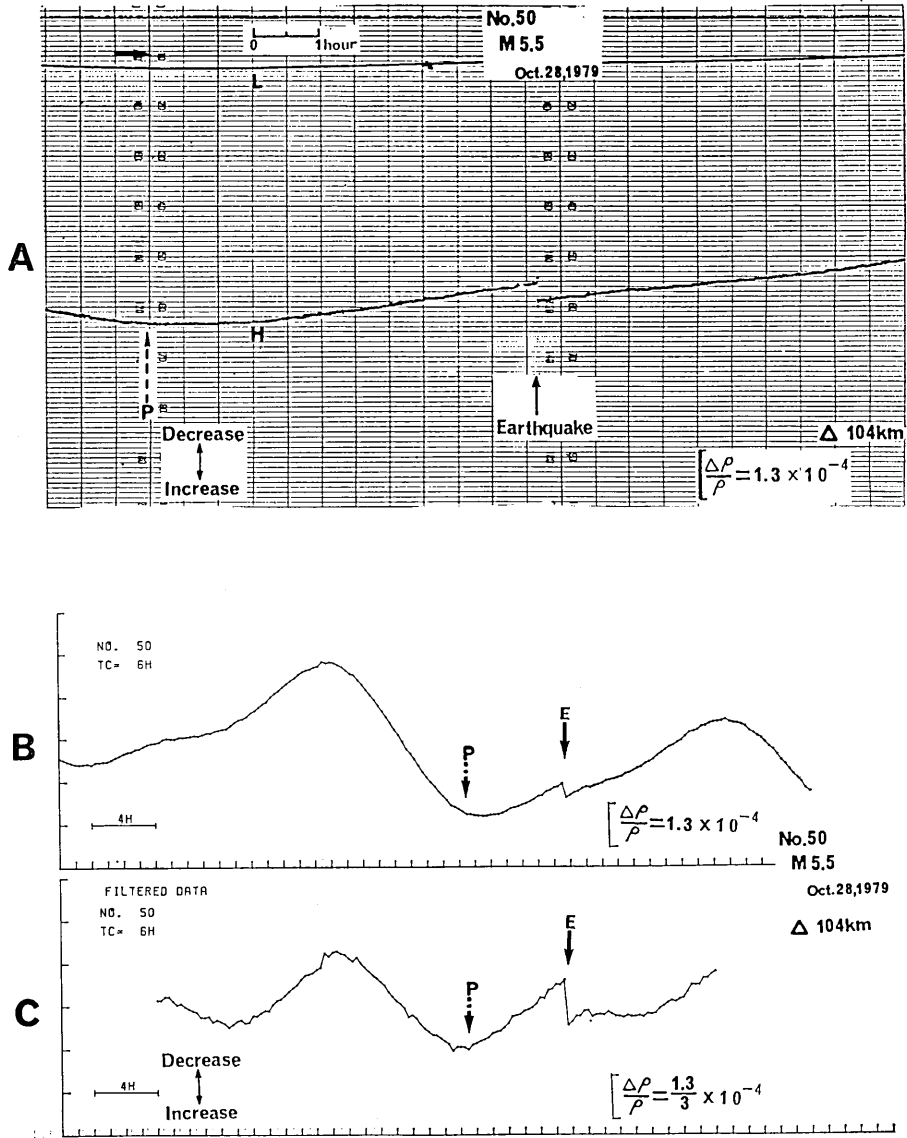


Fig. 10. An example (No. 50) of the resistivity change accompanied by an earthquake (E off Chiba Pref.) of M 5.5 at $\Delta=104$ km on Oct. 28, 1979.

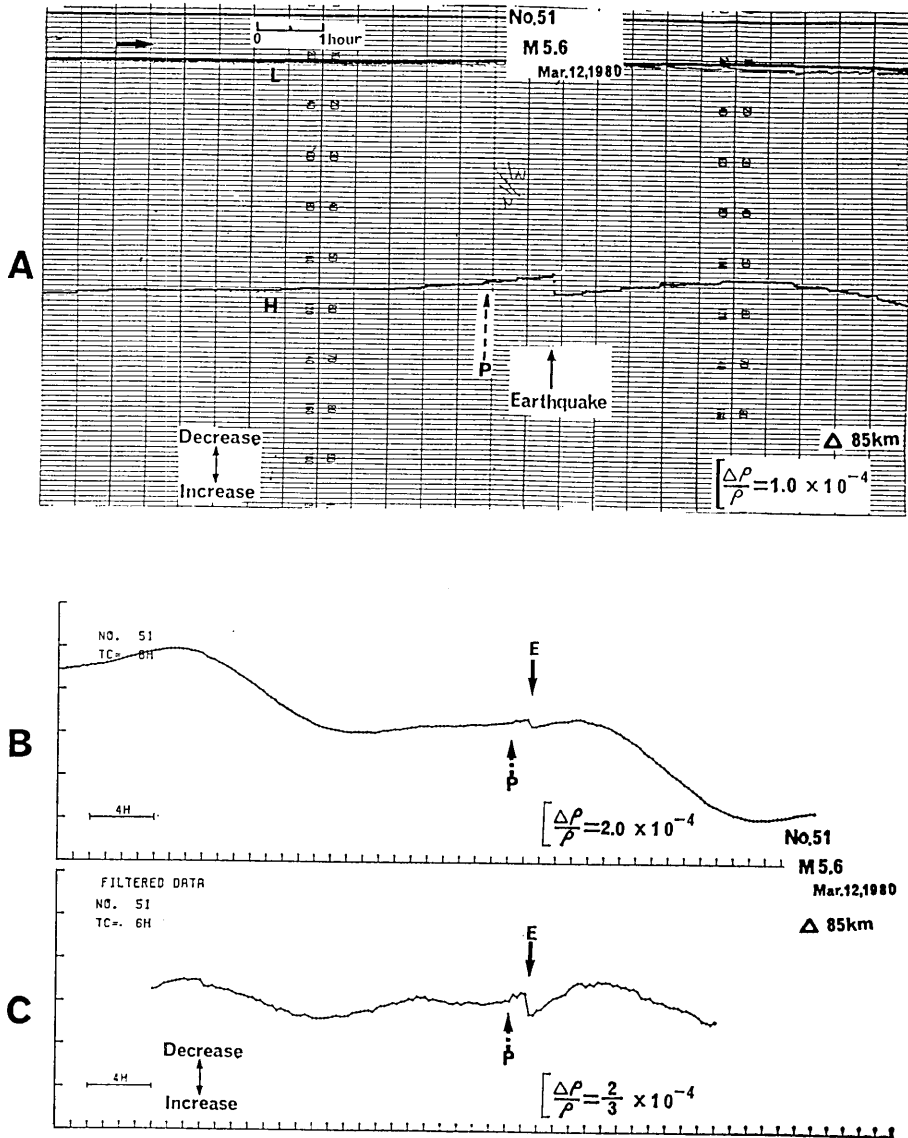


Fig. 11. An example (No. 51) of the resistivity change accompanied by an earthquake (S off Kanto) of M 5.6 at $J=85$ km on Mar. 12, 1980.

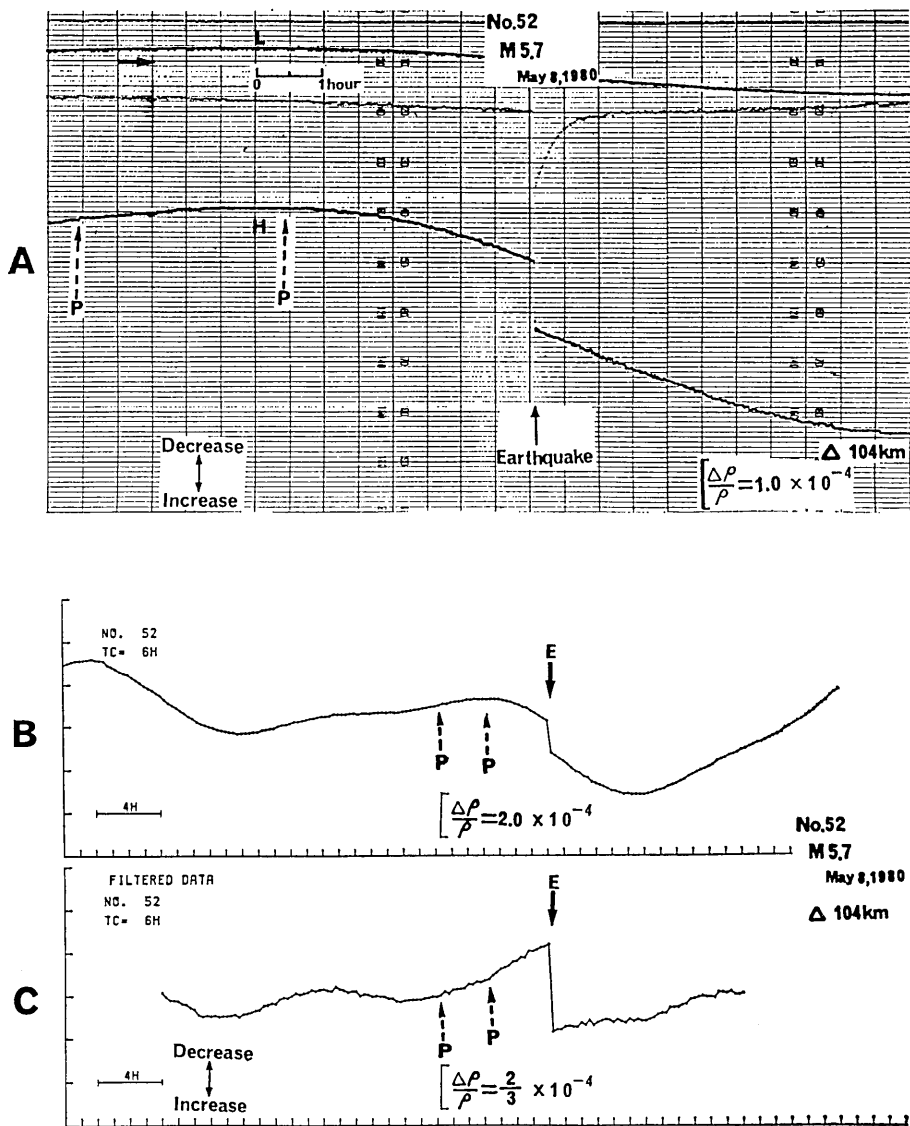


Fig. 12. An example (No. 52) of the resistivity change accompanied by an earthquake (S off Kanto) of M 5.7 at $\Delta=104$ km on May 8, 1980.

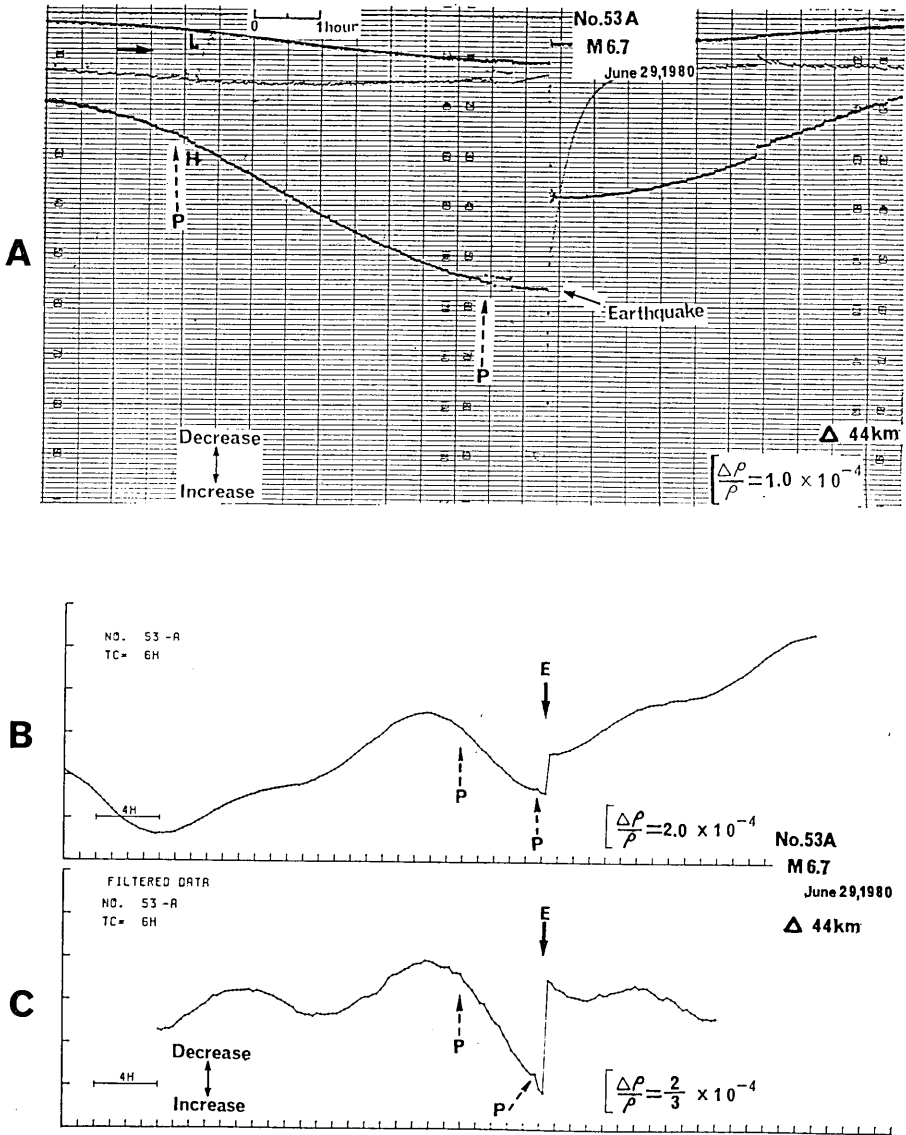


Fig. 13. An example (No. 53A) of the resistivity change accompanied by an earthquake (Izu Pen. Region) of M 6.7 at $\Delta=44$ km on June 29, 1980.

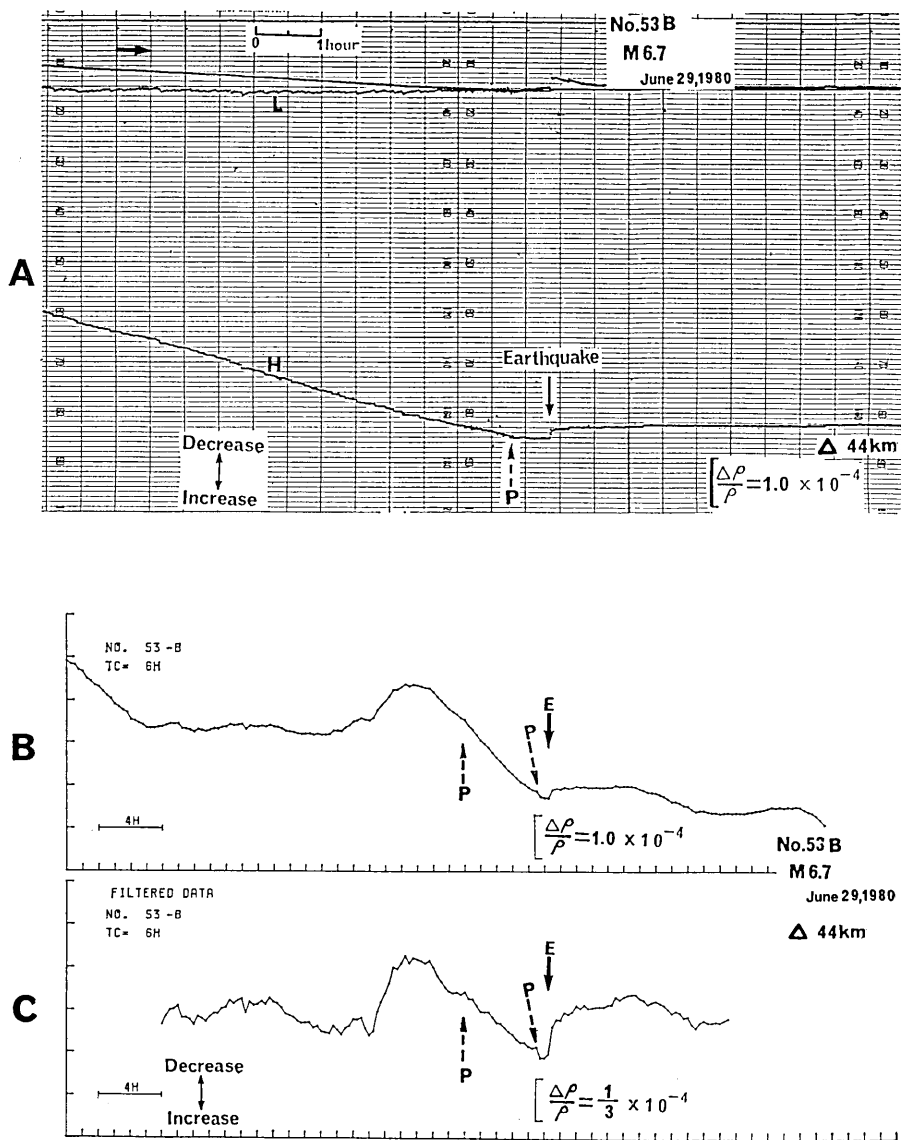


Fig. 14. An example (No. 53B) of the resistivity change accompanied by an earthquake (Izu Pen. Region) of M 6.7 at $\Delta=44$ km on June 29, 1980.

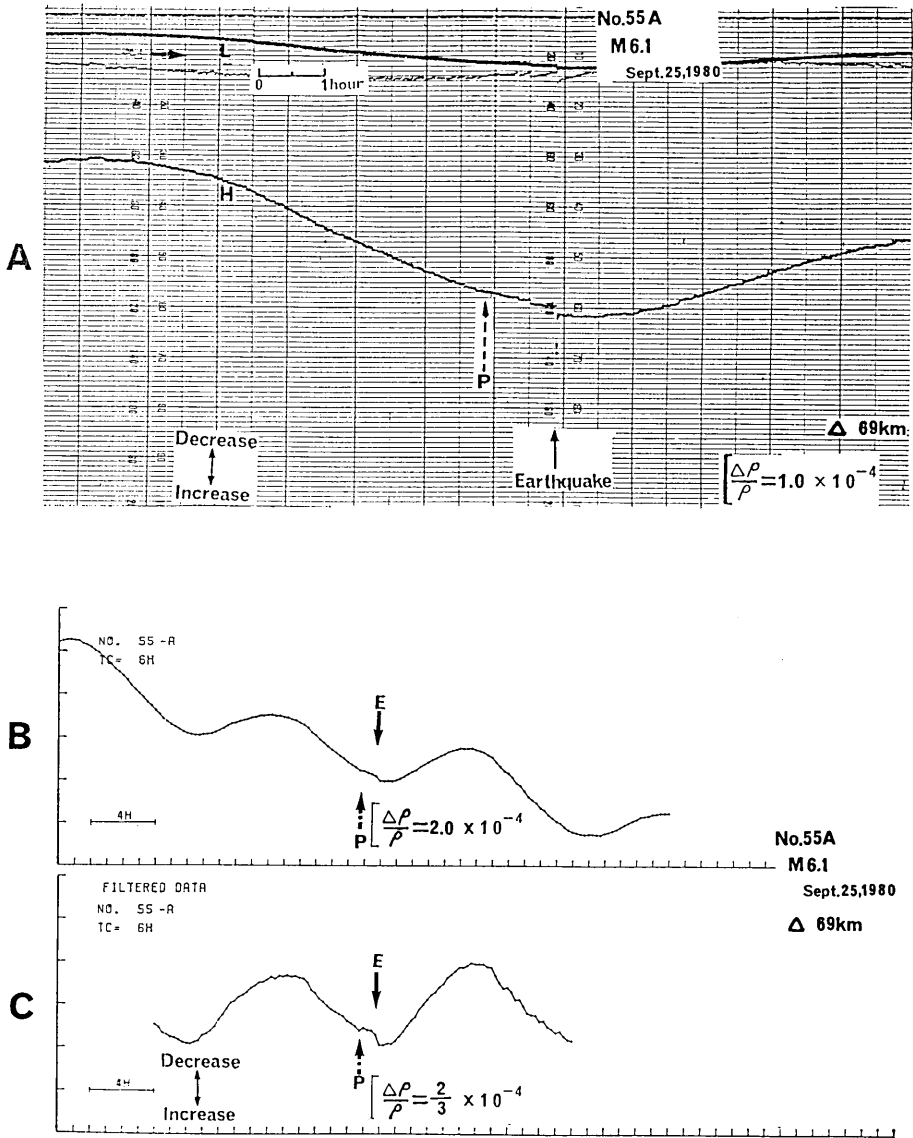


Fig. 15. An example (No. 55A) of the resistivity change, accompanied by an earthquake (SE Coast of Kanto) of M 6.1 at $\Delta=69$ km on Sept. 25, 1980.

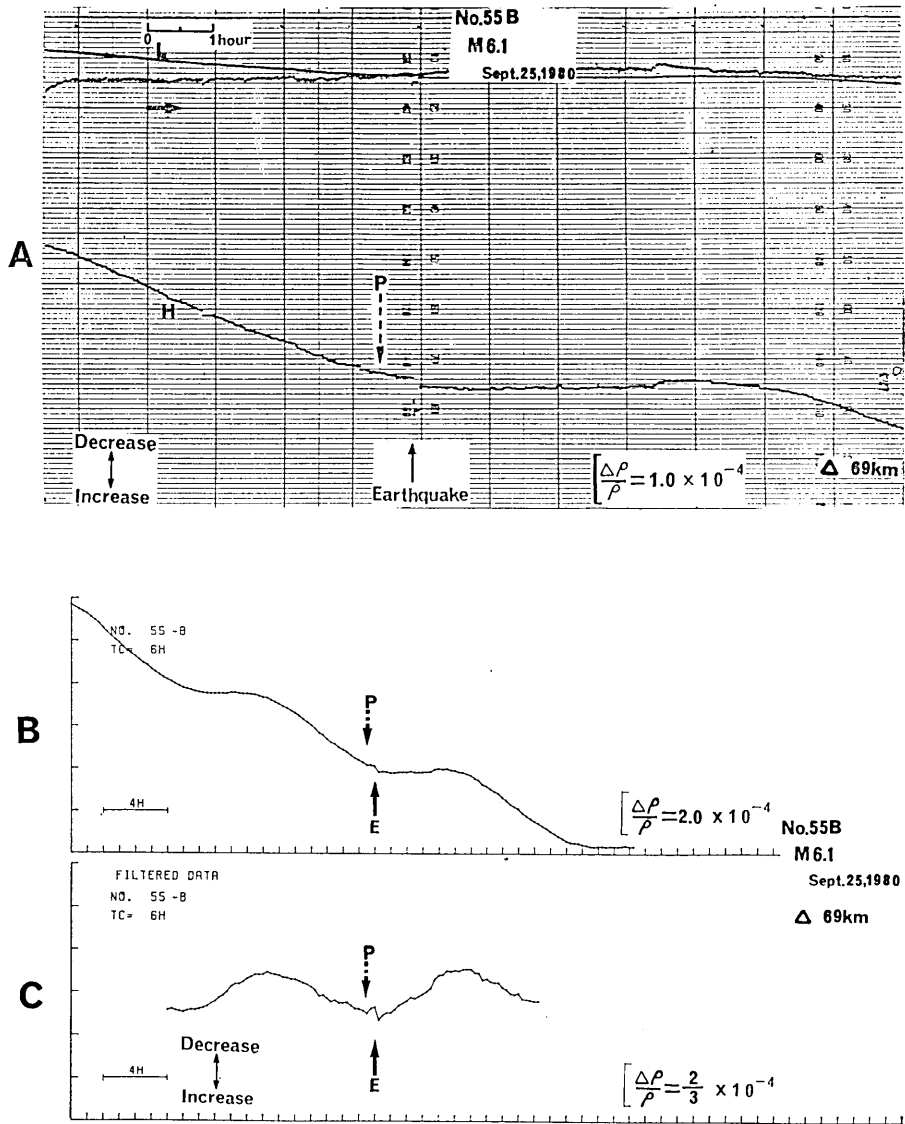


Fig. 16. An example (No. 55B) of the resistivity change accompanied by an earthquake (SE Coast of Kanto) of M 6.1 at $\Delta=69$ km on Sept. 25, 1980.

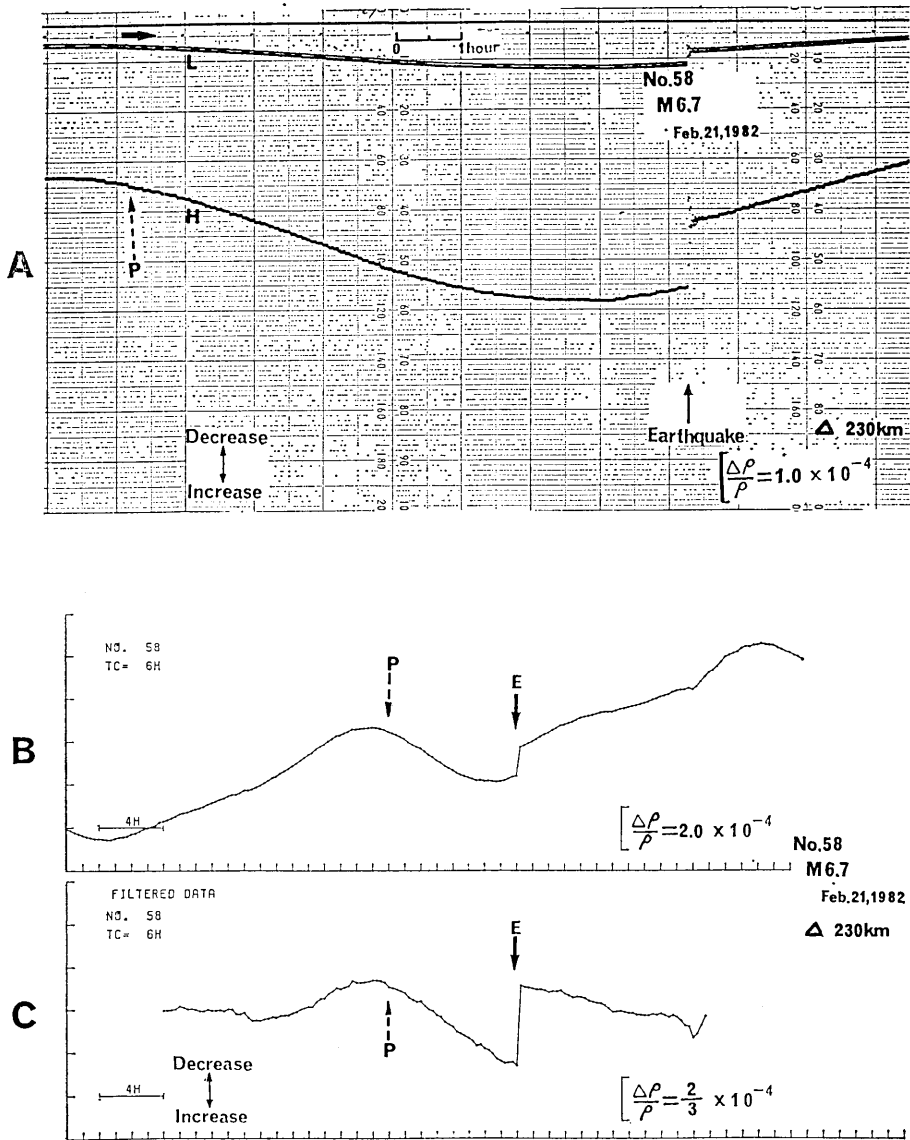


Fig. 17. An example (No. 58) of the resistivity change accompanied by an earthquake (Near Hachijojima) of M 6.7 at $\Delta=230$ km on Feb. 21, 1982.

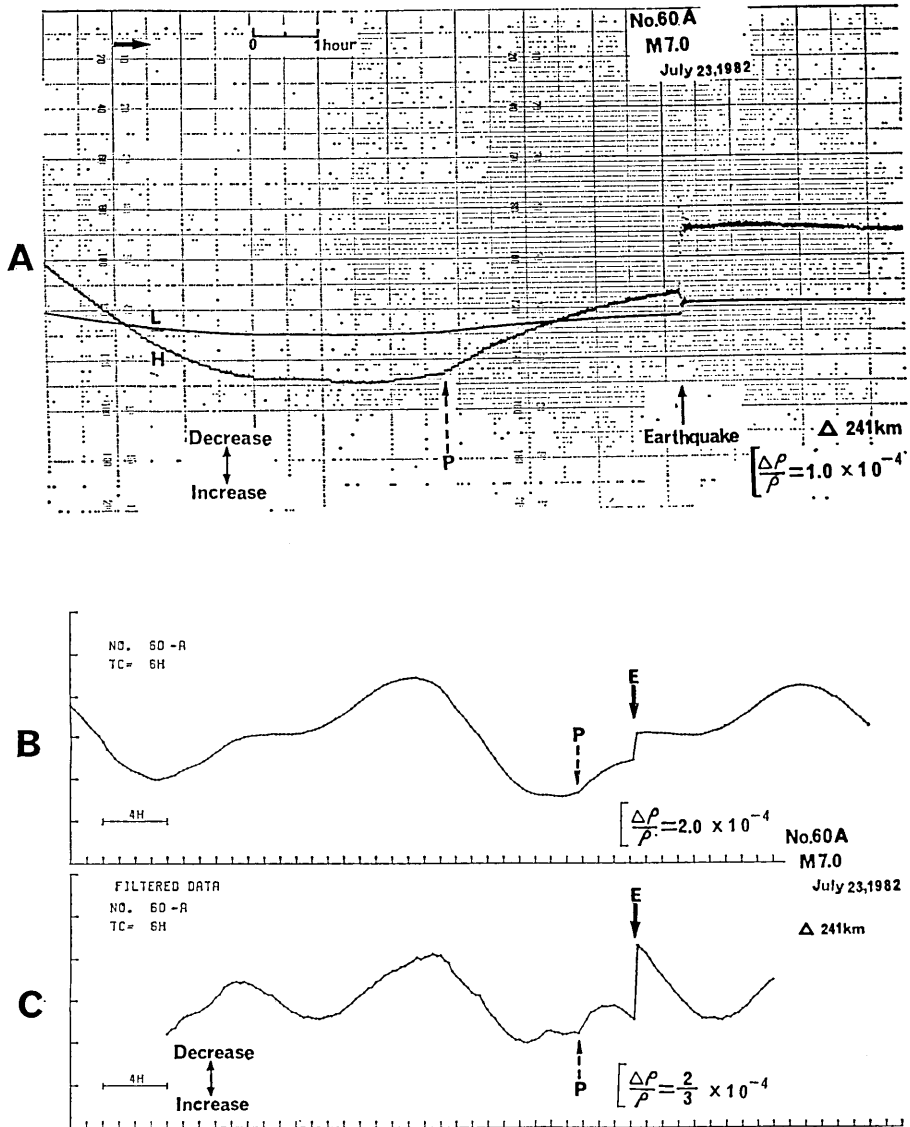


Fig. 18. An example (No. 60A) of the resistivity change accompanied by an earthquake (E off Ibaraki Pref.) of M 7.0 at $\Delta=241$ km on July 23, 1982.

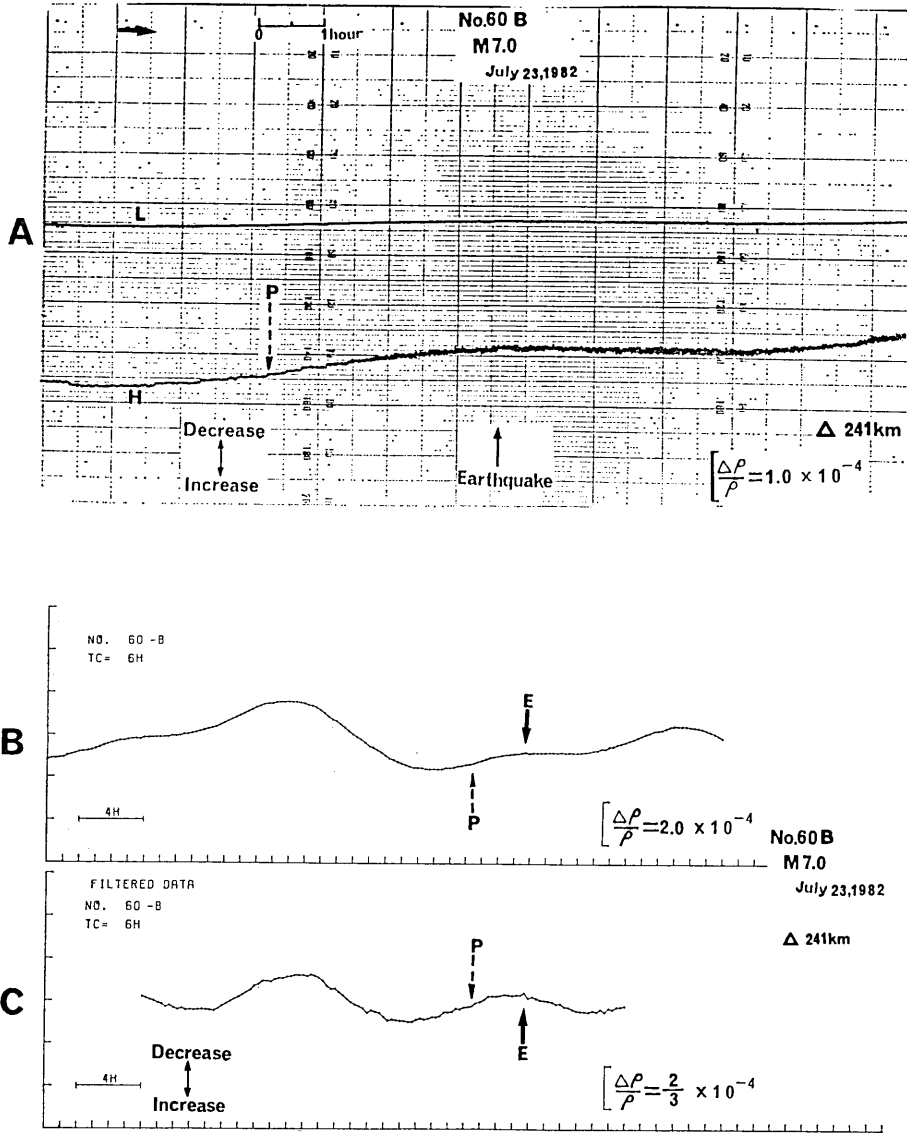


Fig. 19. An example (No. 60B) of the resistivity change accompanied by an earthquake (E off Ibaraki Pref.) of M 7.0 at $\Delta=241$ km on July 23, 1982.

において P から E までの時間により表わされる。

Coseismic 変化および preseismic 変化の比抵抗変化の極性は、いずれも図上の ↓印に付けた decrease または increase により、減少または増加を表わしてある。

17例の preseismic 変化は、Fig. 3~19 の original 記録 A および B にフィルターをかけた結果 C から明らかのごとくそれぞれ異なったパターンを示している。これらのさまざまな変化は、この報告 (1) [山崎, 1980b] ですでに述べたごとく、ほぼ三つの型に分けられる。

5. Preseismic 変化の三つの型

Fig. 3~19 に示した preseismic 変化は No. 60A のように、ややふくらみをもった緩慢な変化の型 I、時間にたいして、ほぼ鋸歯状波的な変化をする型 II および地震の前にス

Table 4. Three types (I, II and III) of preseismic resistivity change. M, D and Δ denote the magnitude, focal depth and epicentral distance of each earthquake, respectively.

Type	Record No.	M	D (km)	Δ (km)	Epicentral location	Preseismic resistivity change		
						Polarity	Duration time (T_p)	$(\Delta\rho/\rho)_p$
I	40	6.7	50	461	Off Miyagi Pref.	+	3.5 hour	0.38×10^{-4}
	46A } 46B }	5.4	20	50	Near Oshima	-	2 1/4	0.41
	-					5 1/2	0.36	
	60A } 60B }	7.0	10	241	E off Ibaraki Pref.	-	3 1/2	0.48
	-					3 1/2	0.21	
II	32	5.8	40	194	Near Hachijojima	-	5~11	0.28~0.04
	44	4.7	80	67	Northern Tokyo Bay	+	1 1/4	0.25
	50	5.5	90	104	E off Chiba Pref.	-	6	0.73
	51	5.6	80	85	S off Kanto	-	1	0.13
	52	5.7	60	104	S off Kanto	-	3 3/4~6 3/4	0.56~0.81
	58	6.7	0	230	Near Hachijojima	+	8	1.24
III	42	6.1	30	160	E off Chiba Pref.	+	1/2	0.14
	48	5.9	40	223	Off Ibaraki Pref.	-	1	0.05
	55A } 55B }	6.1	80	69	SE Coast of Kanto	-	1	0.08
	-					1/2	0.12	
II, III	53A } 53B }	6.7	10	45	Izu Pen. Region	+	1/2~5	0.31~1.58
	+					3/4~5	0.08~0.46	

テップ状的な変化をする型Ⅲの三つの型に分けられる (Table 4). ただし例外として, 1枚の記録中に二つの型の preseismic 変化がみられる No. 53 (A, B) のような場合もある.

Table 4 においては, 左から右へ順次, preseismic 変化の型 (Type), 記録番号 (Record No.), マグニチュード (M), 震源の深さ (D), 震央距離 (Δ), 震央位置 (Epicentral location) および preseismic 変化 (preseismic resistivity change) の極性 (Polarity), preseismic 変化の継続時間 (Duration time) T_p および比抵抗変化率 ($\Delta\rho/\rho$)_p を示してある.

Preseismic 変化の型 I にあてはまる記録は, 5例 (No. 40, 46A, 46B, 60A, 60B), 型 II の記録は6例 (No. 32, 44, 50, 51, 52, 58), 型Ⅲの記録は4例 (No. 42, 48, 55A, 55B), 型 II と型Ⅲとを1枚の記録中に示したのは2例 (No. 53A, 53B) である.

型Ⅲの変化は, T_p (hour) が 1/2~1 と短いのが特色といえる.

6. Preseismic 変化の継続時間 (T_p) およびマグニチュード (M)

T_p は比抵抗変化計の記録 (Fig. 3~19) において, preseismic 変化の始まりと考えられる点 P と地震の発震時 E との時間差である.

Fig. 20 は, M と T_p との関係を示す図である. この図における●印は preseismic 変化の型 I, ◎印は型 II, ×印は型Ⅲをそれぞれ示している. これら3種類に分けた preseismic 変化のデータは, すでに報告してある1968年5月14日から1975年2月28日までの17例 (No. 1, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 15, 17, 18, 20, 23, 24, 27, 28, 29) の全てを含んでいる.

Fig. 20 から M が大きくなるにつれて, T_p が長くなるように見える. T_p が長いのは型 II (◎) に多く, 型 I (●) はこれよりやや短かく, 型Ⅲ (×) になると T_p は M にあまり関係なく1時間以内である. T_p の単位は時間 (hour) である.

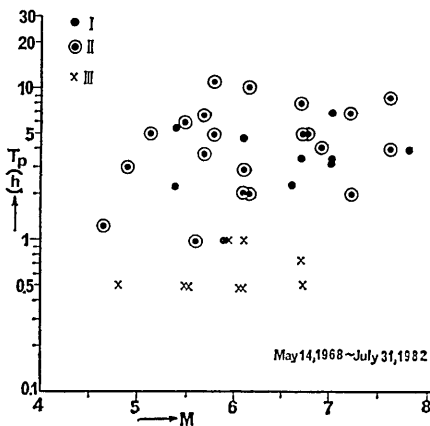


Fig. 20. The duration time (T_p) of preseismic resistivity change as plotted against the magnitude (M).

7. Coseismic 変化のみ示した記録18例

Table 1 に示した coseismic 変化記録35例 (No. 31~60) のうち, preseismic 変化を含んでいない18例の coseismic 変化記録 (No. 31, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 41, 43,

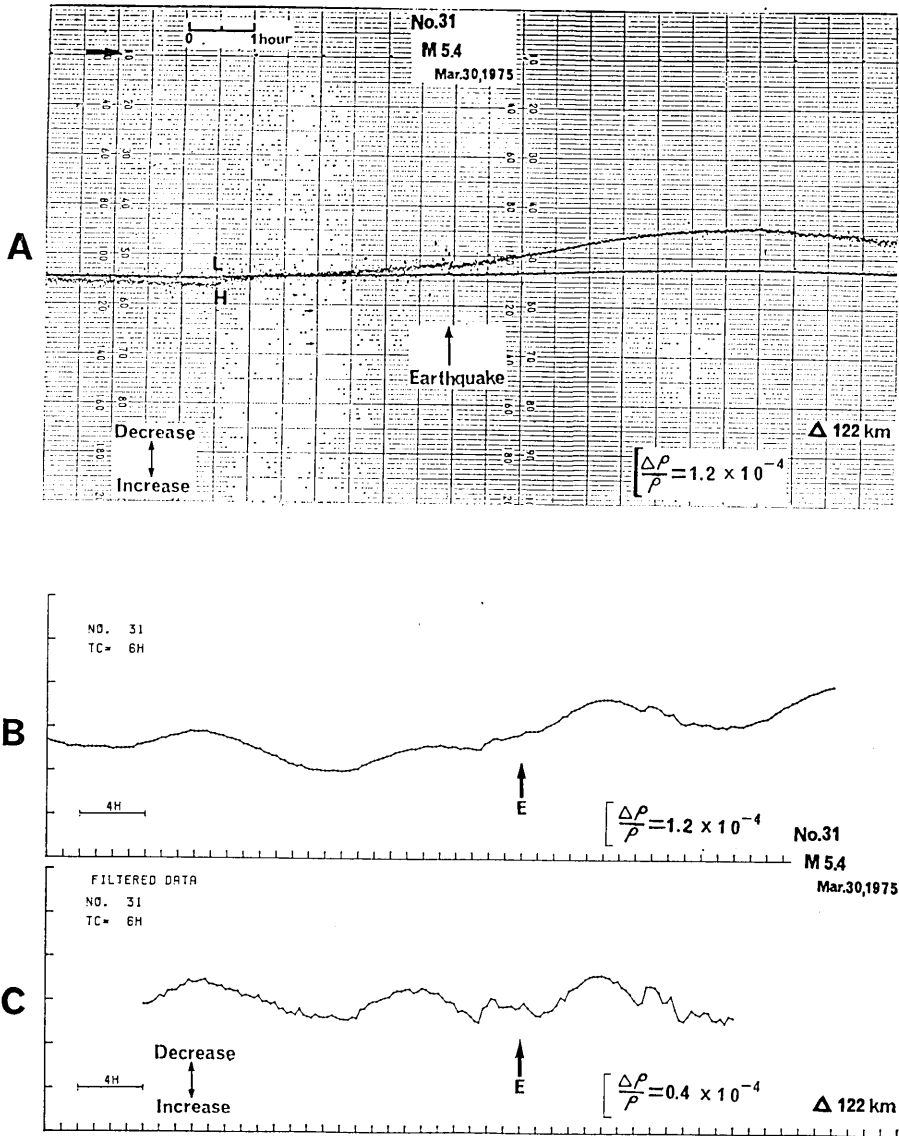


Fig. 21. An example (No. 31) of coseismic resistivity change without a conspicuous preseismic change. Earthquake (SW Ibaraki Pref.) of M 5.4 at $\Delta=122$ km on Mar. 30, 1975.

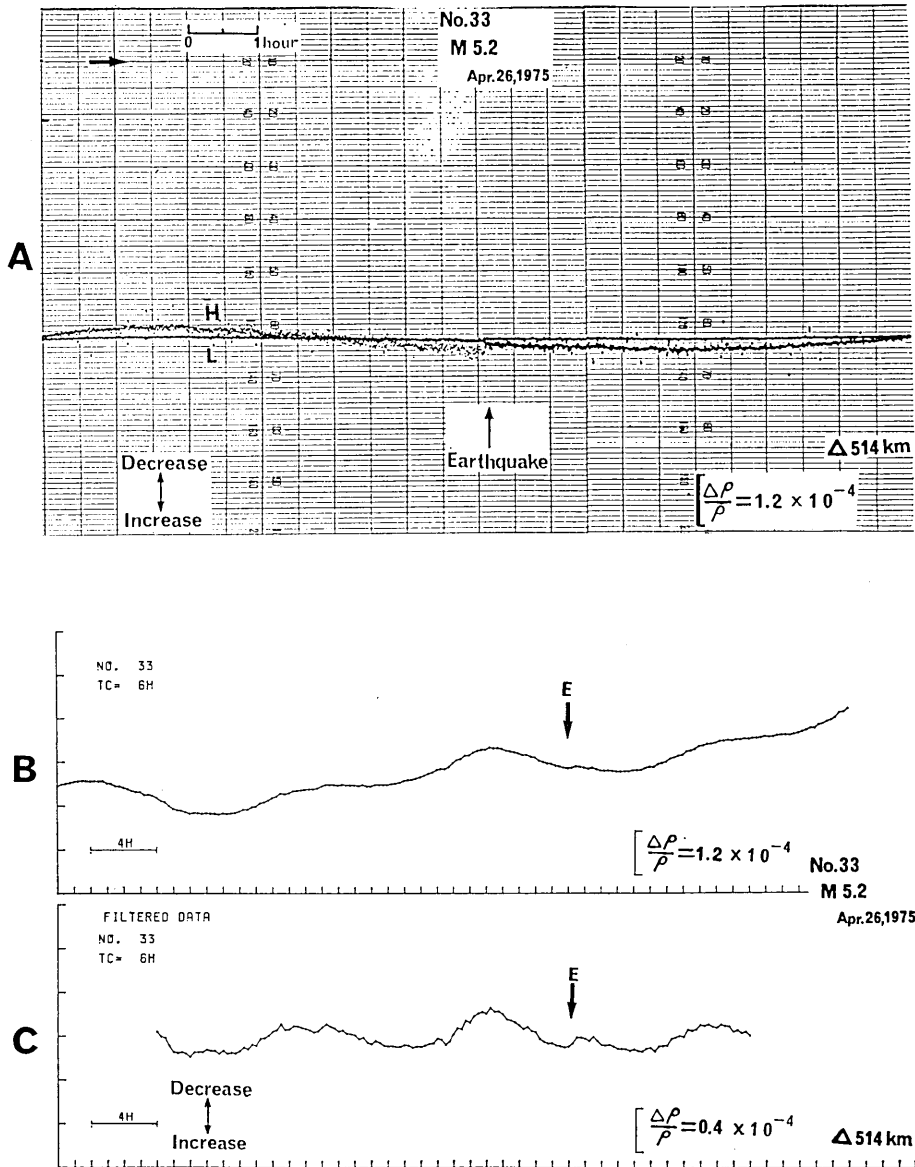


Fig. 22. An example (No. 33) of coseismic resistivity change without a conspicuous preseismic change. Earthquake (Central Iwate Pref.) of M 5.2 at $\Delta=514$ km on Apr. 26, 1975.

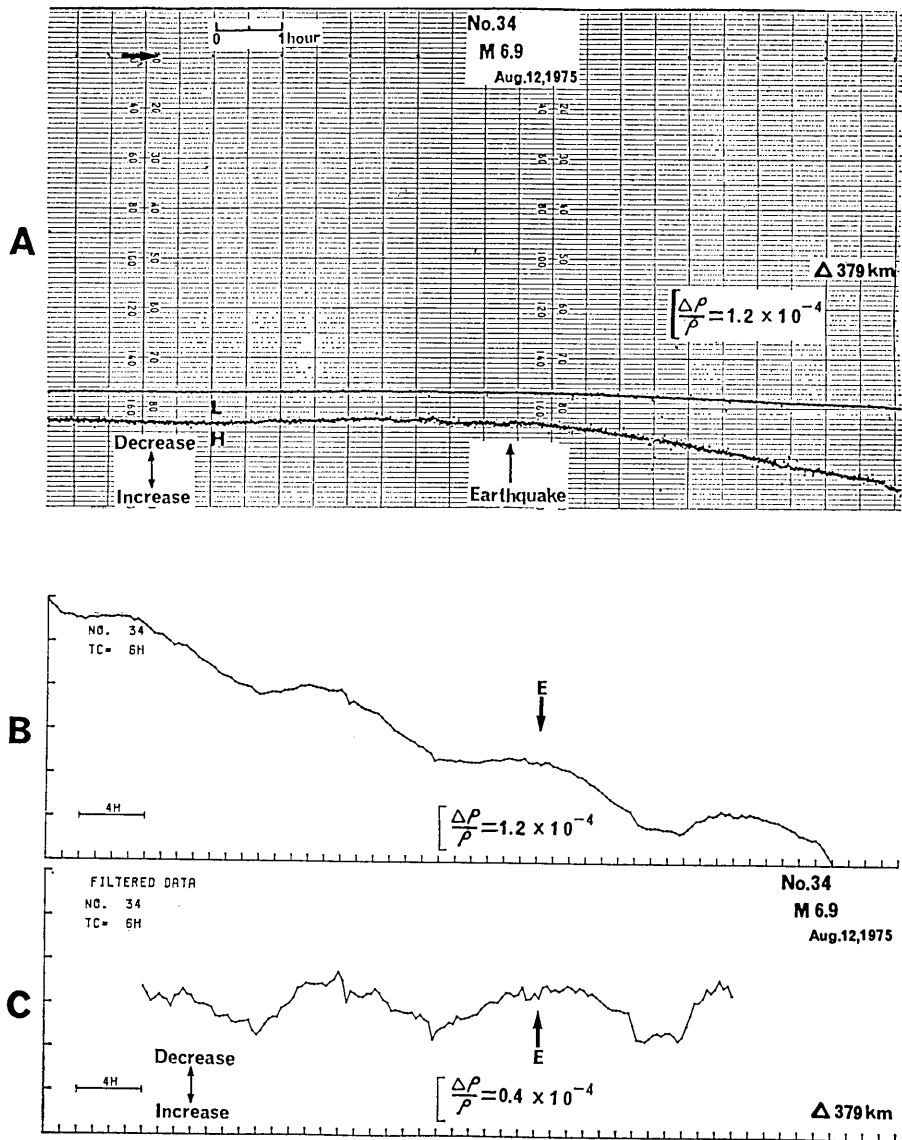


Fig. 23. An example (No. 34) of coseismic resistivity change without a conspicuous preseismic change. Earthquake (S off Chubu) of M 6.9 at $\Delta=379$ km on Aug. 12, 1975.

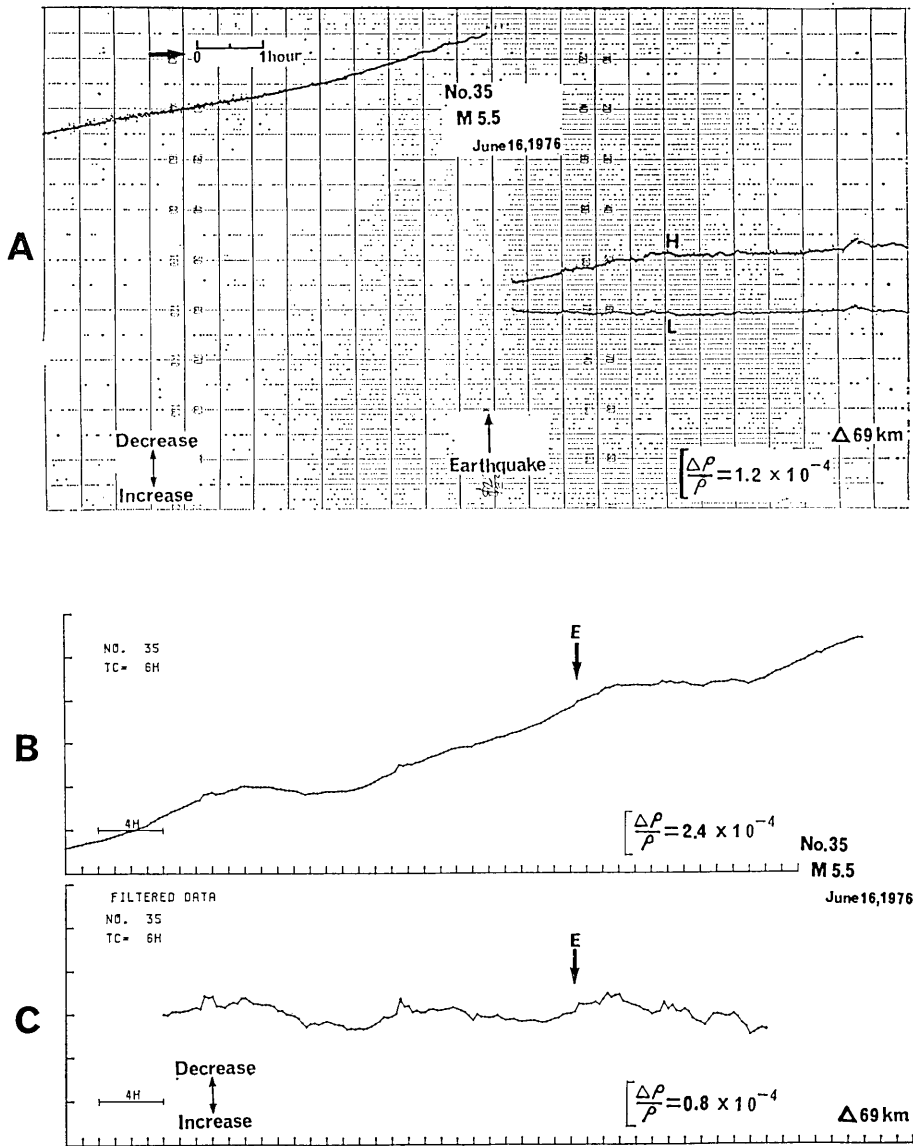


Fig. 24. An example (No. 35) of coseismic resistivity change without a conspicuous preseismic change. Earthquake (Eastern Yamanashi Pref.) of M 5.5 at $\Delta=69$ km on June 16, 1976.

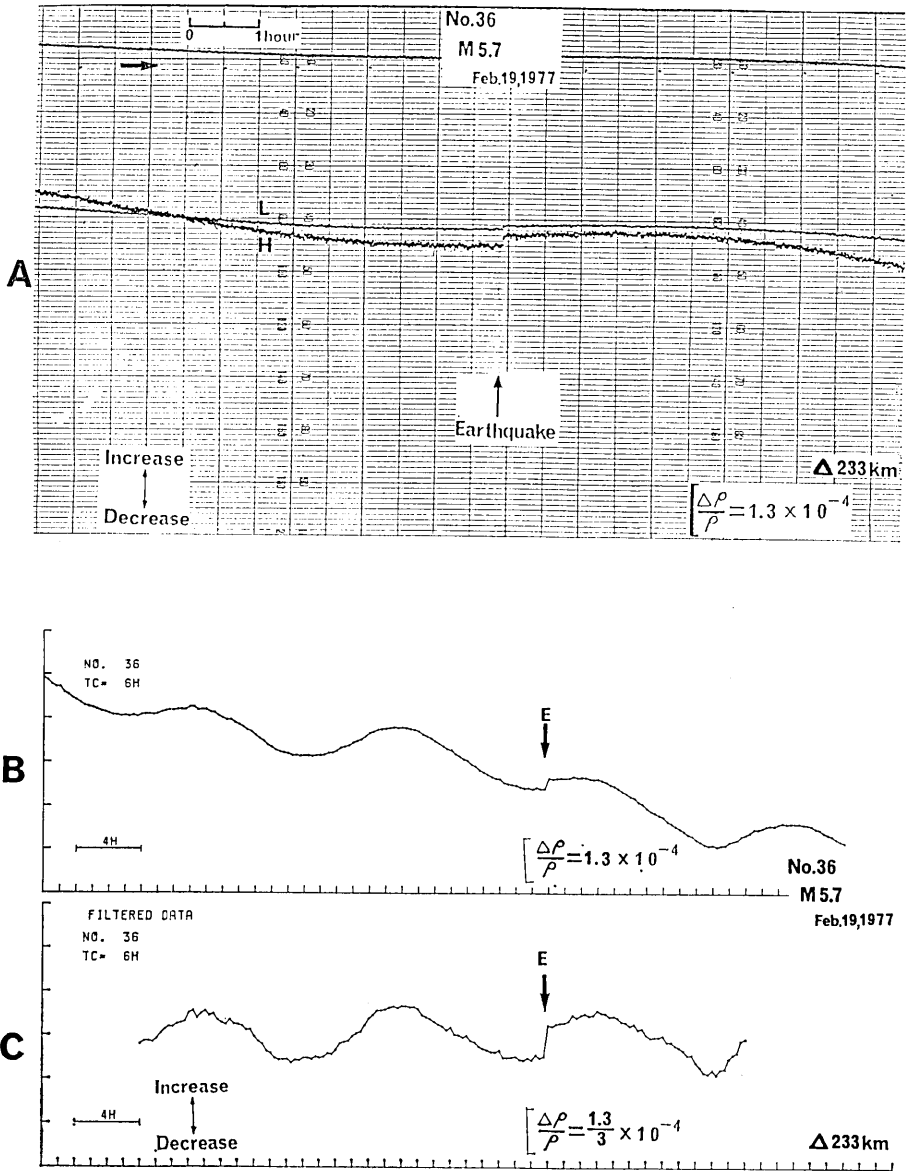


Fig. 25. An example (No. 36) of coseismic resistivity change without a conspicuous preseismic change. Earthquake (Near Hachijojima) of M 5.7 at $\Delta=233$ km on Feb. 19, 1977.

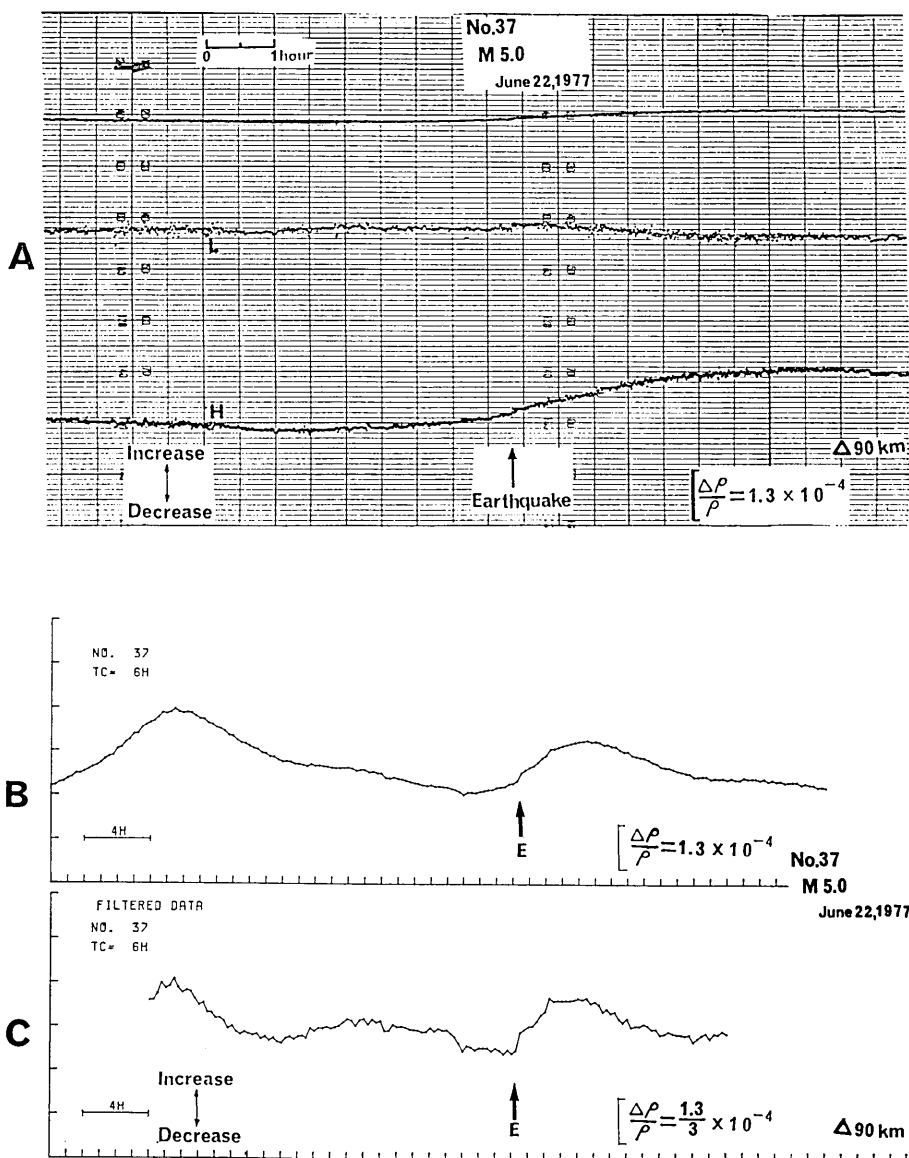


Fig. 26. An example (No. 37) of coseismic resistivity change without a conspicuous preseismic change. Earthquake (E off Chiba Pref.) of M 5.0 at $\Delta=90$ km on June 22, 1977.

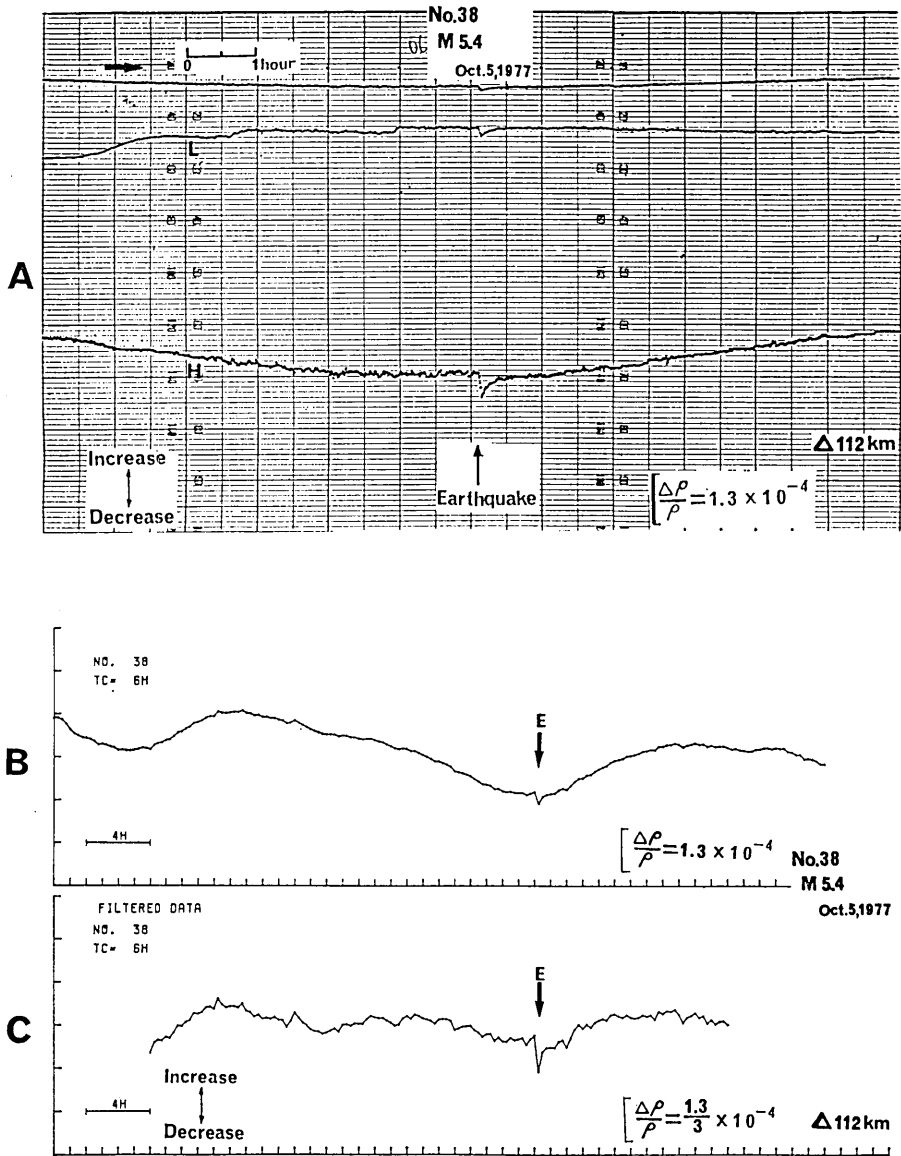


Fig. 27. An example (No. 38) of coseismic resistivity change without a conspicuous pre-seismic change. Earthquake (SW Ibaraki Pref.) of M 5.4 at $\Delta=112$ km on Oct. 5, 1977.

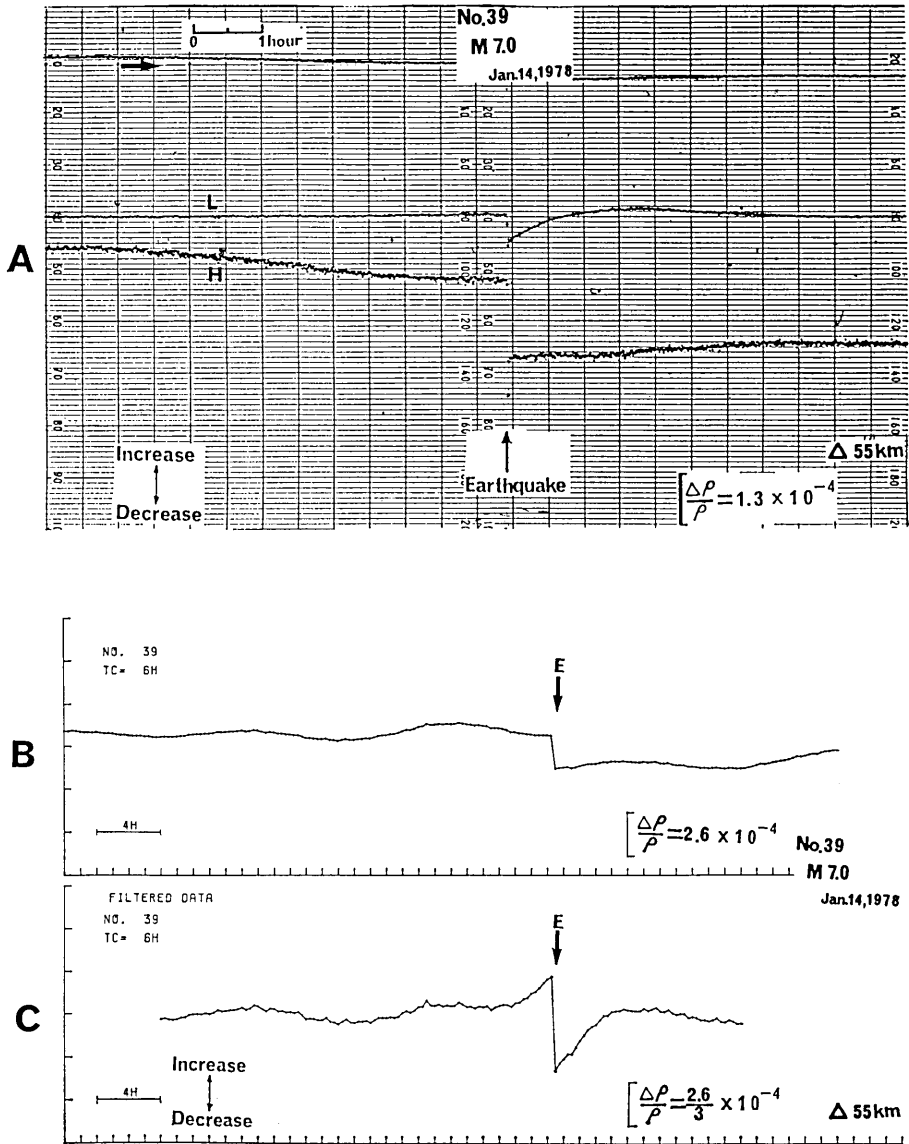


Fig. 28. An example (No. 39) of coseismic resistivity change without a conspicuous preseismic change. Earthquake (Near Oshima) of M 7.0 at $\Delta=55$ km on Jan. 14, 1978.

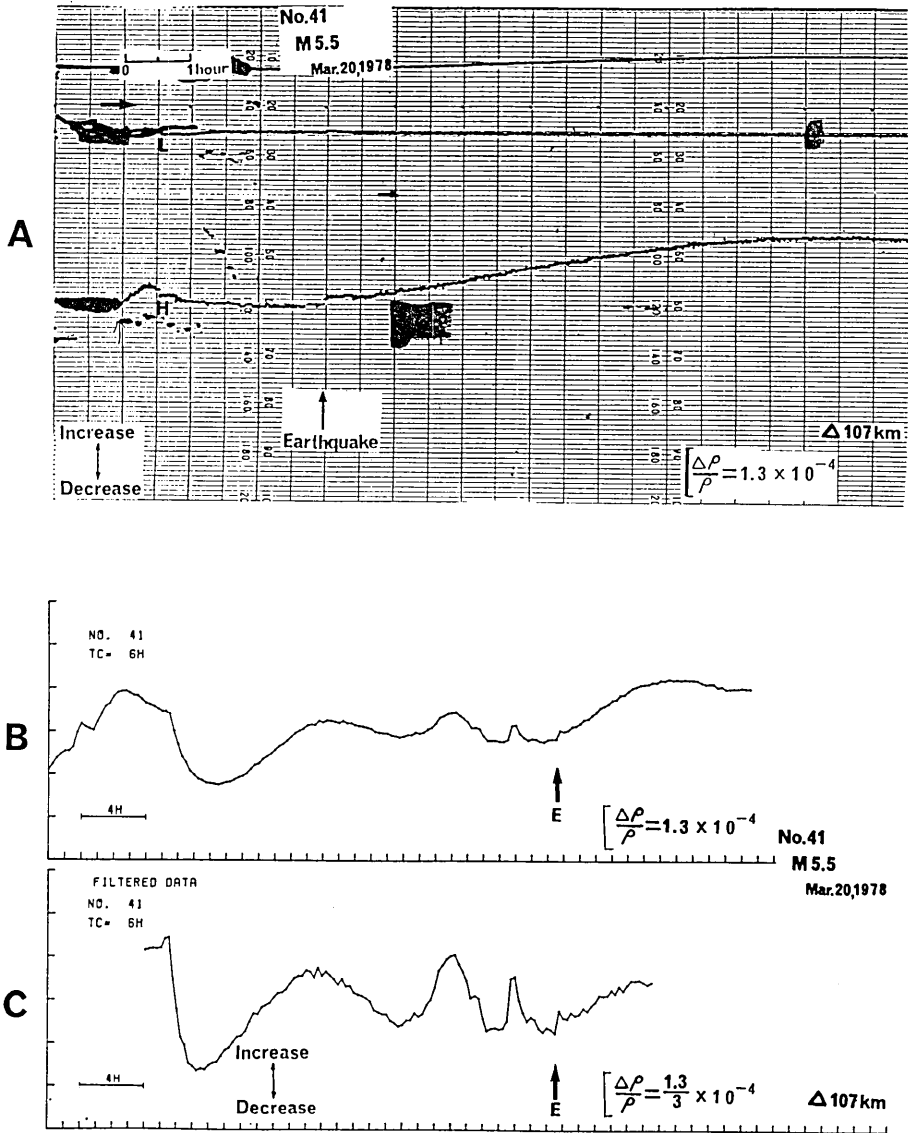


Fig. 29. An example (No. 41) of coseismic resistivity change without a conspicuous pre-seismic change. Earthquake (SW Ibaraki Pref.) of M 5.5 at $\Delta=107$ km on Mar. 20, 1978.

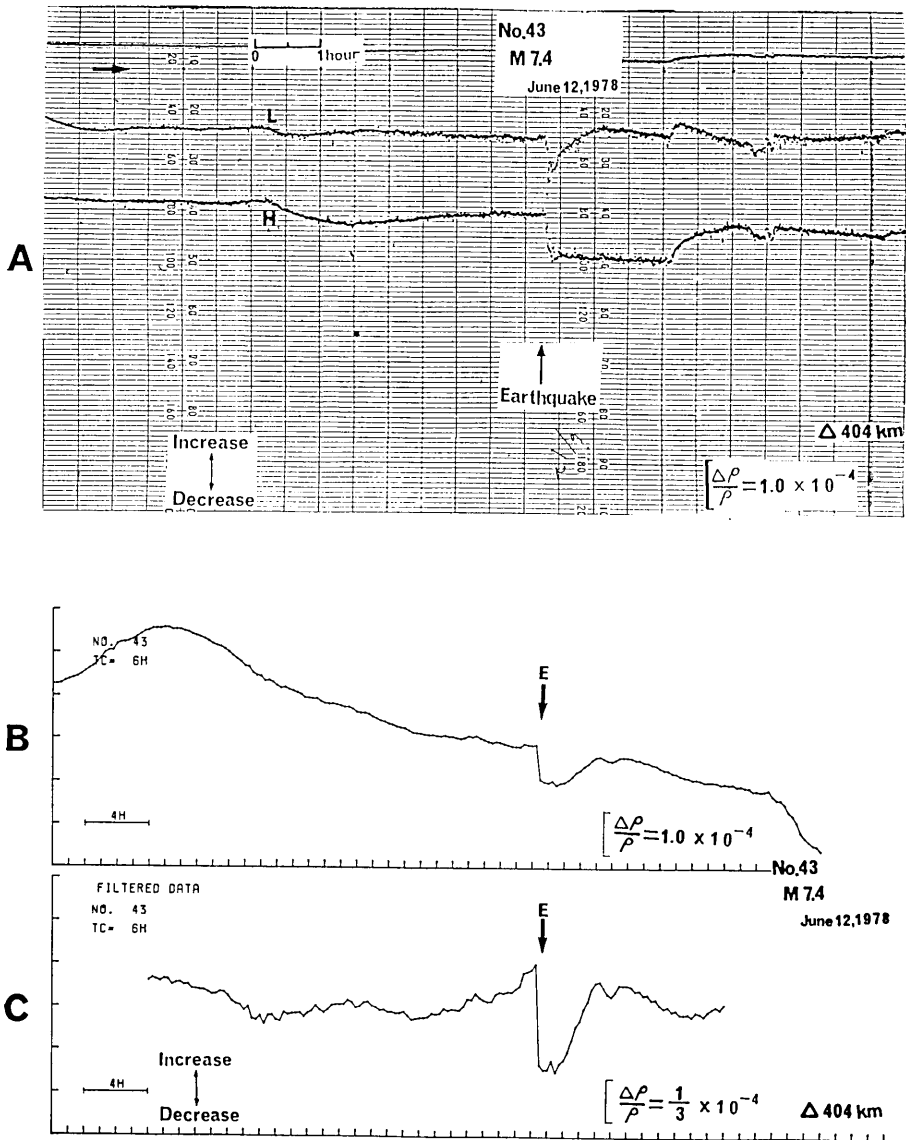


Fig. 30. An example (No. 43) of coseismic resistivity change without a conspicuous preseismic change. Earthquake (Off Miyagi Pref.) of M 7.4 at $\Delta=404$ km on June 12, 1978.

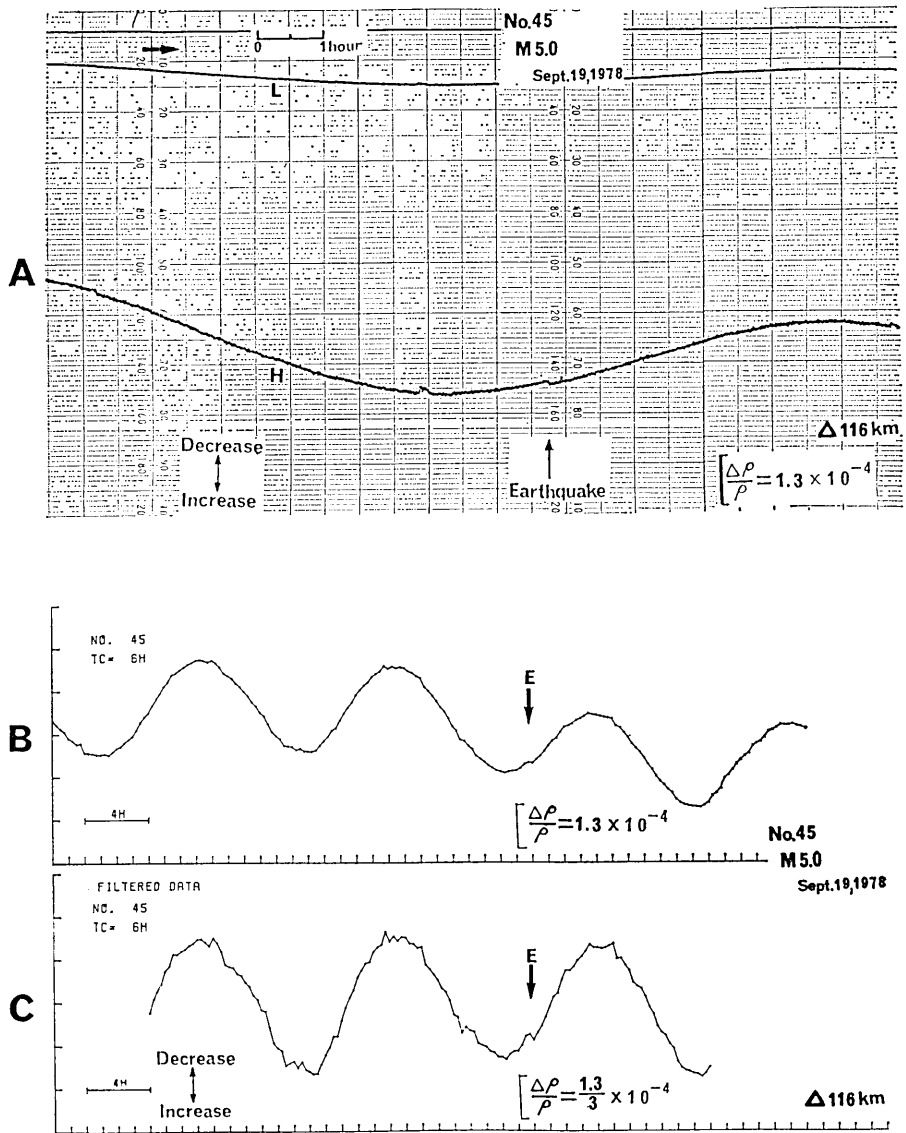


Fig. 31. An example (No. 45) of coseismic resistivity change without a conspicuous preseismic change. Earthquake (S off Chiba Pref.) of M 5.0 at $\Delta=116$ km on Sept. 19, 1978.

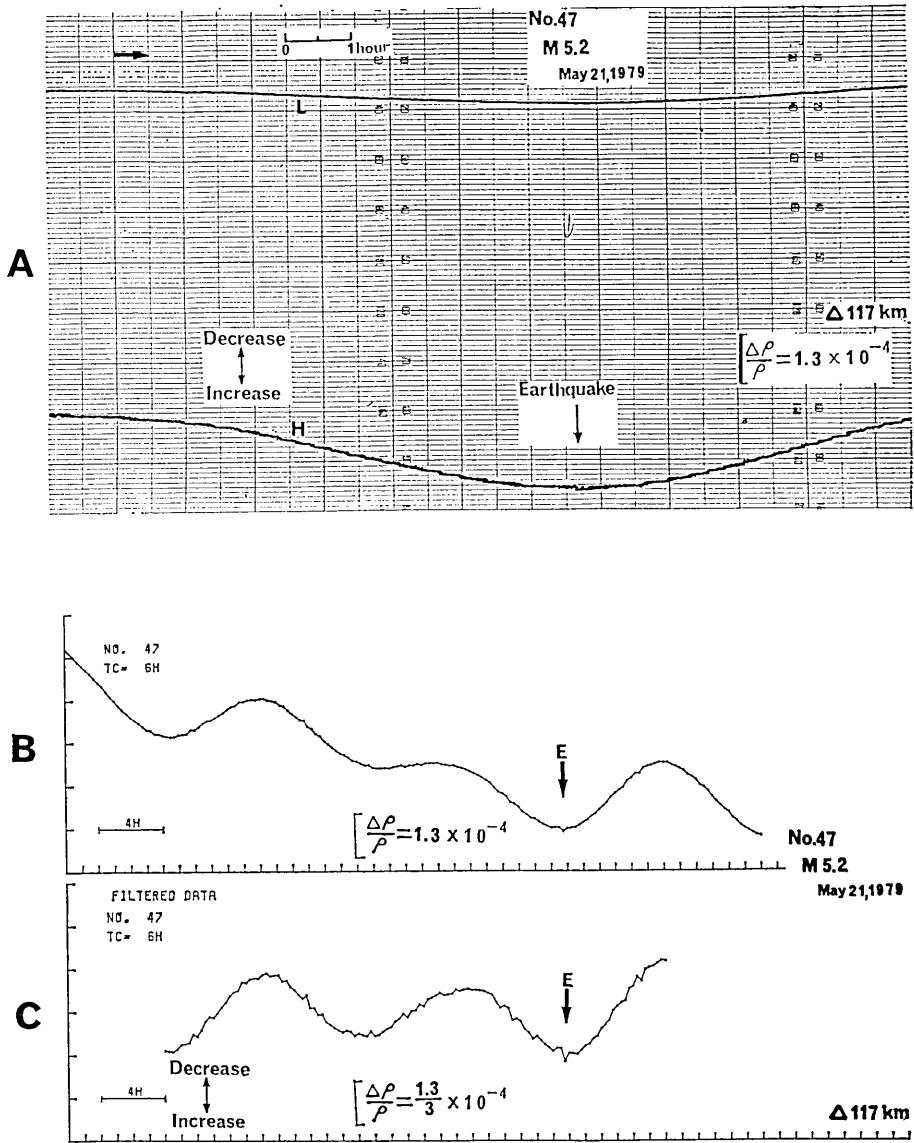


Fig. 32. An example (No. 47) of coseismic resistivity change without a conspicuous preseismic change. Earthquake (Chiba-Ibaraki Border) of M 5.2 at $\Delta=117$ km on May 21, 1979.

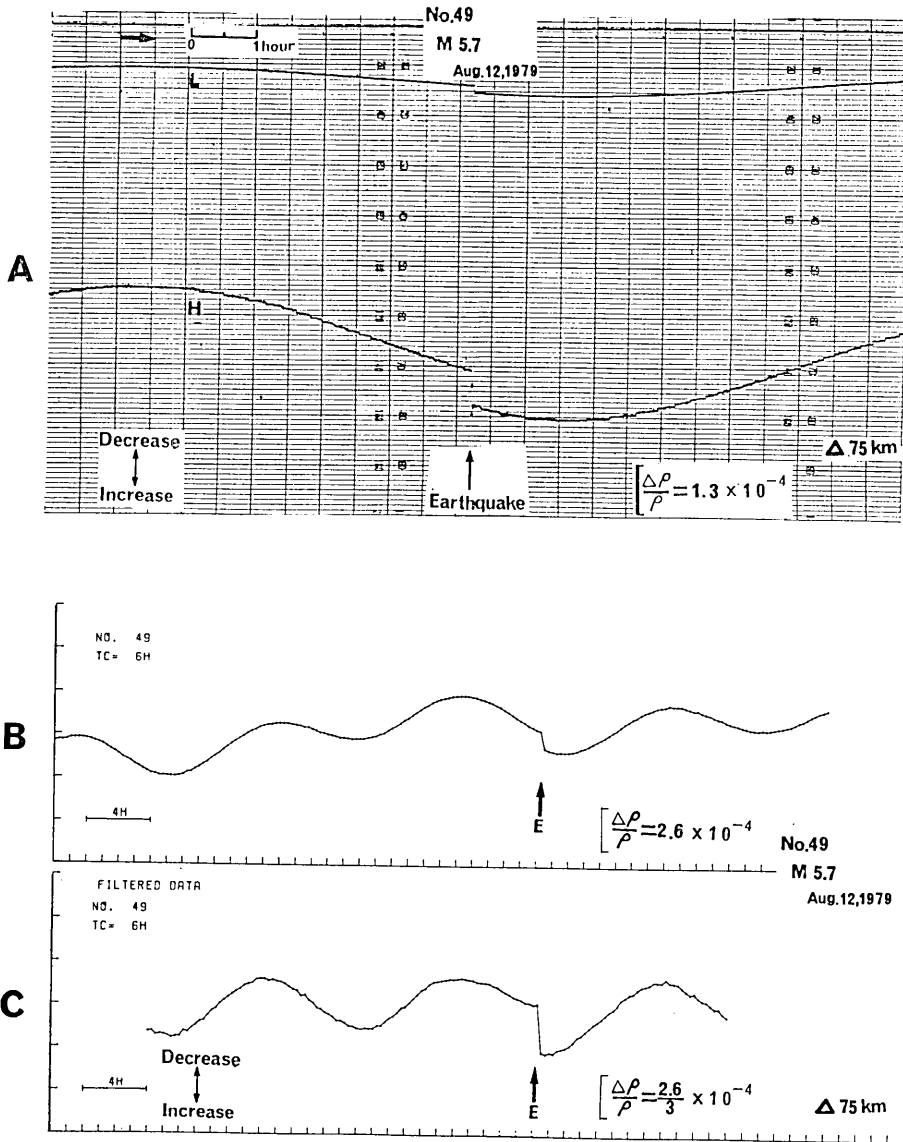


Fig. 33. An example (No. 49) of coseismic resistivity change without a conspicuous preseismic change. Earthquake (S off Chiba Pref.) of M 5.7 at $\Delta=75$ km on Aug. 12, 1979.

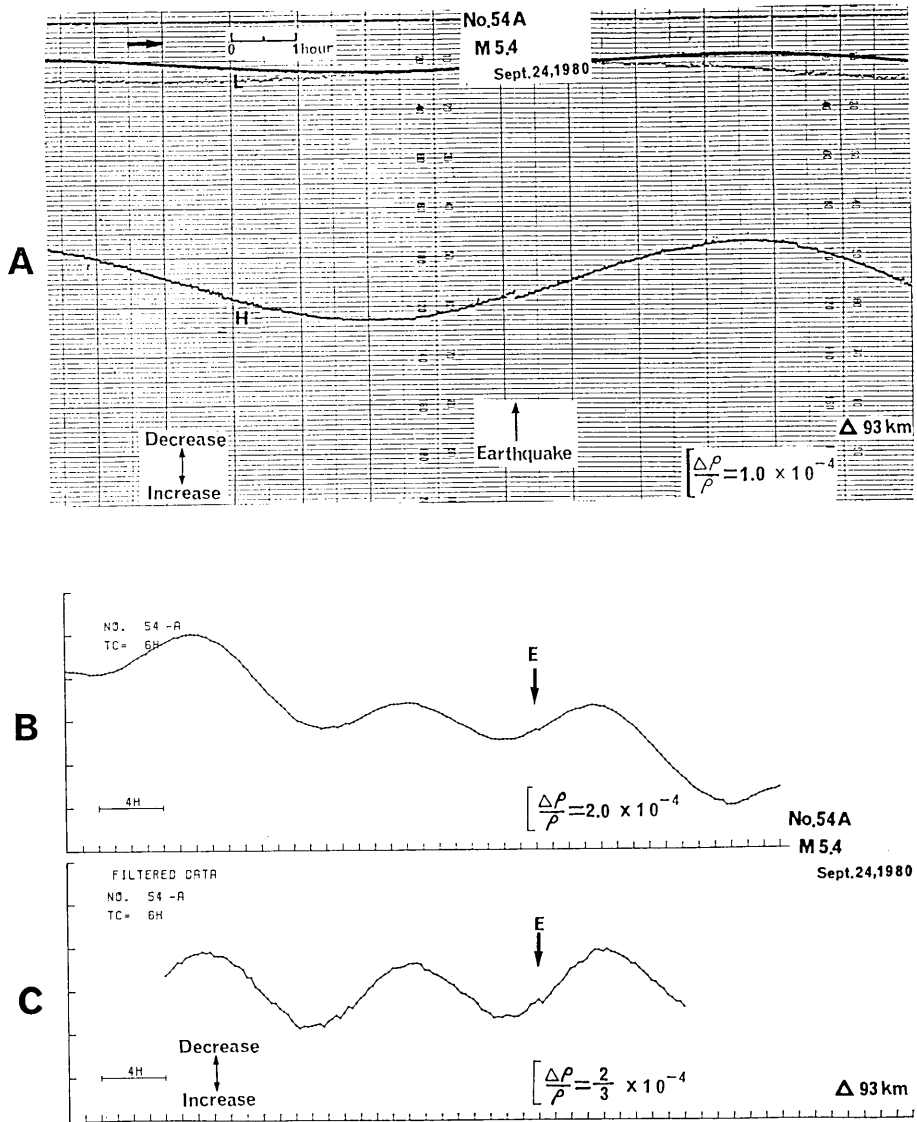


Fig. 34. An example (No. 54A) of coseismic resistivity change without a conspicuous preseismic change. Earthquake (Southern Kanto) of M 5.4 at $\Delta=93$ km on Sept. 24, 1980.

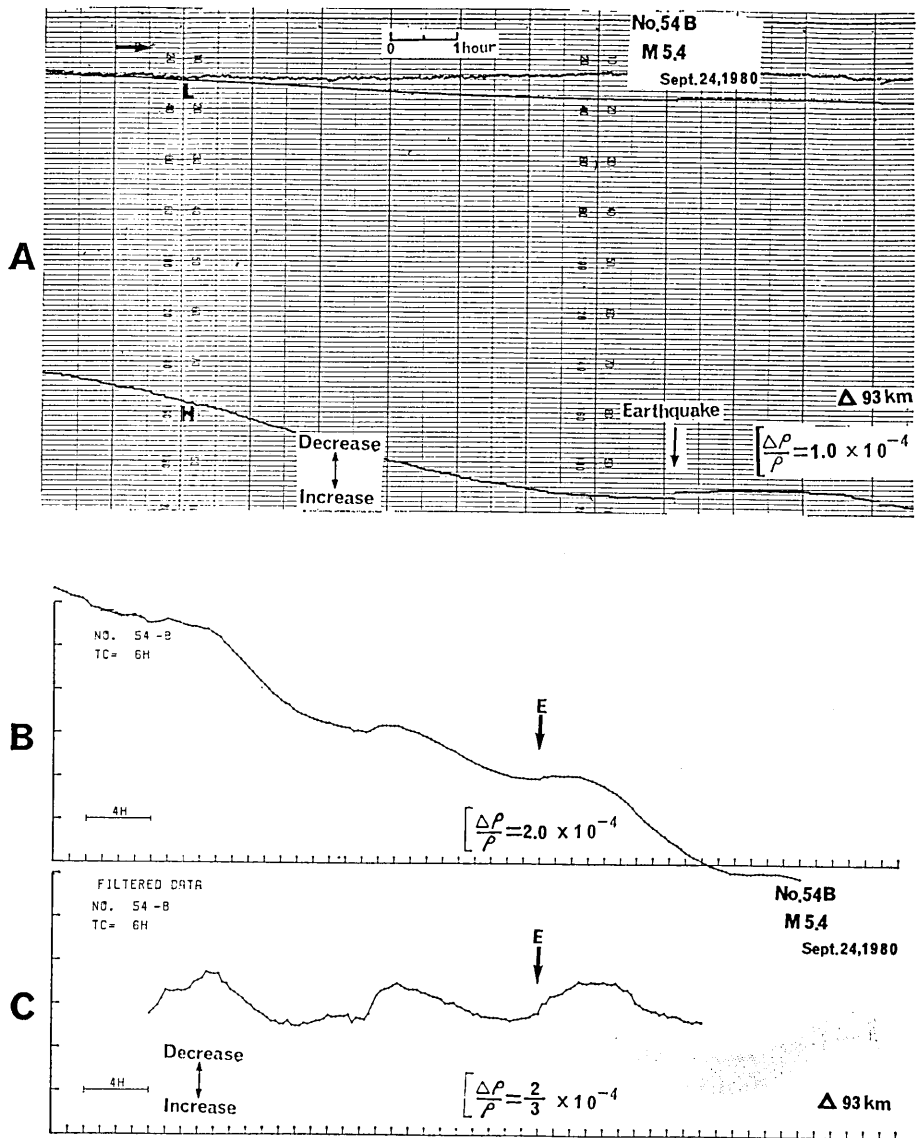


Fig. 35. An example (No. 54B) of coseismic resistivity change without a conspicuous preseismic change. Earthquake (Southern Kanto) of M 5.4 at $\Delta=93$ km on Sept. 24, 1980.

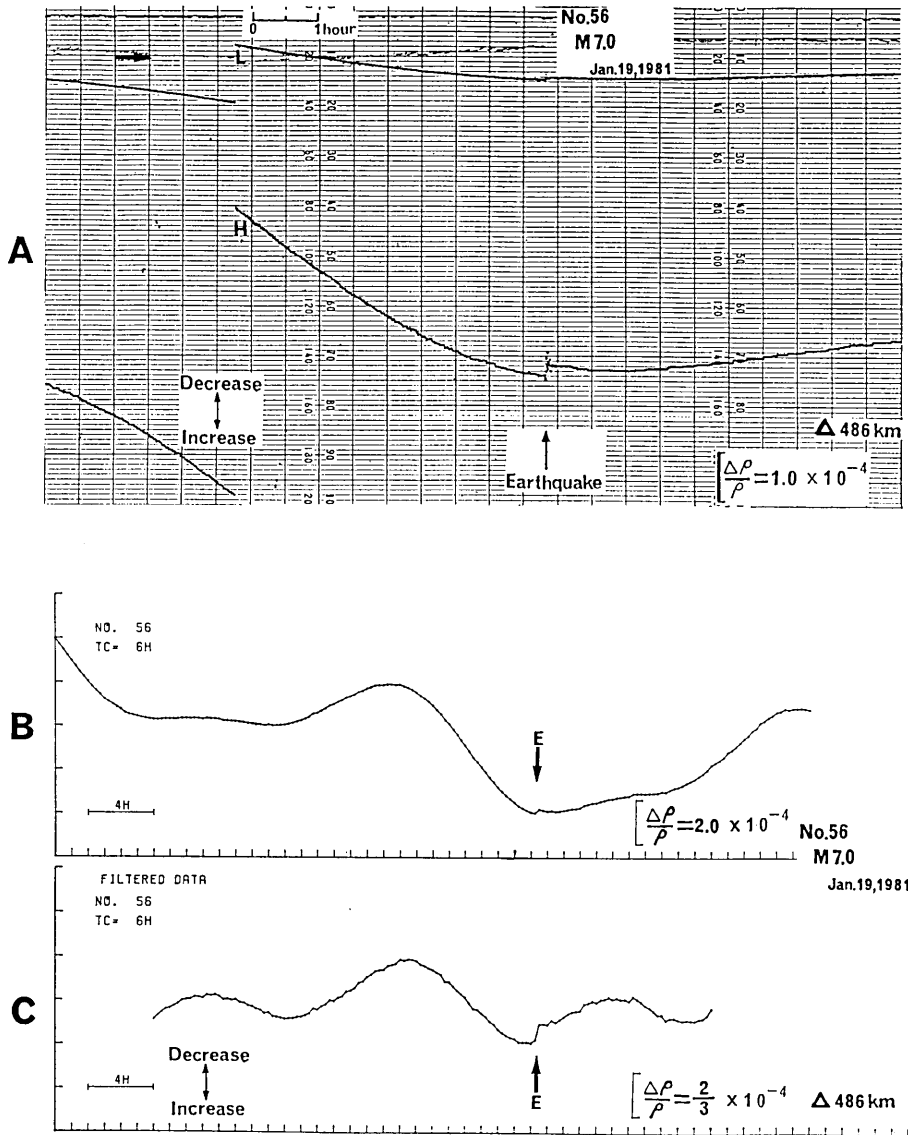


Fig. 36. An example (No. 56) of coseismic resistivity change without a conspicuous preseismic change. Earthquake (E off Mid-Tohoku) of M 7.0 at $\Delta=486 \text{ km}$ on Jan. 19, 1981

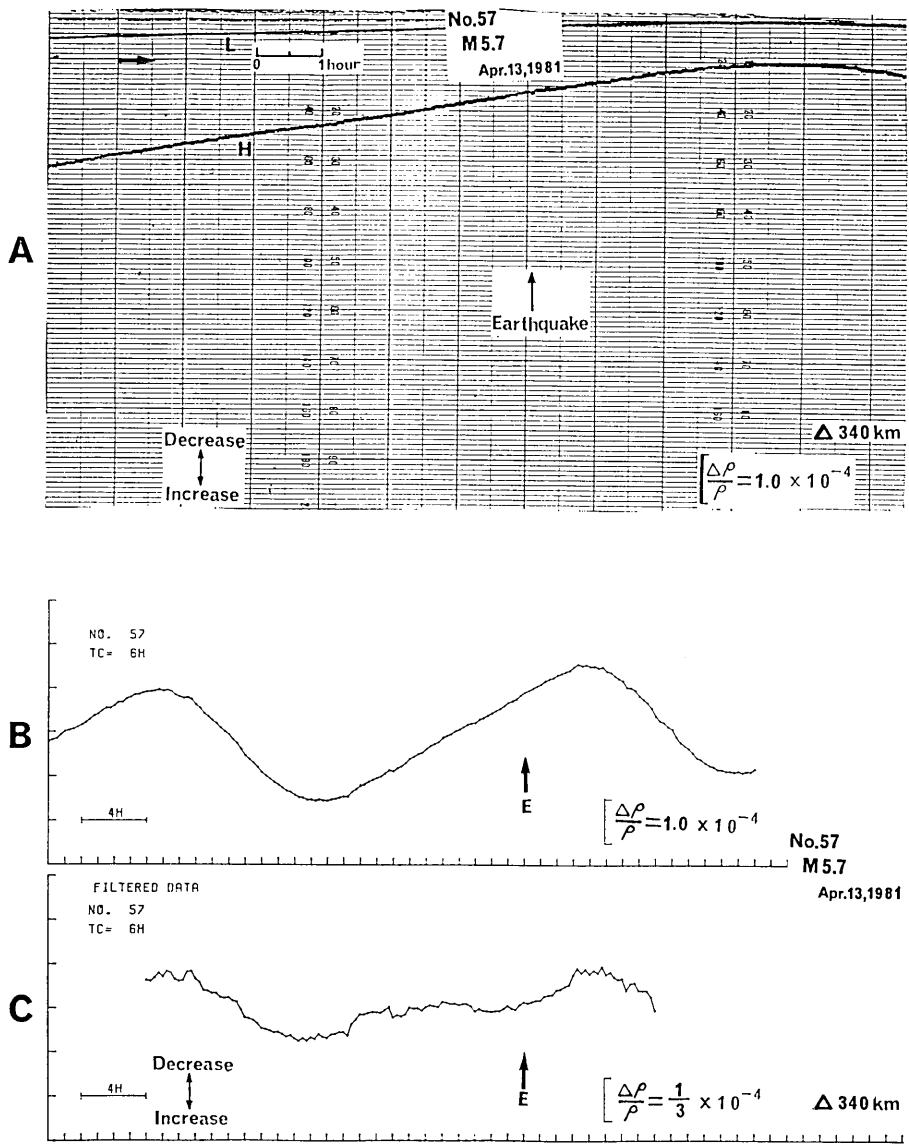


Fig. 37. An example (No. 57) of coseismic resistivity change without a conspicuous preseismic change. Earthquake (E off Tohoku) of M 5.7 at $L=340$ km on Apr. 13, 1981.

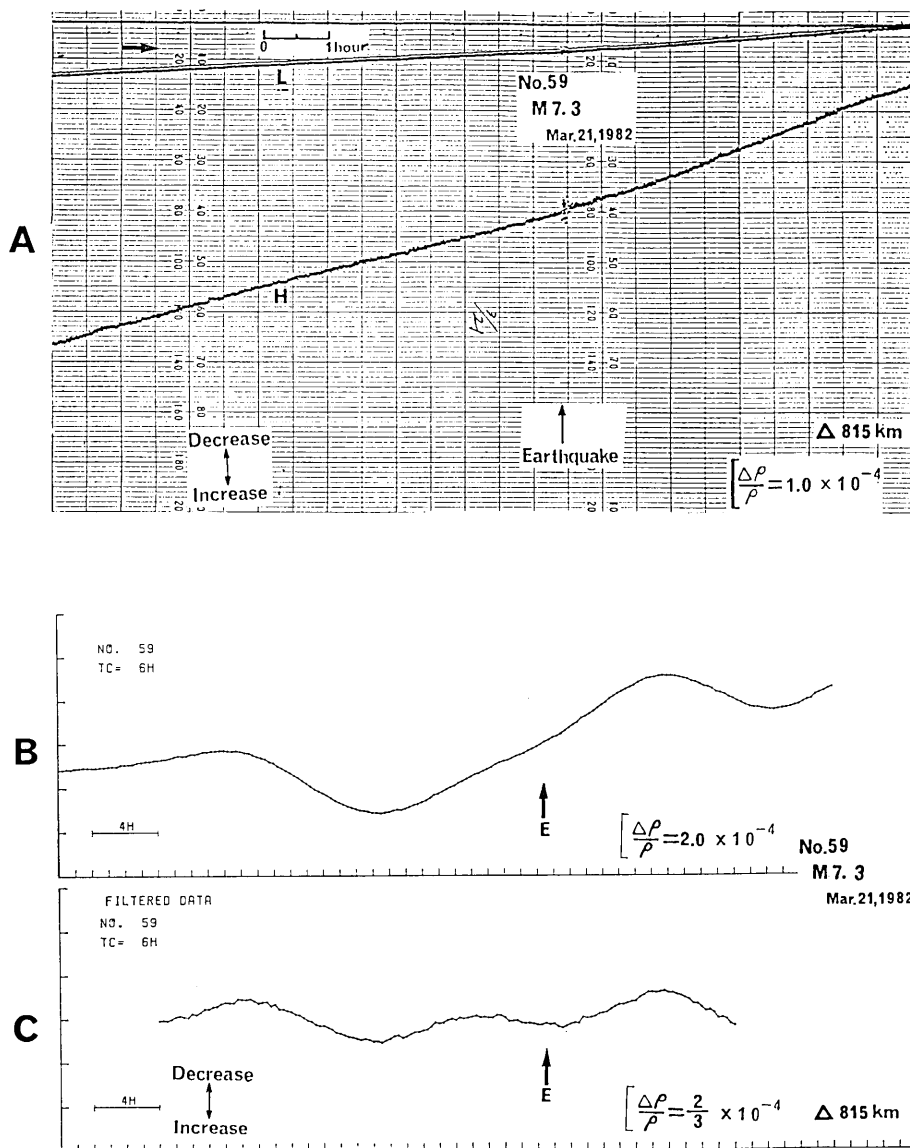


Fig. 38. An example (No. 59) of coseismic resistivity change without a conspicuous preseismic change. Earthquake (Off Urakawa) of M 7.3 at $\Delta=815$ km on Mar. 21, 1982.

45, 47, 49, 54A, 54B, 56, 57, 59) を Fig. 21~38 として示すと共にそれぞれの記録に
 関係する地震等のデータを Table 5 として示した。

Fig. 21~38 は, Fig. 3~19 と同じように A は Record No. ごとの original 記録
 の写しである。B は A で示す original 記録を毎時 0 分, 15 分, 30 分および 45 分の点に
 おいて読み取り, これをデータとしてプロットした結果である。C は B のデータに T_c
 $= 6$ 時間のフィルターをかけたものである。

Fig. 21~38 についているいろいろな記号, たとえば, $\Delta\rho/\rho$ などすべてさきに示した
 Fig. 3~19 と同じである。

18 例の coseismic 変化を示すそれぞれの記録等を見れば明らかごとく, pre-seismic
 変化と認められるものはない。ただし例外として, Fig. 28 の No. 39 (M7.0, Jan. 14,
 1978, Near Oshima) の記録の下部 C では, E の前に pre-seismic 変化のようなもの
 がある。これはすでに報告したように 1978 年伊豆大島近海地震に伴う coseismic 変化が,
 フィルターの特徴により, pre-seismic 変化のようにみえているにすぎない(山崎, 1978)。

8. 震央距離 (Δ) 等の訂正と油壺の検出限界

本報告の (1) として, すでに報告 (山崎, 1980b) してある No. 1~30 の震央距離 (Δ)
 および No. 18 の Longitude (East) を Table 6 に示すように訂正する。

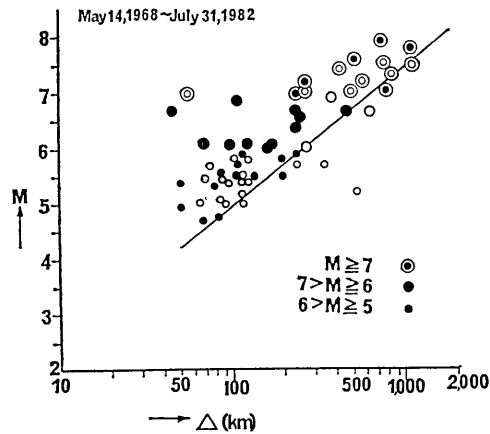


Fig. 39. Earthquake magnitude (M) plotted against epicentral distance (Δ) from Aburatsubo. Open circles indicate earthquakes that accompanied coseismic resistivity change. Solid circles show earthquakes that accompanied conspicuous precursory change a few hours prior to the coseismic resistivity change. The straight line indicates a detectability limit of coseismic change by the resistivity variometer system at Aburatsubo (The former report in Japanese "A Detectability of the Resistivity Variometer System at Aburatsubo, *ZISIN* [2], 28, 31-40, 1975").

Fig. 39 は、油壺において coseismic 変化を記録した地震 64 回のそれぞれの Δ と M との関係を示す図である。この図に示す白丸 (○, ○, ◎) は coseismic 変化のみ記録した地震, 黒丸 (●, ●, ◎) は coseismic 変化に先行して preseismic 変化を記録した地震を示す。Fig. 39 に示すすべての丸印は May 14, 1968~July 31, 1982 の約14年間に日本付近に起こった $M \geq 5.0$ の地震である。このうちには $M < 5.0$ の No. 18 (M4.9) および No. 44 (M4.7) のいずれも東京湾北部に起こった M4 クラスの地震 2 回を加えてある。

Fig. 39 の直線は、すでに報告してある油壺の比抵抗変化計の検出限界である (山崎。

Table 6. Errata of the former report, Preseismic Resistivity Changes Recorded by the Resistivity Variometer (1) (May 14, 1968~February 28, 1975), *Bull. Earthq. Res. Inst.*, 55, 756, Table 1, 1980.

Record No.	to be corrected		corrected	
	Longitude (East)	Δ (km)	Longitude (East)	Δ (km)
1		935		712
2		988		752
3		809		615
4		745		567
5		127		97
6		1,409		1,073
7		320		244
8		256		195
9		100		76
10		1,004		764
11		110		83
12		157		119
13		351		267
14		357		271
15		174		132
16		108		82
17		337		256
18	135°56'	66	139°56'	50
19		1,423		1,083
20		147		112
21		160		122
22		83		63
23		160		122
24		144		108
25		211		160
26		132		101
27		311		237
28		215		164
29		673		513
30		115		88

1975).

Fig. 39 から明らかなごとく、検出限界以内に起こった $7 > M \geq 6$ の地震については、例外なく preseismic 変化を記録しているが、 $M \geq 7$ および $6 > M \geq 5$ のクラスの地震では、preseismic 変化を記録しないこともある。これは地震の発震機構や震央距離等に関係しているように考えられる。今後に残された問題の一つである。

9. あとがき

1968年5月から開始した油壺の比抵抗変化計の連続観測に伴う coseismic 変化の記録は64例、これに先行する preseismic 変化の記録は34例とそれぞれ蓄積されている。1983年3月現在もテレメーター方式による連続観測を続けており、日本付近に起こる顕著地震ごとに今後も同じような記録を増加することが期待できる。これは地震予知の目的に沿うきわめて有意義な観測であることをとくに強調したい。

10. 謝 辞

比抵抗変化計の観測開始以来、長い間ご協力をいただいた油壺の高橋辰利技官に心から感謝すると共に、つねに筆者の研究報告を査読された渡部暉彦・島崎邦彦助教授にもあつくお礼申し上げます。

文 献

- YAMAZAKI, Y., 1967, Electrical conductivity of strained rocks (The 3rd paper), A resistivity variometer, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **45**, 849-860.
- YAMAZAKI, Y., 1968, Electrical conductivity of strained rocks (The 4th paper), Improvement of the resistivity variometer, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **46**, 957-964.
- 山崎良雄, 1974, 岩石変形と電気伝導度変化 (第六報), 1974年伊豆半島沖地震に伴う油壺の大地比抵抗変化, 地震研究所研究速報, **14**, 121-133.
- 山崎良雄, 1975, 地震に伴う大地比抵抗変化の検出限界, 一とくに油壺における観測の場合一, 地震 [2], **28**, 31-40.
- 山崎良雄, 1978, 1978年伊豆大島近海地震に伴う大地比抵抗変化, 一油壺の「比抵抗変化計」記録について一, 地震研究所彙報, **53**, 973-985.
- 山崎良雄, 1980a, 比抵抗変化計のテレメーターシステム, 地震研究所彙報, **53**, 737-754.
- 山崎良雄, 1980b, Preseismic の比抵抗変化 (1), 1968年5月14日~1975年2月28日, 地震研究所彙報, **55**, 755-794.
- 山崎良雄, 1980c, 1980年伊豆半島東方沖地震に伴う油壺の大地比抵抗変化, 地震研究所彙報, **55**, 1115-1122.
- 山崎良雄, 1981, 比抵抗変化計によって記録した Preseismic な大地比抵抗変化, 地震 [2], **34**, 123-134.

20. *Preseismic Resistivity Changes Recorded by the Resistivity Variometer (2) (Mar. 1, 1975~July 31, 1982).*

By Yoshio YAMAZAKI,

Earthquake Research Institute, University of Tokyo.

During the observation period from Mar. 1, 1975 to July 31, 1982, 35 examples of coseismic resistivity changes were clearly recorded for remarkable earthquakes occurred in and around Japan. Among these, 17 examples show preseismic resistivity changes about a few hours prior to the earthquake occurrence. These preseismic resistivity changes were confirmed by using a numerical digital high-pass filter ($T_c=6$ hours) for each record showing coseismic resistivity changes.

Each pattern of the preseismic resistivity change can be classified into one of the three types, i.e., I, II and III, as previously described in the former report, "Preseismic Resistivity Changes Recorded by the Resistivity Variometer (1) (May 14, 1968~February 28, 1975), *Bull. Earthq. Res. Inst.*, 55, 755-794, 1980".

Type I preseismic change is a gradual change leading to a step-like coseismic change, usually starting about 2 to 6 hours prior to the earthquake occurrence. Type II change is a linear decrease or occasionally increase in resistivity, usually starting about 1 to 10 hours prior to the coseismic change. Type III preseismic change is characterized by its short duration of 30 minutes to 1 hours. The change takes place immediately prior to the earthquake occurrence.

Up to the present time, 64 examples of coseismic resistivity change and 34 examples of the preseismic resistivity change were clearly recorded by the resistivity variometer at the Aburatsubo Crustal Deformation Observatory (137°37'E, 35°09'N).

The research on preseismic resistivity change is important for earthquake prediction. Observations by the resistivity variometer system at multiple points are greatly required.