

十勝岳1988-1989年噴火前後の地震記録

Seismograms Associated with the 1988 - 1989 Explosive Eruptions of Mt. Tokachi

北海道大学理学部有珠火山観測所

西村 裕一・宮町 宏樹・森 濟・前川 徳光・鈴木 敦生・岡田 弘

京都大学防災研究所桜島火山観測所

石原 和弘

Usu Volcano Observatory

Faculty of Science, Hokkaido University

Yu'ichi NISHIMURA, Hiroki MIYAMACHI, Hitoshi MORI,

Tokumitsu MAEKAWA, Atsuo SUZUKI, Hiroshi OKADA

Sakurajima Volcano Observatory

Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

Kazuhiro ISHIHARA

Abstract

Twenty-three explosive eruptions had occurred at Mt. Tokachi, Hokkaido, Japan during December 16, 1988-March 5, 1989. In the eruptive period, seismic signals from six stations on and around the volcano were telemetered to Usu Volcano Observatory (UVO) of Hokkaido University. In this paper, three set of seismograms recorded at UVO are presented. They are (a) monitor seismograms before and after each eruption at TKC, a seismic station located at 2 km NW from the 62-II crater, (b) slow speed seismograms at TKC, and (c) digital waveforms of explosion earthquakes and accompanied air-waves. These homogeneous dataset are useful to compare the development of small earthquakes before the eruption and also the characteristics of volcanic tremors associated with each explosion.

キーワード：十勝岳噴火，地震記録，爆発地震，空振，火山性微動，前兆地震，噴火予知

1. はじめに

十勝岳は、1988年12月16日から、1989年3月5日にかけて、62-II火口から23回の爆発的噴火をおこなった。噴火に至る経緯、個々の噴火の特徴についてはすでに概要が報告されている (Katsui et al. (1990), Okada et al. (1990))。ここでは、北大有珠火山観測所 (UVO) で得られた、全ての噴火前後の地震記録を資料として示す。これらにより、一連の噴火に共通して観測される現象、および個々の噴火で特徴的な現象を均質な目で比較検討することができる。なお、個々の噴火の特徴については Okada et al. (1990) の一覧表にまとめられている。

2. 噴火前後の地震記録

図1-図23に、個々の噴火に対応する次の3種類の地震記録を示す。

(a) 爆発地震前後の TKC におけるモニター記録

UVO では、TKC (十勝岳火山観測坑道、火口の北西約 2 km) に設置した固有周期 1 秒の速度型地震計の上下動成分を連続モニター記録している。記録上、振幅は p-p 約 1 mkine でスケールオーバーしている。また、大振幅の連続微動などが発生した際、手動により紙送りをずらしている場合がある (1988年12月18日, 24日など)。

(b) 同遅送り連続記録 (高倍率, 低倍率)

(a) と同一の信号は、さらに、2段階の記録レンジで遅送り連続記録されている。高倍率、低倍率は、p-p 約 0.34 mkine, p-p 約 2.7 mkine でそれぞれスケールオーバーしている。また、1988年12月16, 18, 19日の噴火については、遅送り記録は高倍率のみであり、時間軸もそれ以降の噴火に比べて2倍になっている。

(c) 爆発地震および空気振動の記録

一定のトリガーレベル以上の信号は、計算機による処理系を通じて、サンプリング周波数 100 Hz でデジタル収録されている。ここでは、爆発地震について、TKC に設置した固有周期 5 秒の地震計の 3 成分記録、および京都大学防災研究所と共同で BGK (望岳台、火口の北西約 3.5 km) に設置した低周波マイクロフォンの記録 (1988年12月24日の噴火以降) を示す。

DEC 16, 1988

TKC(UD)

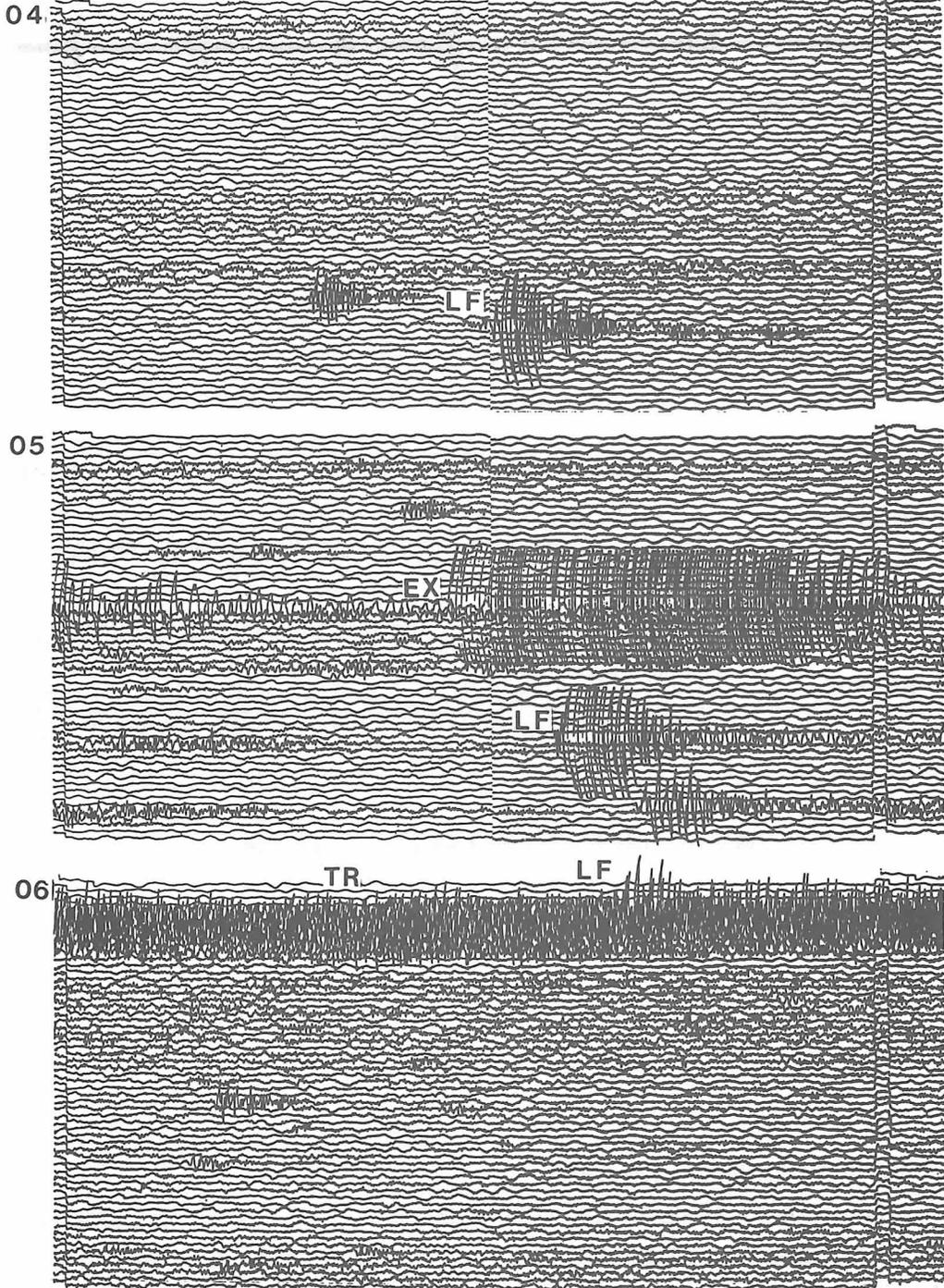


図1 (a) 1988年12月16日の噴火前後のモニター記録 (TKC)

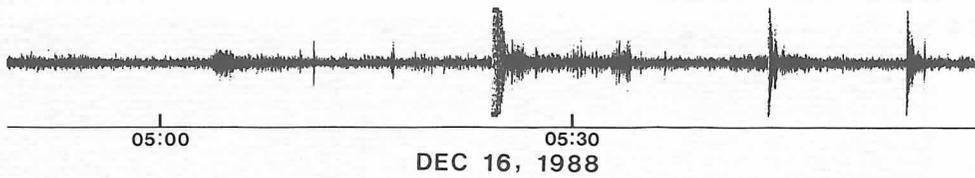


図1 (b) 1988年12月16日の噴火前後の遅送り記録 (TKC)

TOK_881216.01050 (RECORD=88/12/16 05:24:24 - 88/12/16 05:24:48)

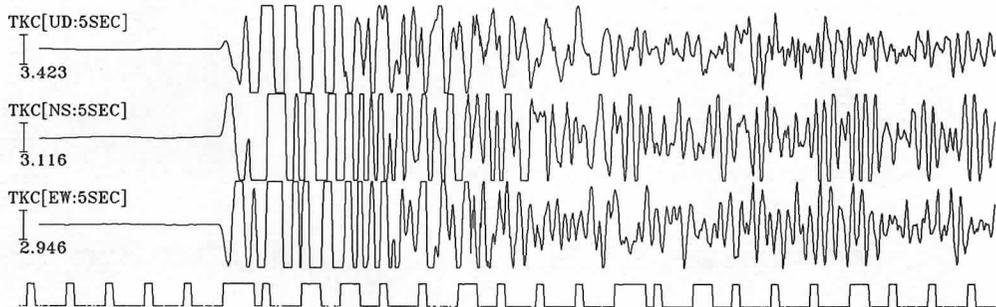


図1 (c) 1988年12月16日の爆発地震および空振の記録

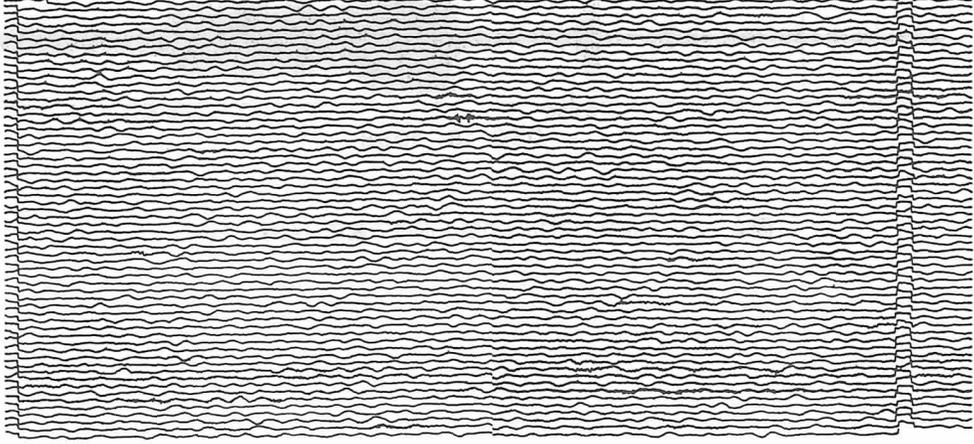
(1) 1988年12月16日の噴火 (水蒸気爆発)

5時24分の震度3の有感地震が波形の特徴から爆発地震 (EX) と推定された。爆発地震前後に、比較的規模の大きな低周波地震 (LF) が発生している。顕著な火山性微動 (TR) は爆発地震の39分後から、LF に引続き7分程度観測された。

DEC 18, 1988

TKC(UD)

07



08

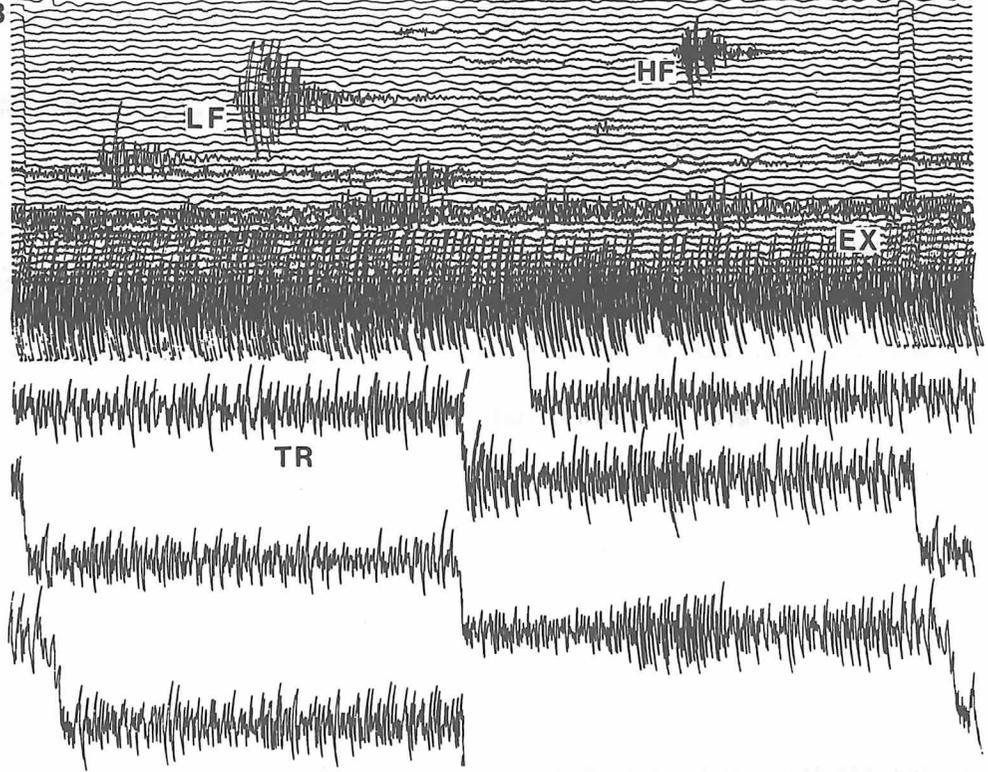


図2 (a) 1988年12月18日の噴火前後のモニター記録 (TKC)



図 2 (b) 1988年12月18日の噴火前後の遅送り記録 (TKC)

TOK_881218.01104 (RECORD=88/12/18 08:38:53 - 88/12/18 08:39:17)

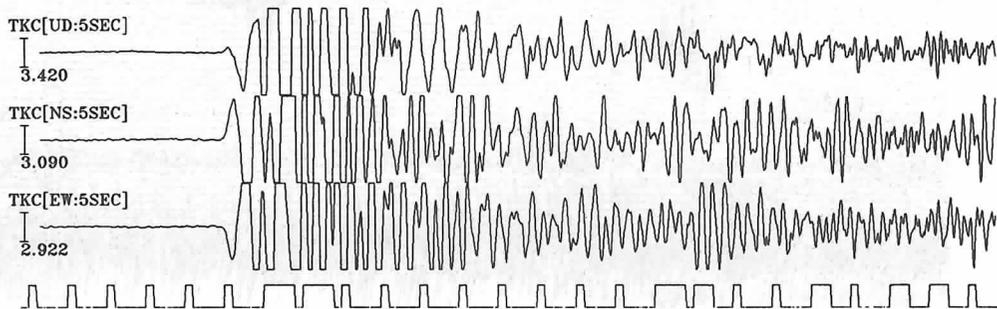


図 2 (c) 1988年12月18日の爆発地震および空振の記録

(2) 1988年12月18日の噴火 (水蒸気爆発)

8時38分に震度1の爆発地震(推定)が発生,引続き顕著な微動が発生した。微動振幅は,約7分後に不連続的に減衰し,8時59分,低周波地震発生と同時にさらに急激に減衰した。爆発直前には数個の低周波地震,および弱い連続微動も記録されている。

DEC 19, 1988

TKC(UD)

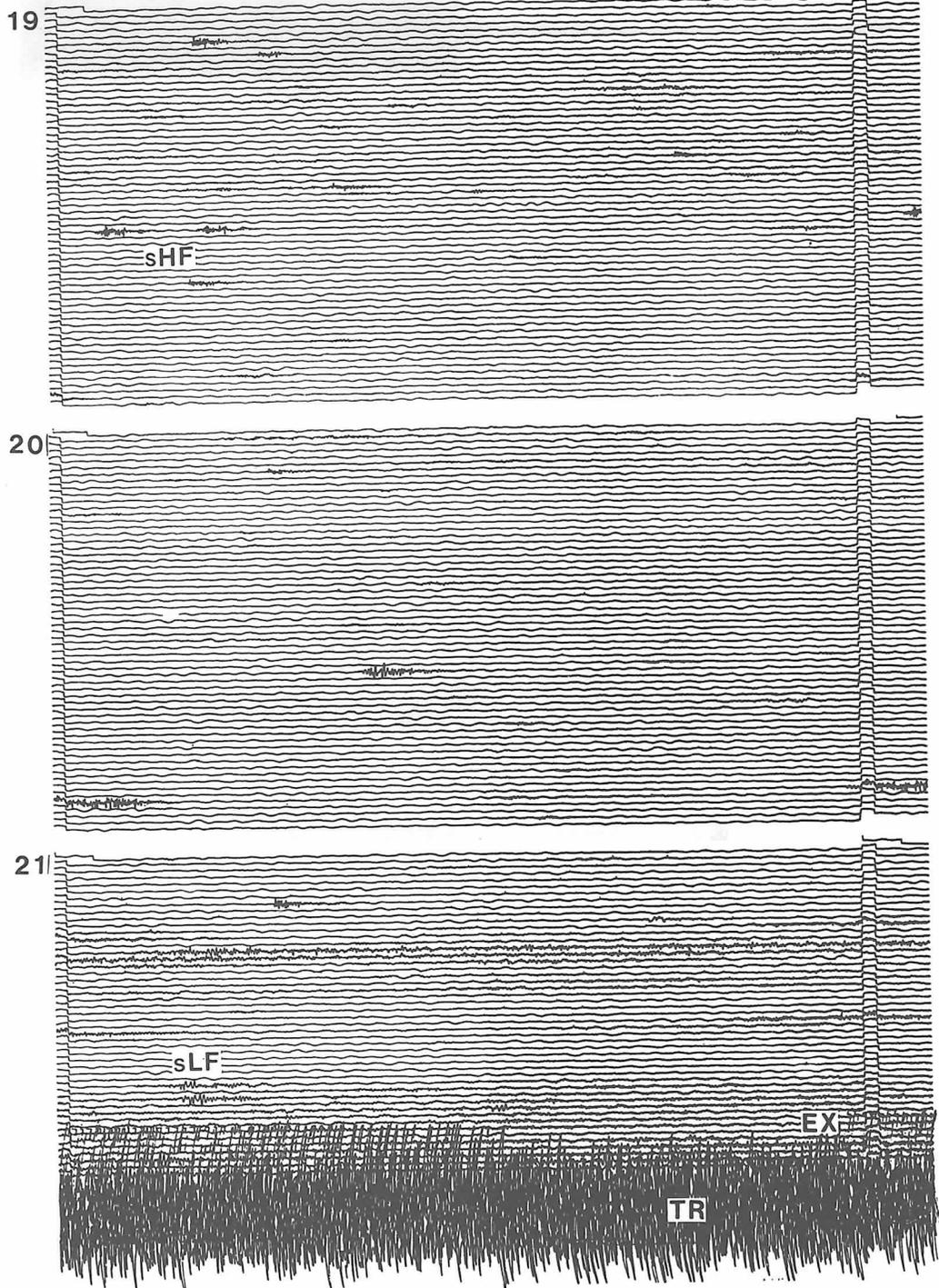


図3 (a) 1988年12月19日の噴火前後のモニター記録 (TKC)

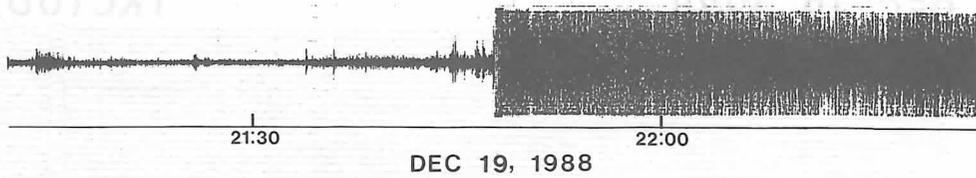


図3 (b) 1988年12月19日の噴火前後の遅送り記録 (TKC)

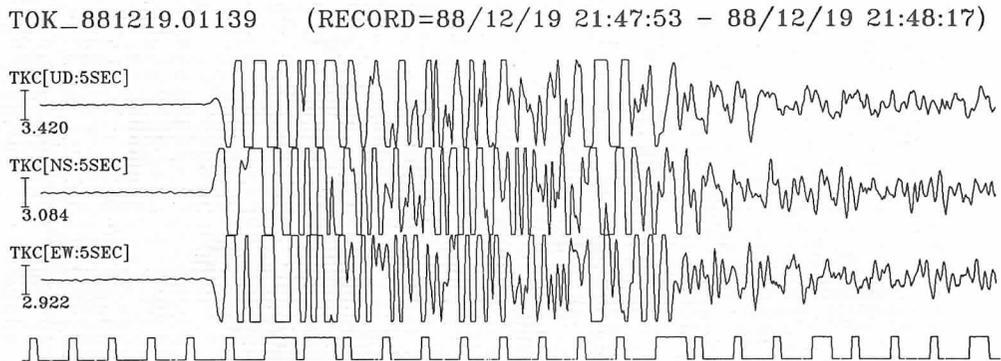


図3 (c) 1988年12月19日の爆発地震および空振の記録

(3) 1988年12月19日の噴火 (火砕サージ)

21時47分に震度1の爆発地震(推定)が発生, 引続き一連の噴火で最大級の微動が発生し, 断続的に約10時間後まで継続した。また, 爆発前, 14時頃から微小な高周波地震 (sHF) が記録された。sHF 群は振幅を増すことなく次第に回数を増し, 18時台に約50個と活動のピークを示した後, 20時台にはほぼ消滅した。一方, 爆発直前には小振幅の連続微動および微小な低周波地震 (sLF) が発生した。

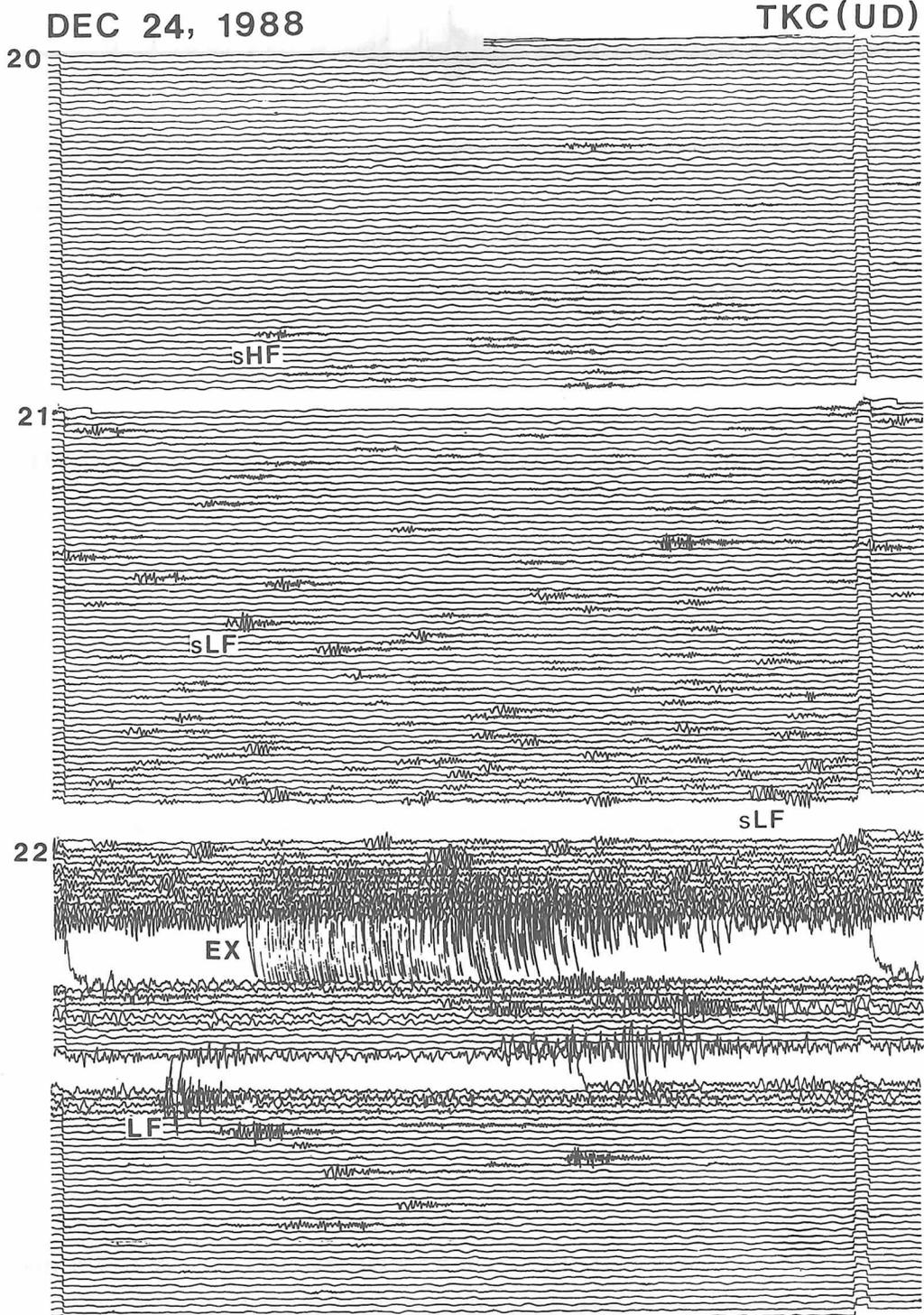


図 4 (a) 1988年12月24日の噴火前後のモニター記録 (TKC)

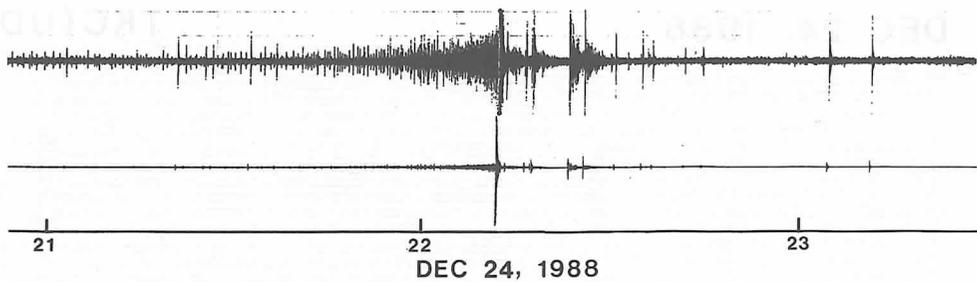


図4 (b) 1988年12月24日の噴火前後の遅送り記録 (TKC)

TOK_881224.01445 (RECORD=88/12/24 22:12:10 - 88/12/24 22:12:34)

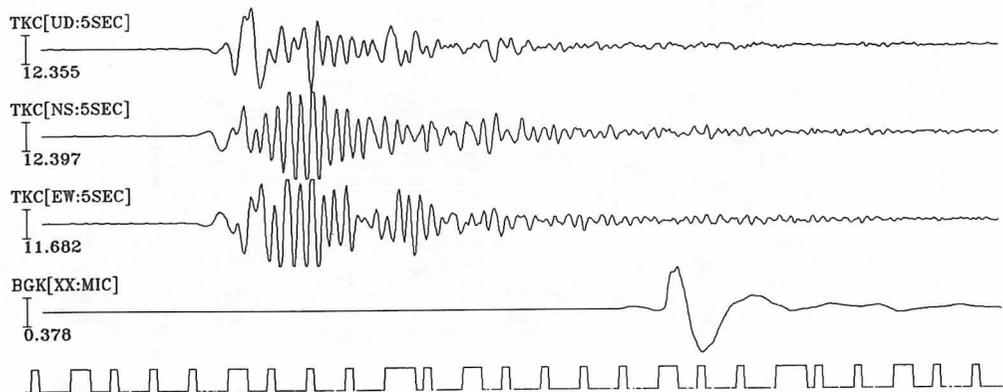


図4 (c) 1988年12月24日の爆発地震および空振の記録

(4) 1988年12月24日の噴火 (火砕サージ)

パターンは前回と類似しているが、より顕著な前兆現象が観測された。まず24日20時30分から21時20分にかけて微小高周波地震が群発、その後微小低周波地震が発生した。微小低周波地震の発生頻度は急速に増加、ほぼ連続的になり、22時12分に空振を伴う爆発地震が発生した。

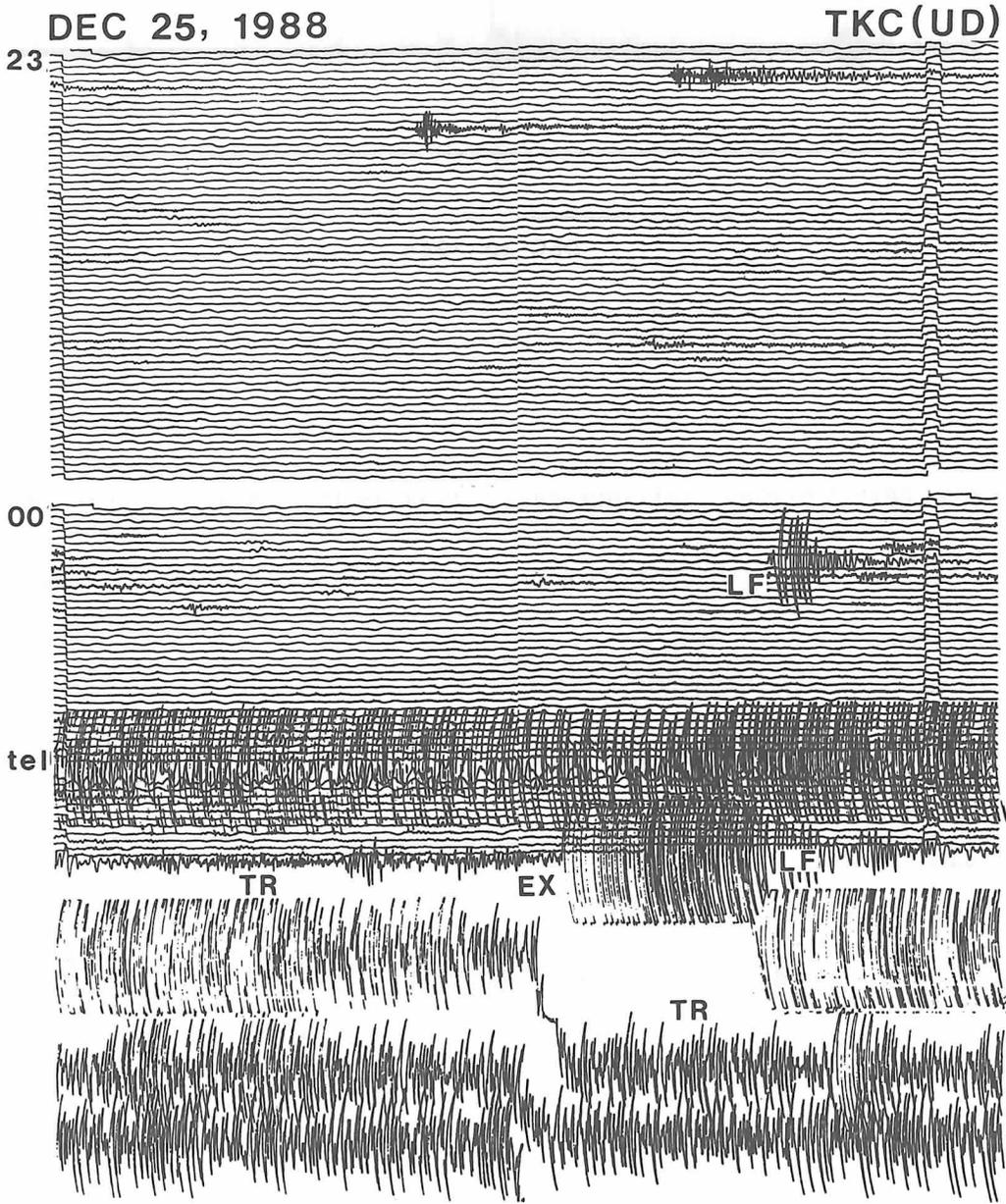


図5 (a) 1988年12月25日の噴火前後のモニター記録 (TKC)

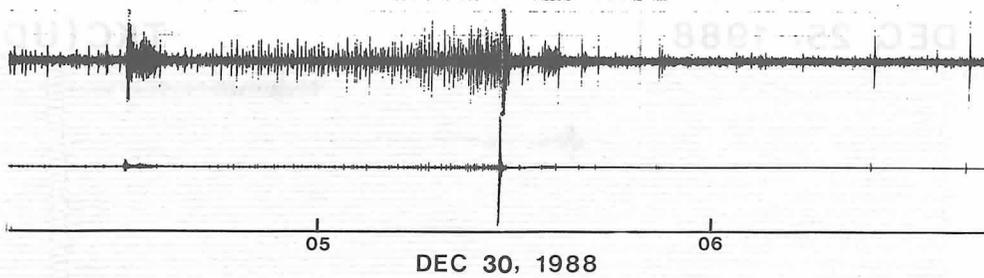


図5 (b) 1988年12月25日の噴火前後の遅送り記録 (TKC)

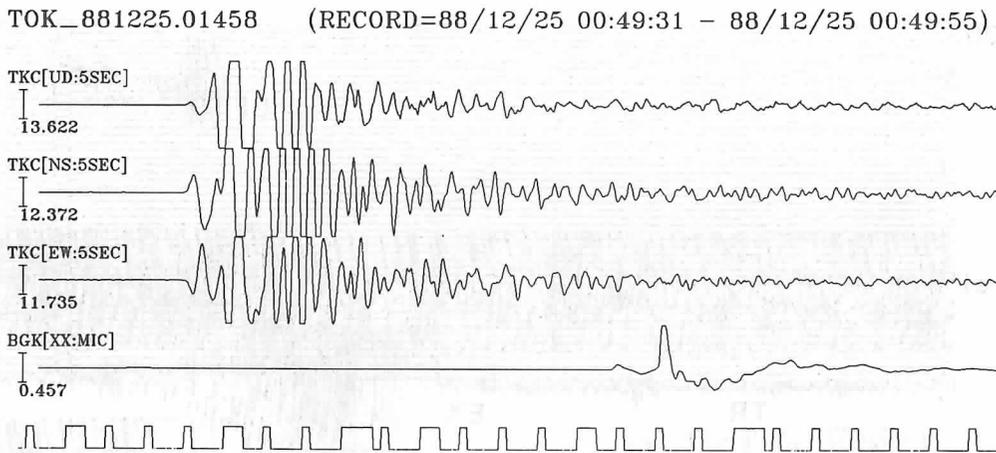


図5 (c) 1988年12月25日の爆発地震および空振の記録

(5) 1988年12月25日の噴火 (小型火砕流, 火砕サージ)

前回の爆発の約2時間半後の0時49分, 再び爆発地震が発生し, 引続き大振幅の連続微動が観測された。微動は25日の23時頃まで続いた。顕著な前兆地震群の活動はなかったものの, 爆発地震の50秒前に振り切れ規模の低周波地震とそれに引き続く連続微動が観測された。なお, 0時37分の振動は, 釧路沖の遠地地震である。

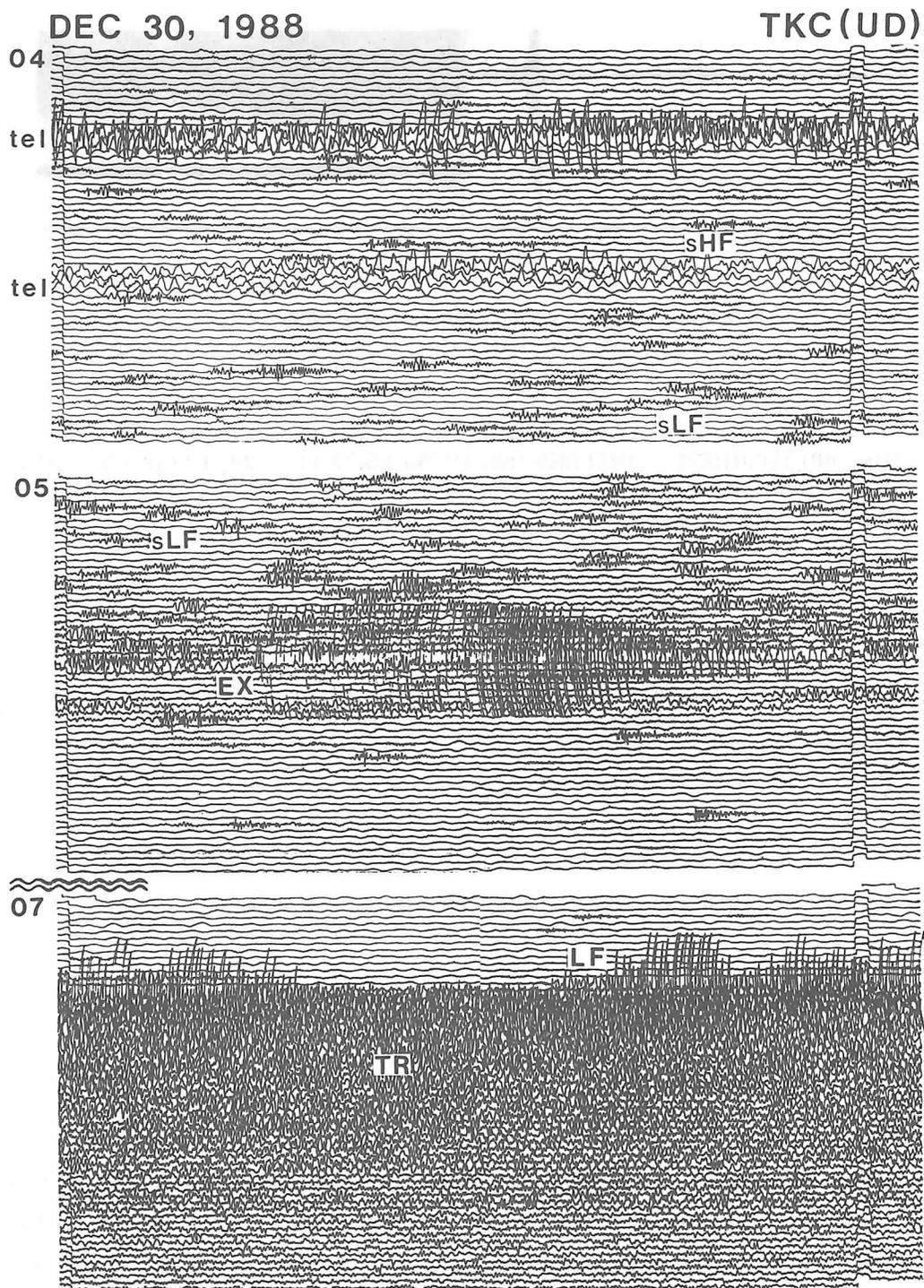


図6 (a) 1988年12月30日の噴火前後のモニター記録 (TKC)

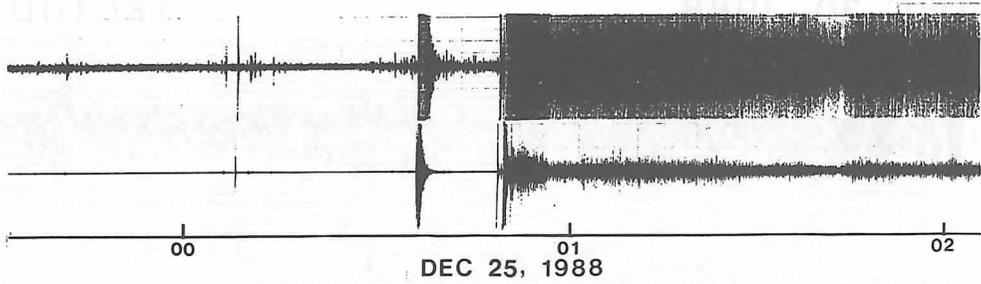


図6 (b) 1988年12月30日の噴火前後の遅送り記録 (TKC)

TOK_881230.01958 (RECORD=88/12/30 05:27:11 - 88/12/30 05:27:35)

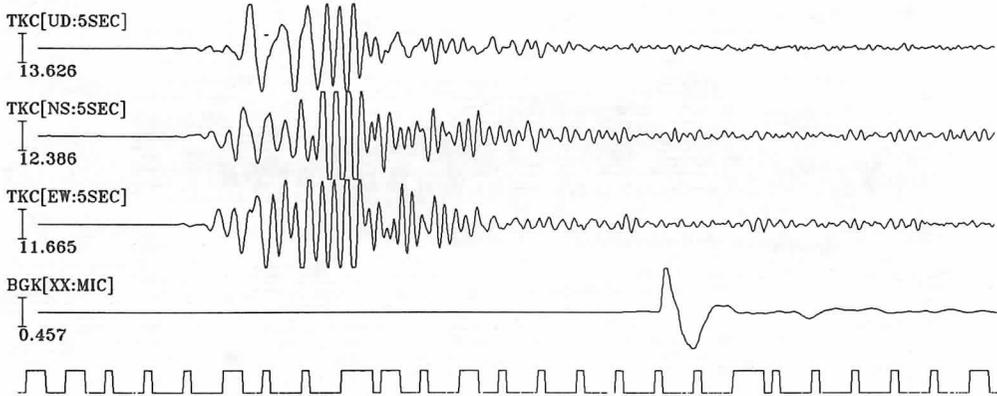


図6 (c) 1988年12月30日の爆発地震および空振の記録

(6) 1988年12月30日の噴火

12月24日の噴火と同様、顕著な前兆地震群が観測された。30日1時台から4時30分頃まで微小高周波地震群が、その後微小低周波地震群が観測され、次第に頻度を増しながら5時27分に爆発地震が発生した。連続微動は爆発地震の直後からではなく、87分後から、大振幅の低周波地震発生に引き続き観測された。

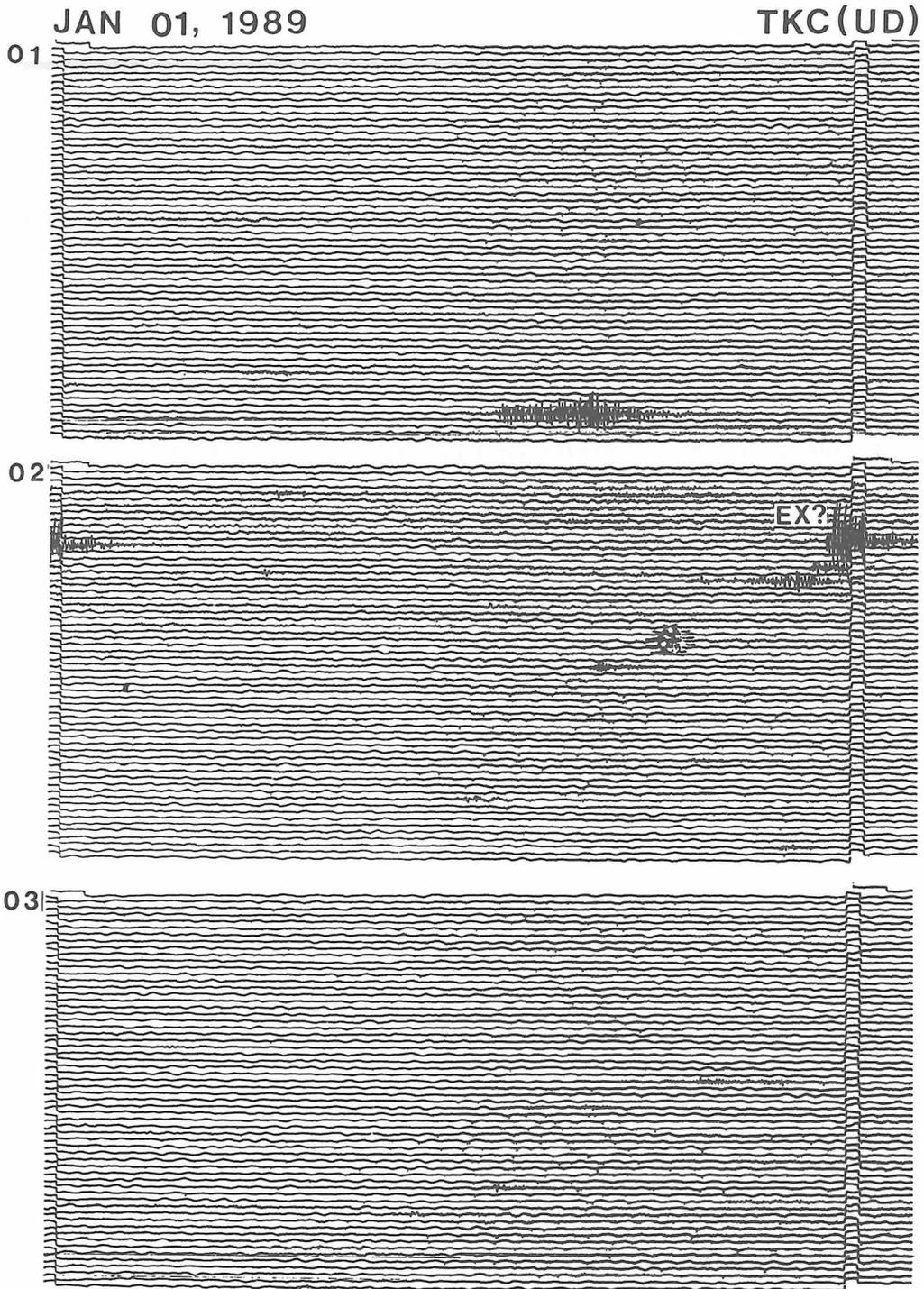


図7 (a) 1989年1月1日の噴火前後のモニター記録 (TKC)

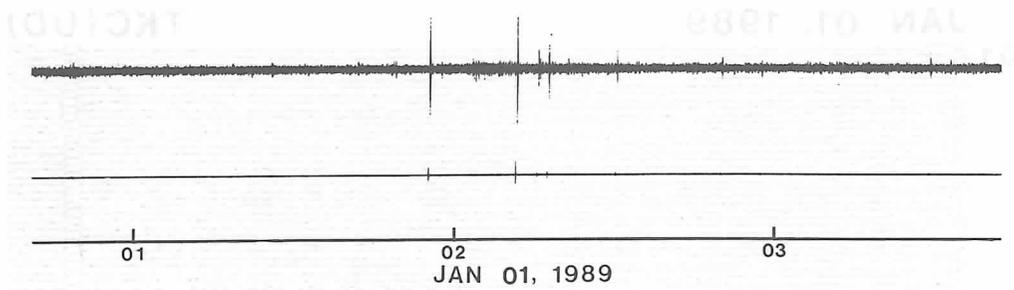


図7 (b) 1989年1月1日の噴火前後の遅送り記録 (TKC)

TOK_880101.02009 (RECORD=88/01/01 02:11:49 - 88/01/01 02:12:13)

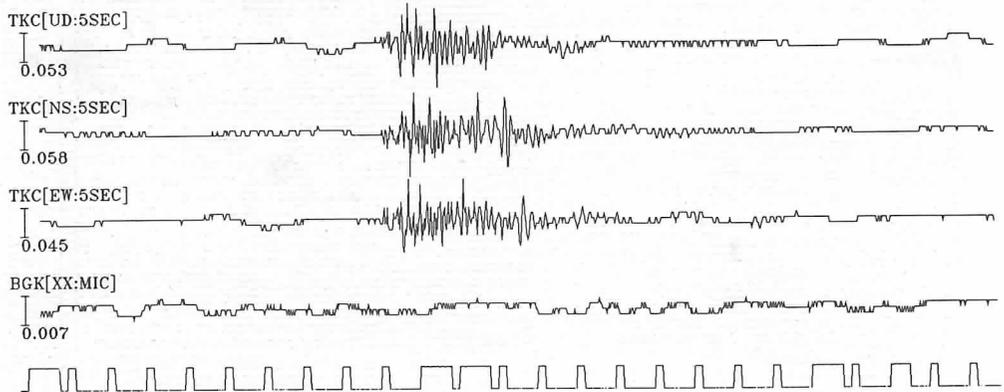


図7 (c) 1989年1月1日の爆発地震および空振の記録

(7) 1989年1月1日の噴火

2時12分、気象庁十勝岳火山観測所の目視観測で、火柱が確認された。しかしながら、この時間帯には高周波地震 (EX ?) が記録されたのみで、空振も微動も観測されていない。

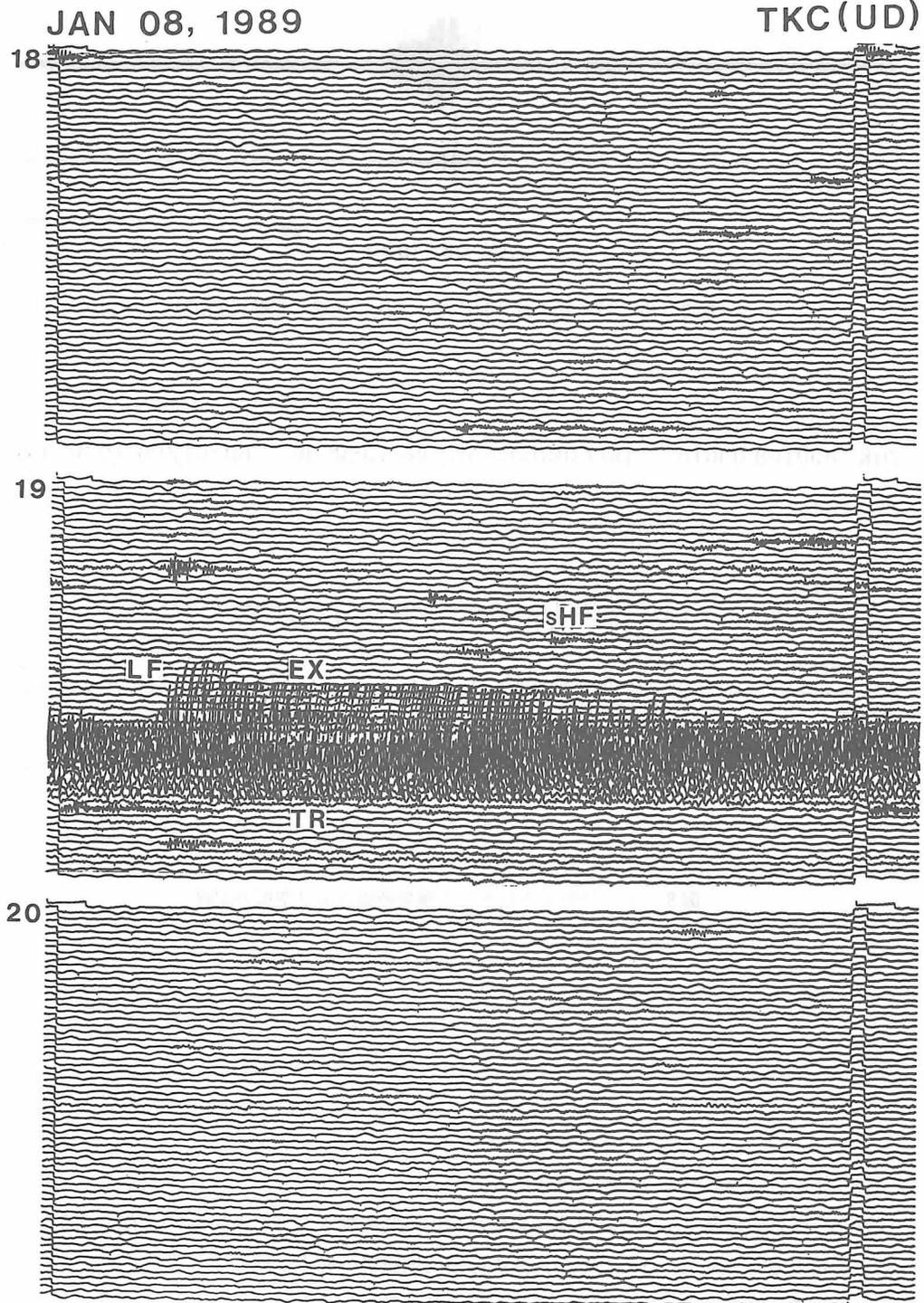


図8 (a) 1989年1月8日の噴火前後のモニター記録 (TKC)

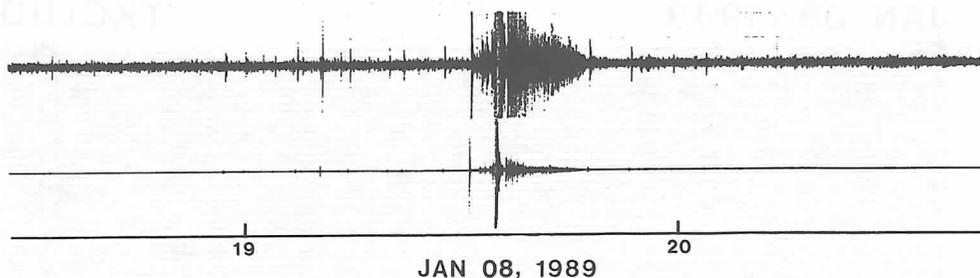


図8 (b) 1989年1月8日の噴火前後の遅送り記録 (TKC)

TOK_890108.00018 (RECORD=89/01/08 19:38:06 - 89/01/08 19:38:30)

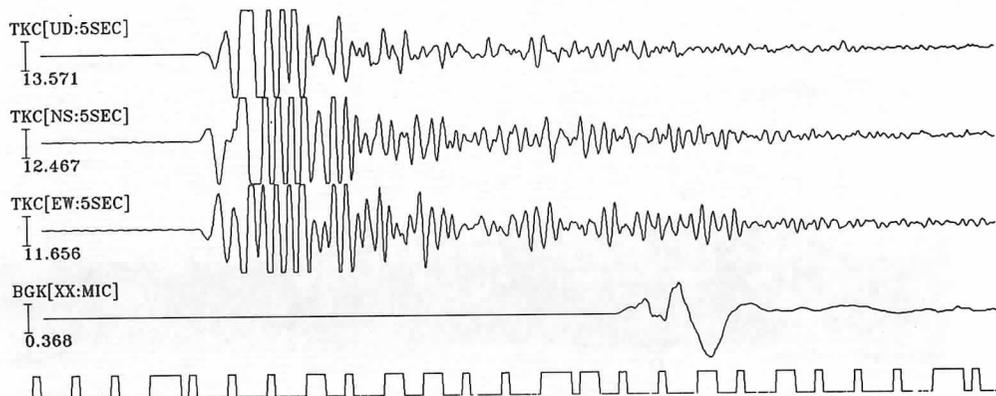


図8 (c) 1989年1月8日の爆発地震および空振の記録

(8) 1989年1月8日の噴火 (灼熱岩塊放出)

19時38分爆発地震発生、引き続き連続微動が約10分間観測された。爆発地震の前、15時台頃から微小高周波地震の発生がみられたが、微小低周波地震群の発生は観測されなかった。一方、爆発の2分前に低周波地震が発生、引き続き弱い連続微動も記録されている。

JAN 13, 1989

TKC(UD)

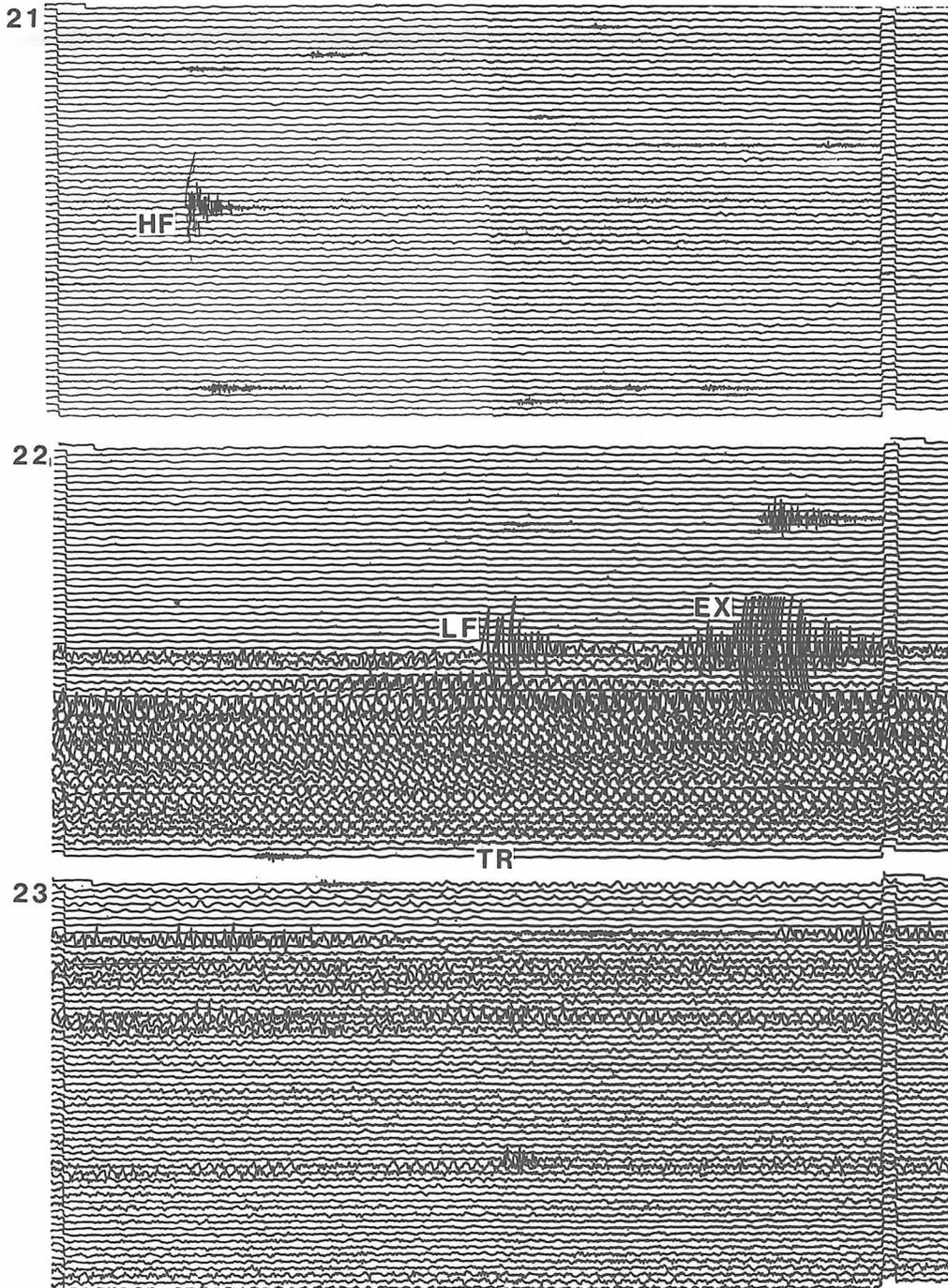


図9 (a) 1989年1月13日の噴火前後のモニター記録 (TKC)

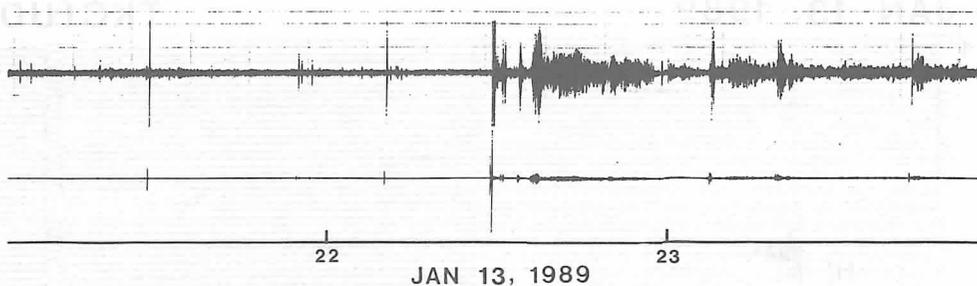


図9 (b) 1989年1月13日の噴火前後の遅送り記録 (TKC)

TOK_890113.00105 (RECORD=89/01/13 22:29:53 - 00/00/00 00:00:00)

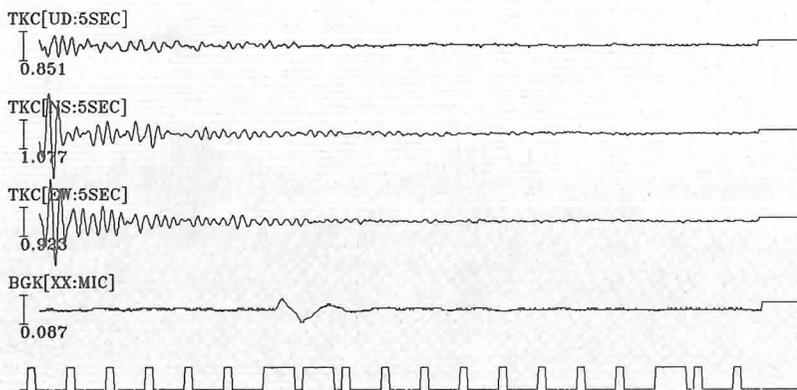


図9 (c) 1989年1月13日の爆発地震および空振の記録

(9) 1989年1月13日の噴火

22時29分に、爆発地震が発生。空振の振幅はこれ以前の噴火の10分の1以下であった。爆発地震直前には低周波地震が発生している。また、この噴火の直後、低周波を基調とし、高調波を含む特徴的な微動（ハーモニック微動）が観測された。

JAN 16, 1989

TKC(UD)

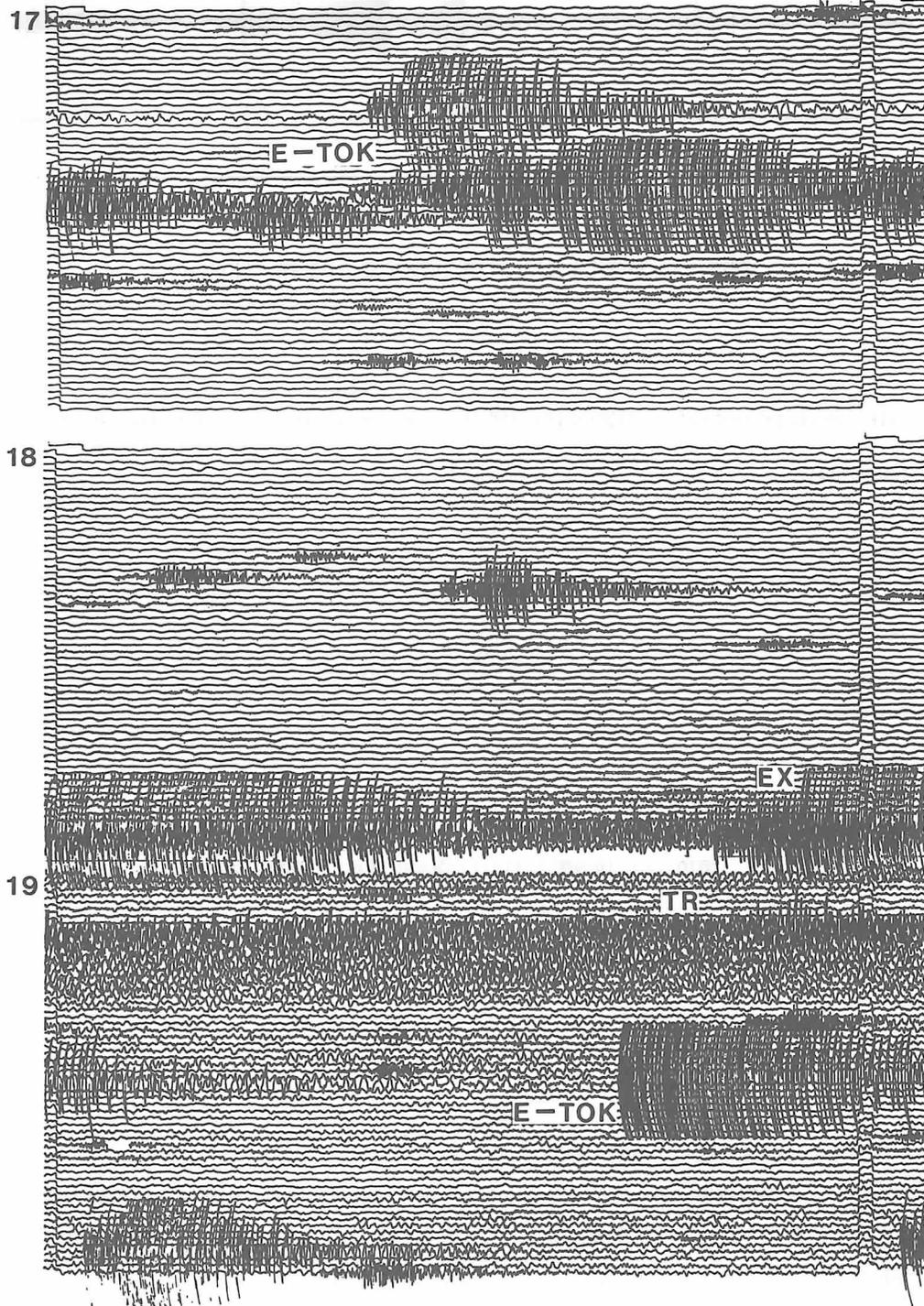


図10 (a) 1989年1月16日の噴火前後のモニター記録 (TKC)

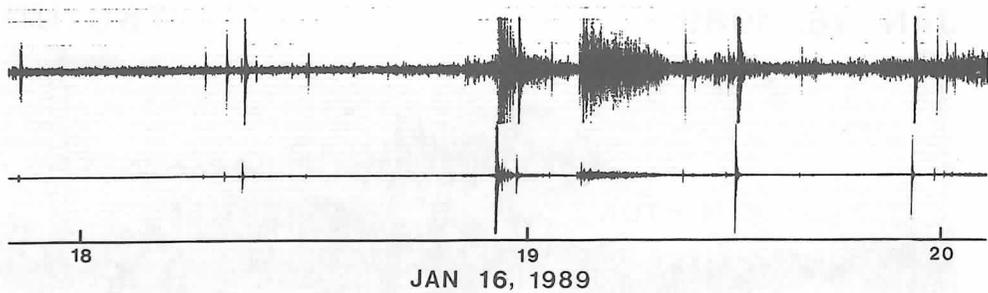


図10 (b) 1989年1月16日の噴火前後の遅送り記録 (TKC)

TOK_890116.00366 (RECORD=89/01/16 18:55:46 - 89/01/16 18:56:10)

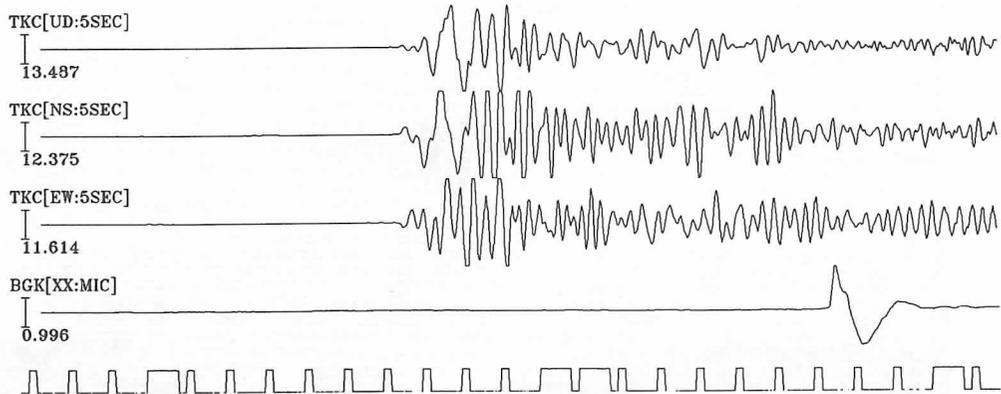


図10 (c) 1989年1月16日の爆発地震および空振の記録

(10) 1989年1月16日の噴火 (小型火砕流)

18時55分、大振幅空振 (p-p 2.68 mber) を伴う爆発地震が発生し、引き続き小振幅の連続微動が断続的に観測された。前兆現象はほとんど記録されていない。また、この時期、1月14日から開始した十勝支庁北部の群発地震 (E - TOK) が活発であった。

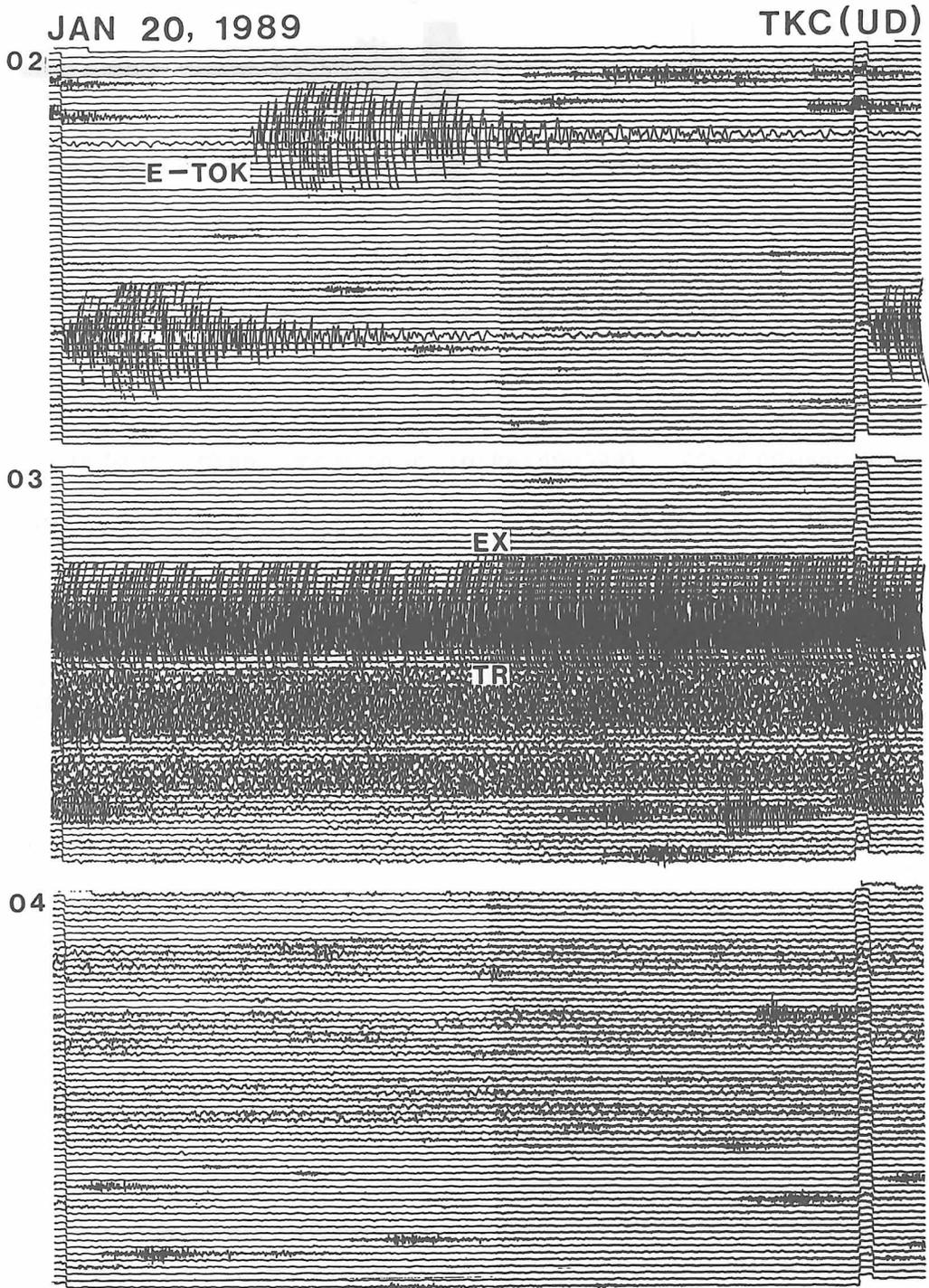


図11 (a) 1989年1月20日の噴火前後のモニター記録 (TKC)

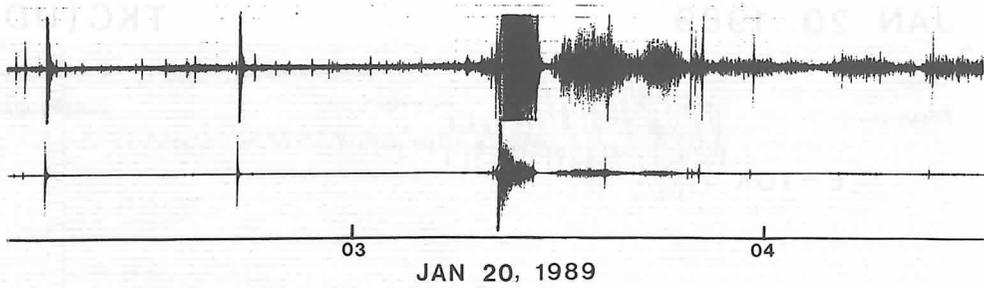


図11 (b) 1989年1月20日の噴火前後の遅送り記録 (TKC)

TOK_890120.01177 (RECORD=89/01/20 03:21:27 - 89/01/20 03:21:51)

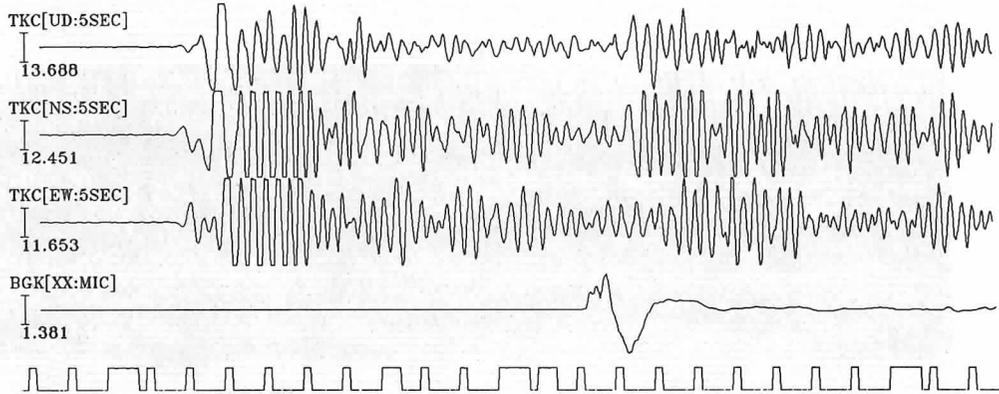


図11 (c) 1989年1月20日の爆発地震および空振の記録

(1) 1989年1月20日の噴火 (灼熱岩塊放出)

3時21分、一連の噴火で最大規模の空振 (p-p 3.75 mber) を伴う爆発地震が発生した。引き続き大振幅微動が約5分間継続、一旦ほぼ収まった後、小振幅微動が断続的に観測された。前兆現象はほとんど記録されていない。なお、この噴火は一連の噴火で唯一、まとまった量の本質マグマ放出を伴うものであった。

JAN 22, 1989

TKC(UD)

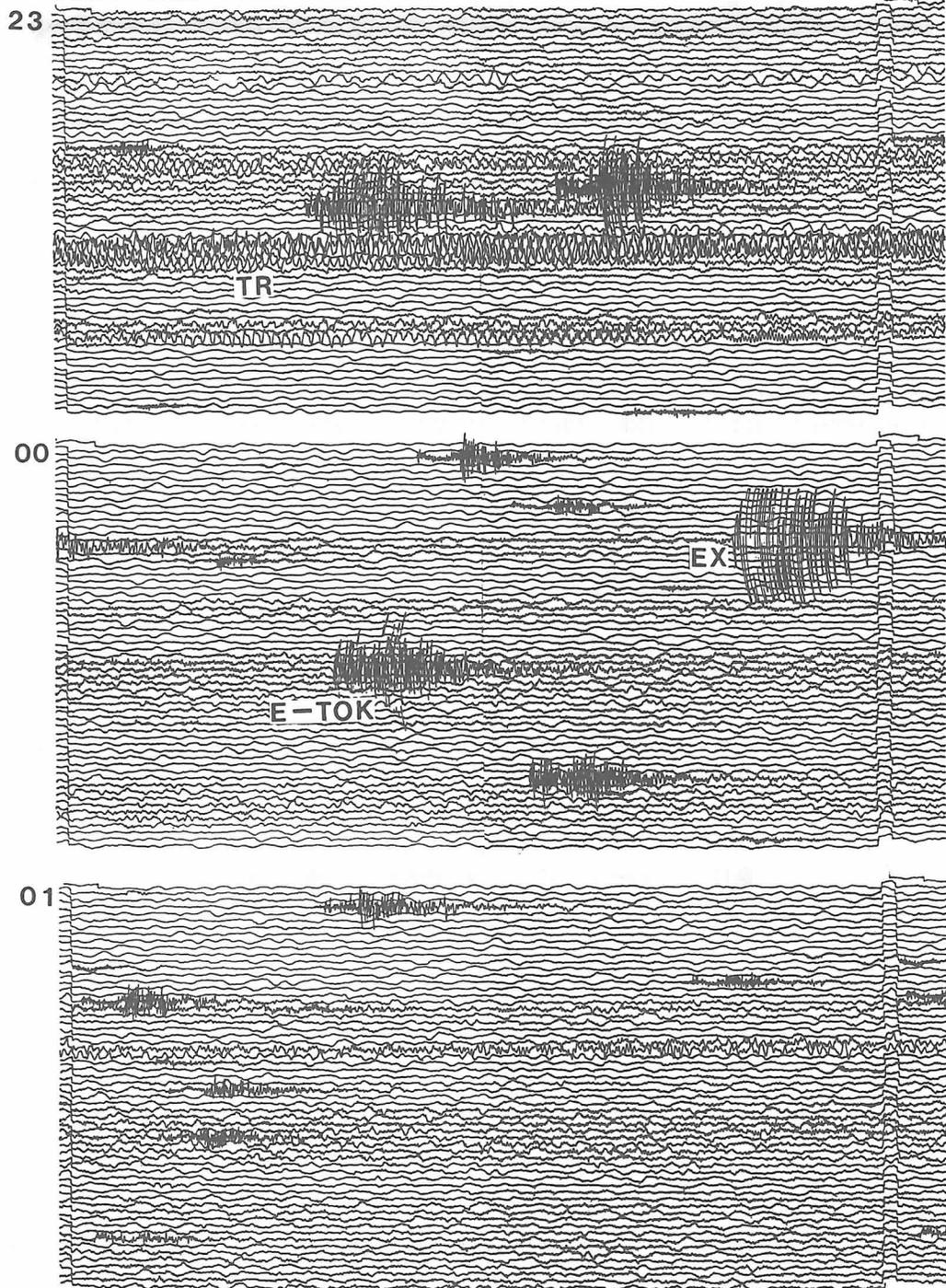


図12 (a) 1989年1月22日の噴火前後のモニター記録 (TKC)

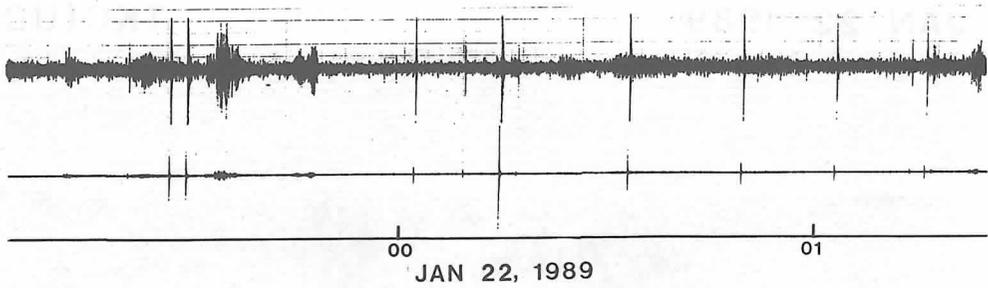


図12 (b) 1989年1月22日の噴火前後の遅送り記録 (TKC)

TOK_890122.01427 (RECORD=89/01/22 00:14:45 - 89/01/22 00:15:09)

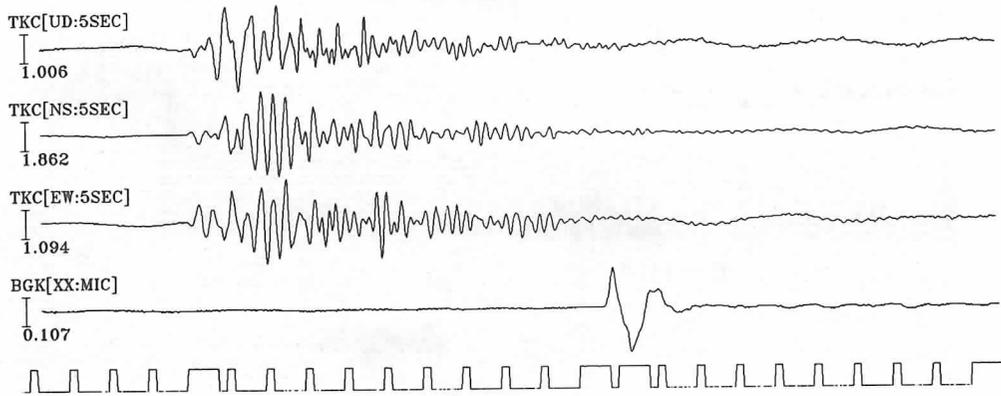


図12 (c) 1989年1月22日の爆発地震および空振の記録

(12) 1989年1月22日の噴火

0時14分、爆発地震が発生した。連続微動も前兆地震も観測されていない。爆発地震の20-30分前に記録されている低周波微動は、1月中旬にのみ観測された特徴的な微動である。

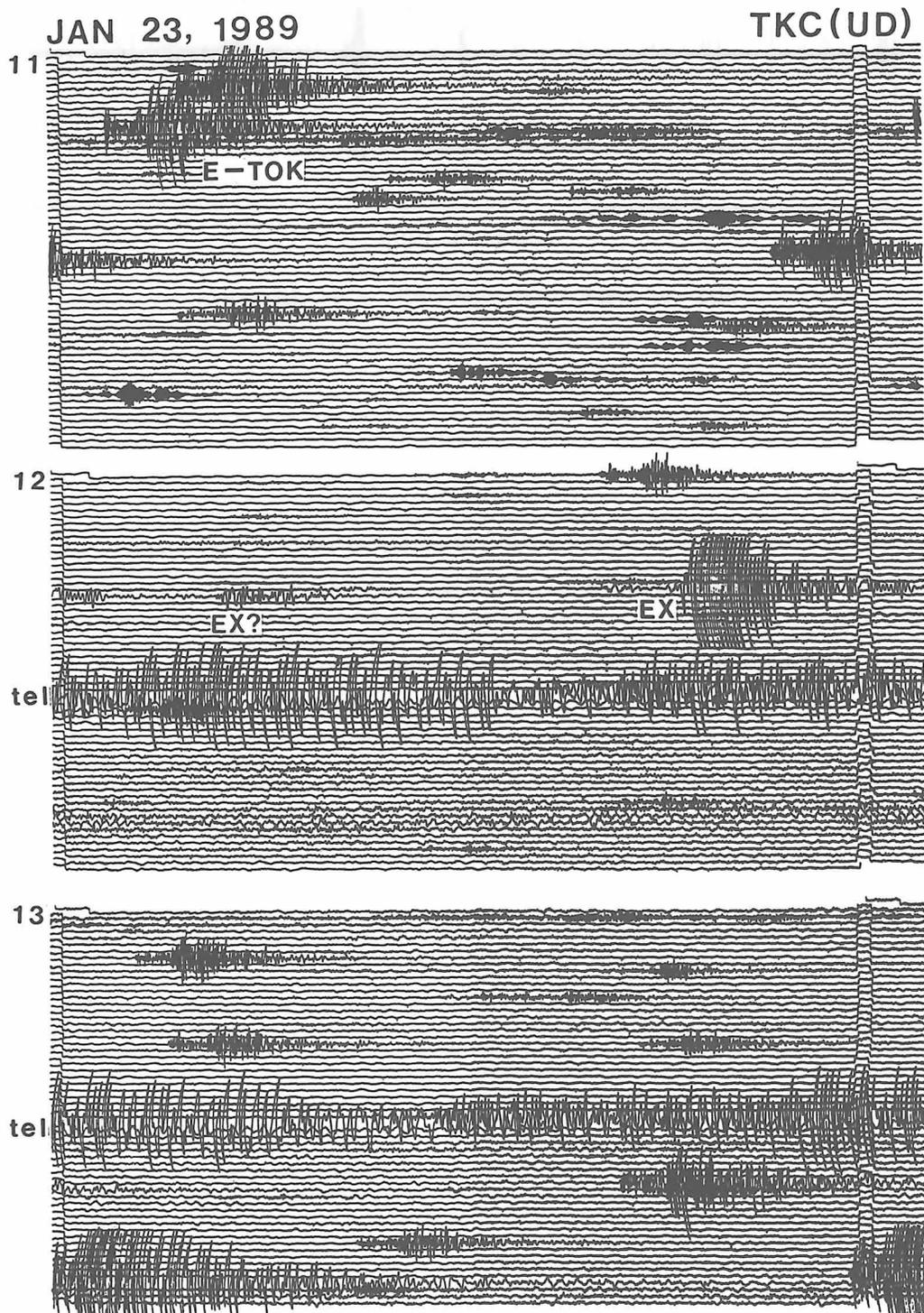


図13 (a) 1989年1月23日の噴火前後のモニター記録 (TKC)

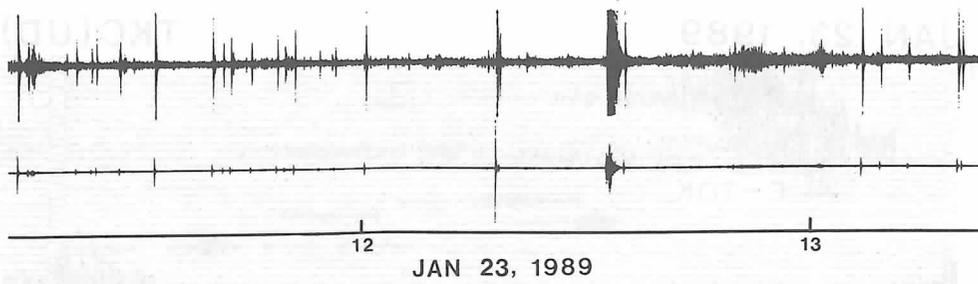


図13 (b) 1989年1月23日の噴火前後の遅送り記録 (TKC)

(13) 1989年1月23日の噴火

12時17分、現地において、単発的で小規模な爆発が目視観測された。対応する時間には、振り切れ規模の低周波地震と、より小規模な低周波地震（約30秒後）が発生している。振幅から、前者が爆発地震と推定されているが、空振の振幅は後者のほうが大きい ((c)-1 および(c)-2)。なお、連続微動や前兆地震は記録されていない。

TOK_890123.01638 (RECORD=89/01/23 12:17:43 - 89/01/23 12:18:07)

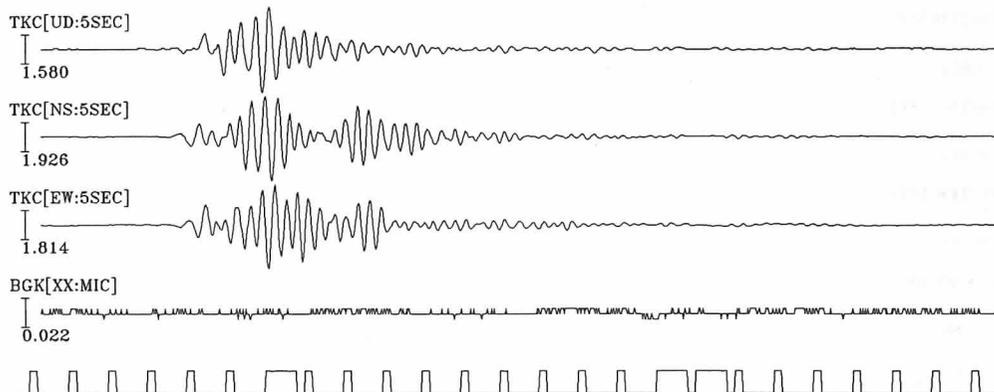


図13 (c)-1 1989年1月23日12時17分の低周波地震および空振の記録

TOK_890123.01638 (RECORD=89/01/23 12:18:04 - 89/01/23 12:18:28)

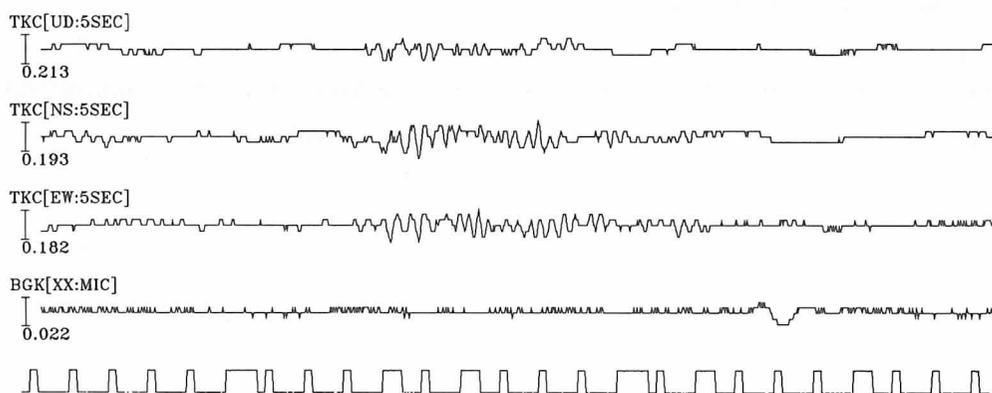


図13 (c)-2 1989年1月23日12時18分の低周波地震および空振の記録

TOK_890127.01912 (RECORD=89/01/27 01:44:20 - 89/01/27 01:44:44)

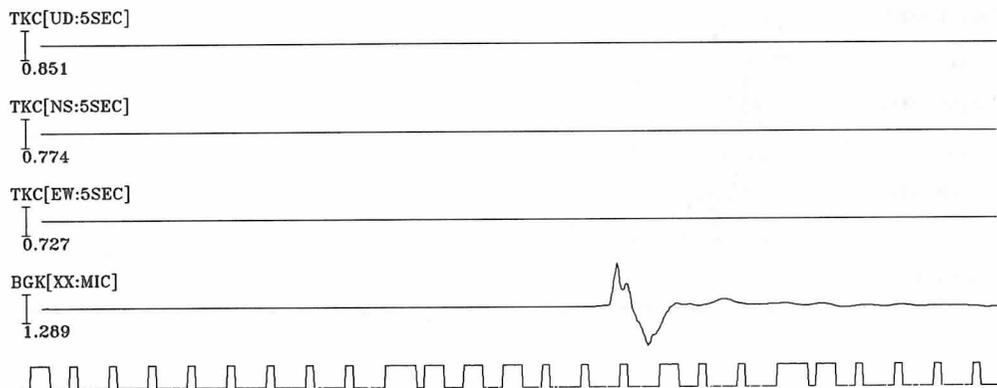


図14 (c) 1989年1月27日の空振の記録

(14) 1989年1月27日の噴火

1時44分、一連の噴火で最大規模の空振（p-p 3.67 mber）を伴う爆発地震が発生した。TKCは欠測中であったが、他の観測点の記録により、爆発直後から約10分間、小振幅連続微動が発生したこと、および1分程度前から微小な前兆地震もしくは連続微動が発生していたことが推測されている。

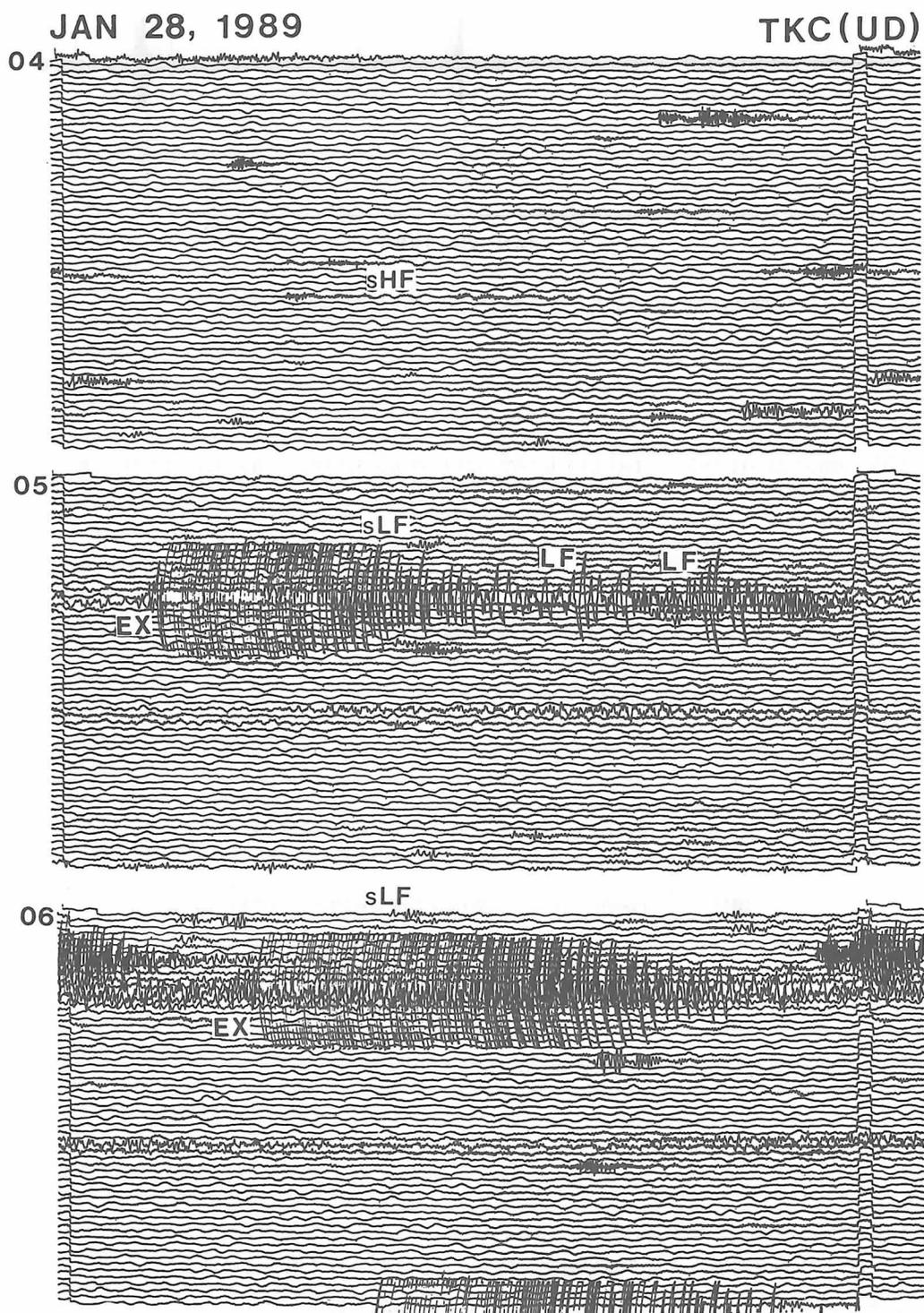


図15 (a) 1989年1月28日5時18分の噴火前後のモニター記録 (TKC)

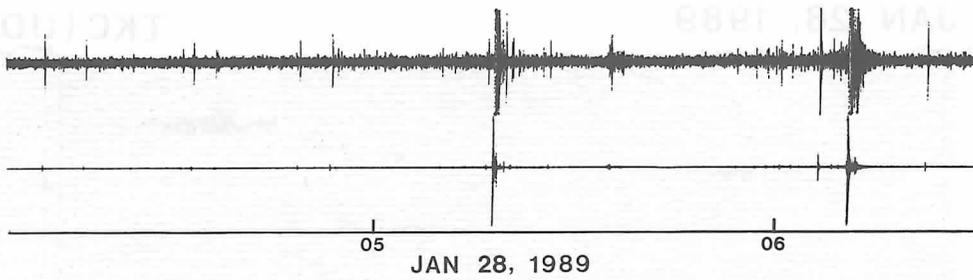


図15 (b) 1989年1月28日5時18分の噴火前後の遅送り記録 (TKC)

TOK_890128.01985 (RECORD=89/01/28 05:18:03 - 89/01/28 05:18:27)

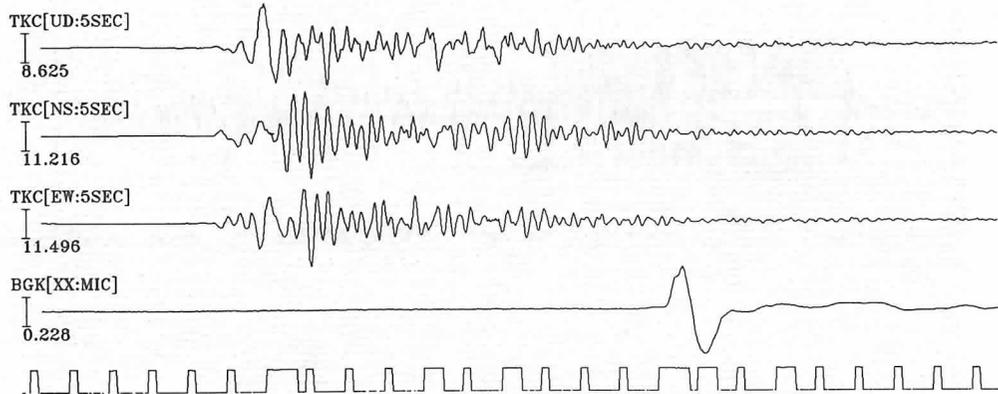


図15 (c) 1989年1月28日5時18分の爆発地震および空振の記録

(15) 1989年1月28日5時18分の噴火

この日、約50分間隔で3回の爆発地震が発生した。5時18分の爆発は微動発生を伴わなかったが、約1時間前から微小高周波地震および微小低周波地震が観測された。

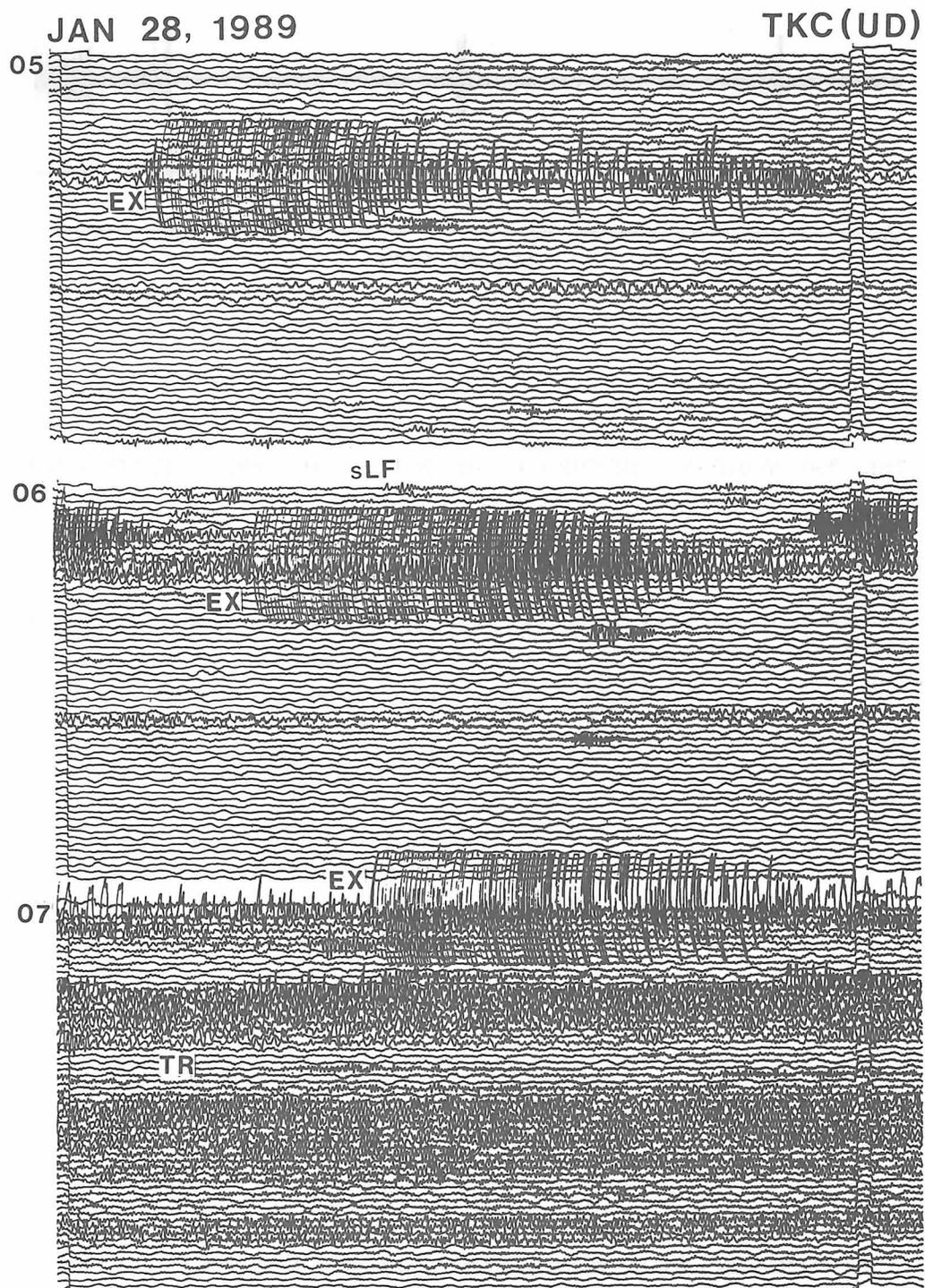


図16 (a) 1989年1月28日6時11分の噴火前後のモニター記録 (TKC)

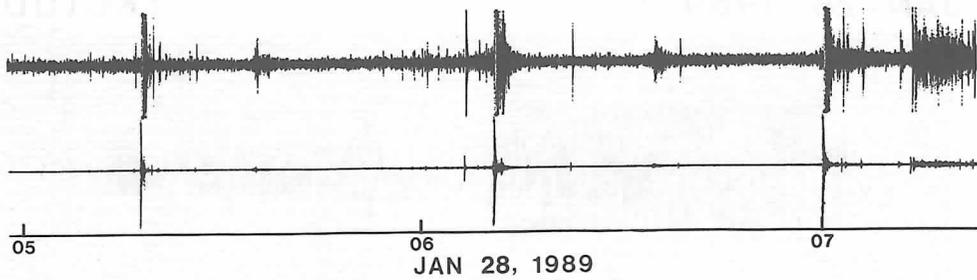


図16 (b) 1989年1月28日6時11分の噴火前後の遅送り記録 (TKC)

TOK_890128.01995 (RECORD=89/01/28 06:11:10 - 89/01/28 06:11:34)

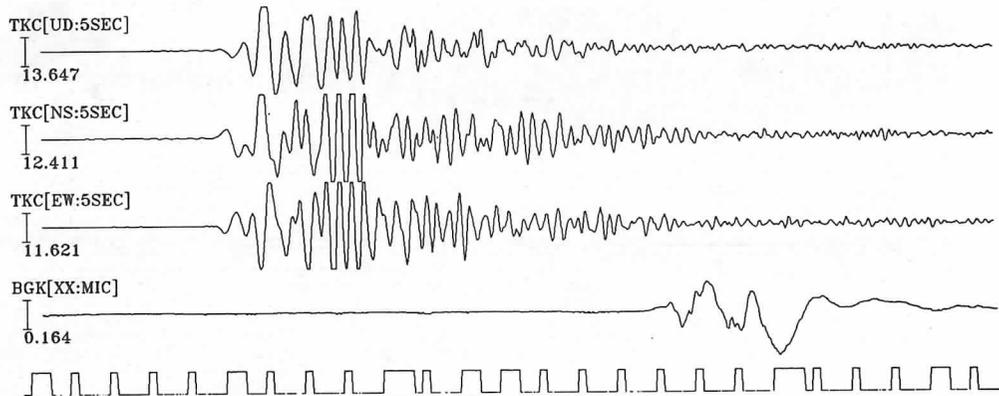


図16 (c) 1989年1月28日6時11分の爆発地震および空振の記録

(16) 1989年1月28日6時11分の噴火

6時11分の爆発地震前後には、微弱な連続微動が記録されている。また20分ほど前から微小低周波地震の発生がみられた。

JAN 28, 1989

TKC(UD)

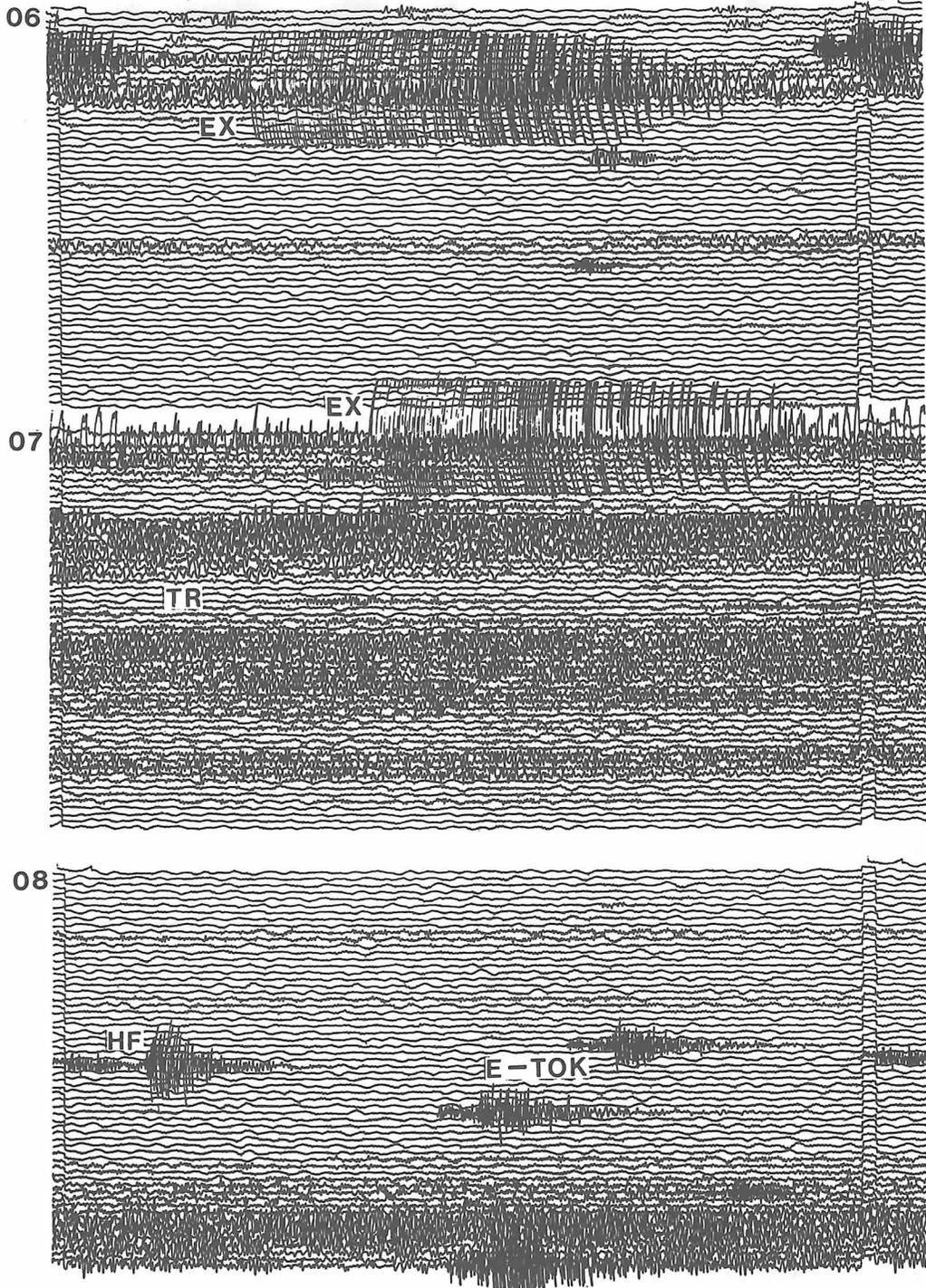


図17 (a) 1989年1月28日7時00分の噴火前後のモニター記録 (TKC)

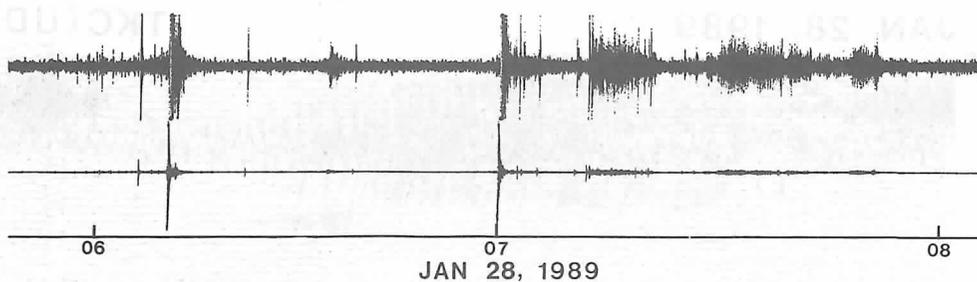


図17 (b) 1989年1月28日7時00分の噴火前後の遅送り記録 (TKC)

TOK_890128.01998 (RECORD=89/01/28 07:00:19 - 89/01/28 07:00:43)

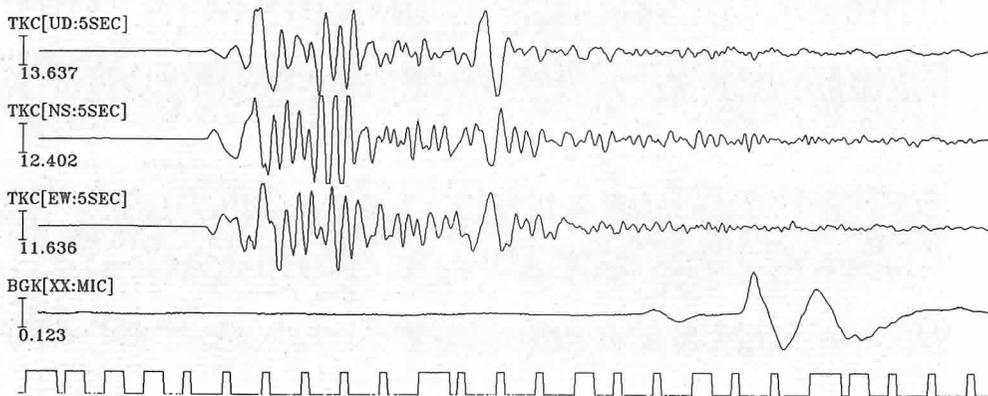


図17 (c) 1989年1月28日7時00分の爆発地震および空振の記録

(17) 1989年1月28日7時00分の噴火

7時00分の爆発地震に引き続き、小振幅の連続微動が断続的に約1時間継続した。直前前兆現象はほとんど観測されていない。

FEB 01, 1989

TKC(UD)

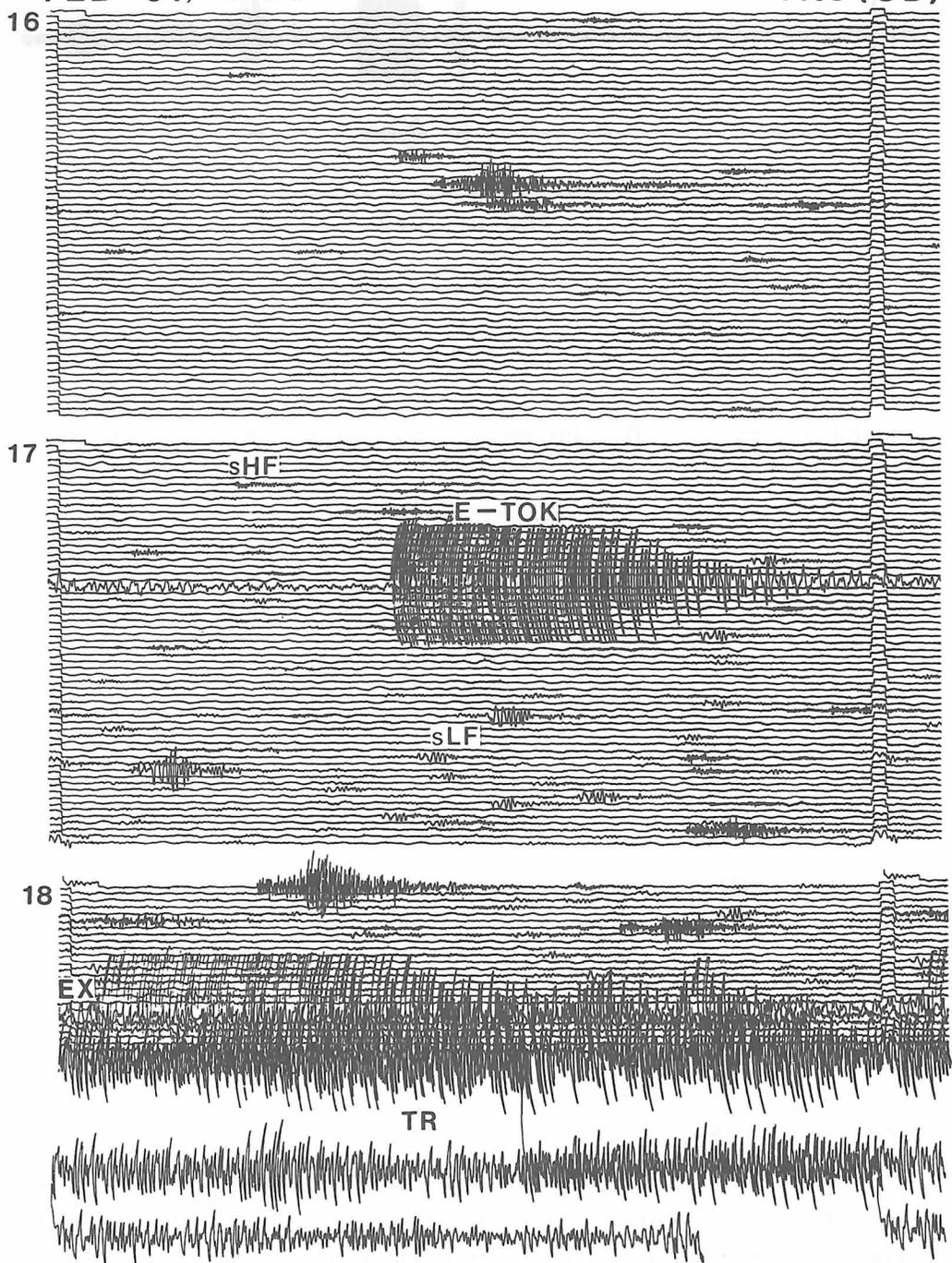


図18 (a) 1989年2月1日の噴火前後のモニター記録 (TKC)

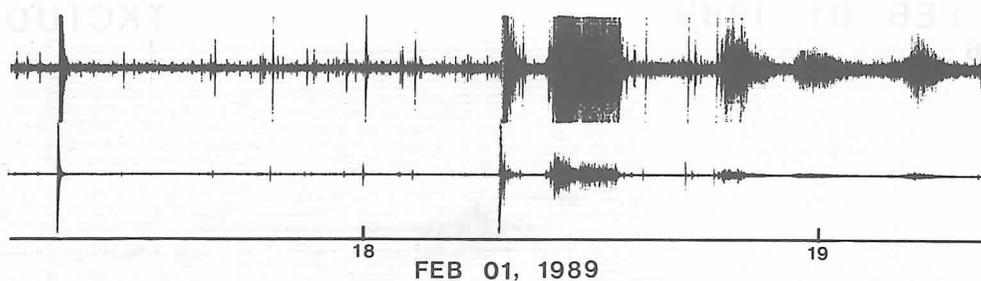


図18 (b) 1989年2月1日の噴火前後の遅送り記録 (TKC)

TOK_890201.02349 (RECORD=89/02/01 18:17:58 - 89/02/01 18:18:22)

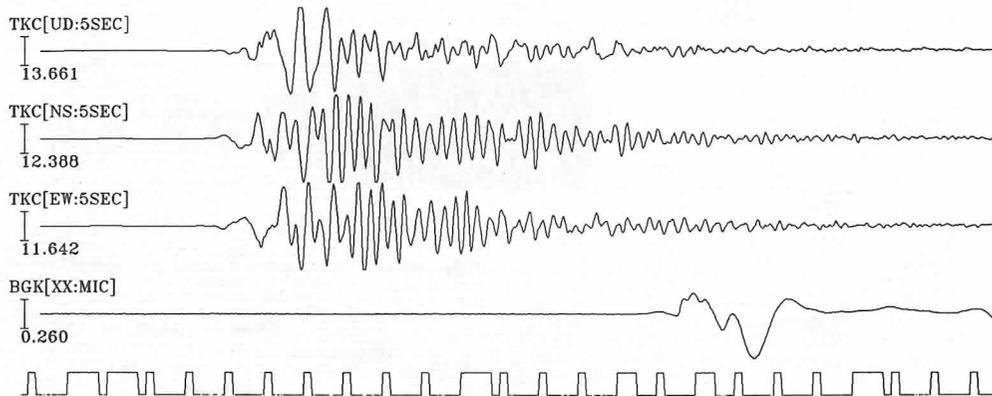


図18 (c) 1989年2月1日の爆発地震および空振の記録

(18) 1989年2月1日の噴火

18時18分に爆発地震、7分後から顕著な連続微動が発生した。大振幅連続微動は約10分間継続した後、急激に減衰した。微動はさらに、18時47分、低周波地震を伴い再活発化、数10分間断続的に観測された。前兆現象もあり、15時台から微小高周波地震群が、さらに17時30分頃から微小低周波地震群が観測された。

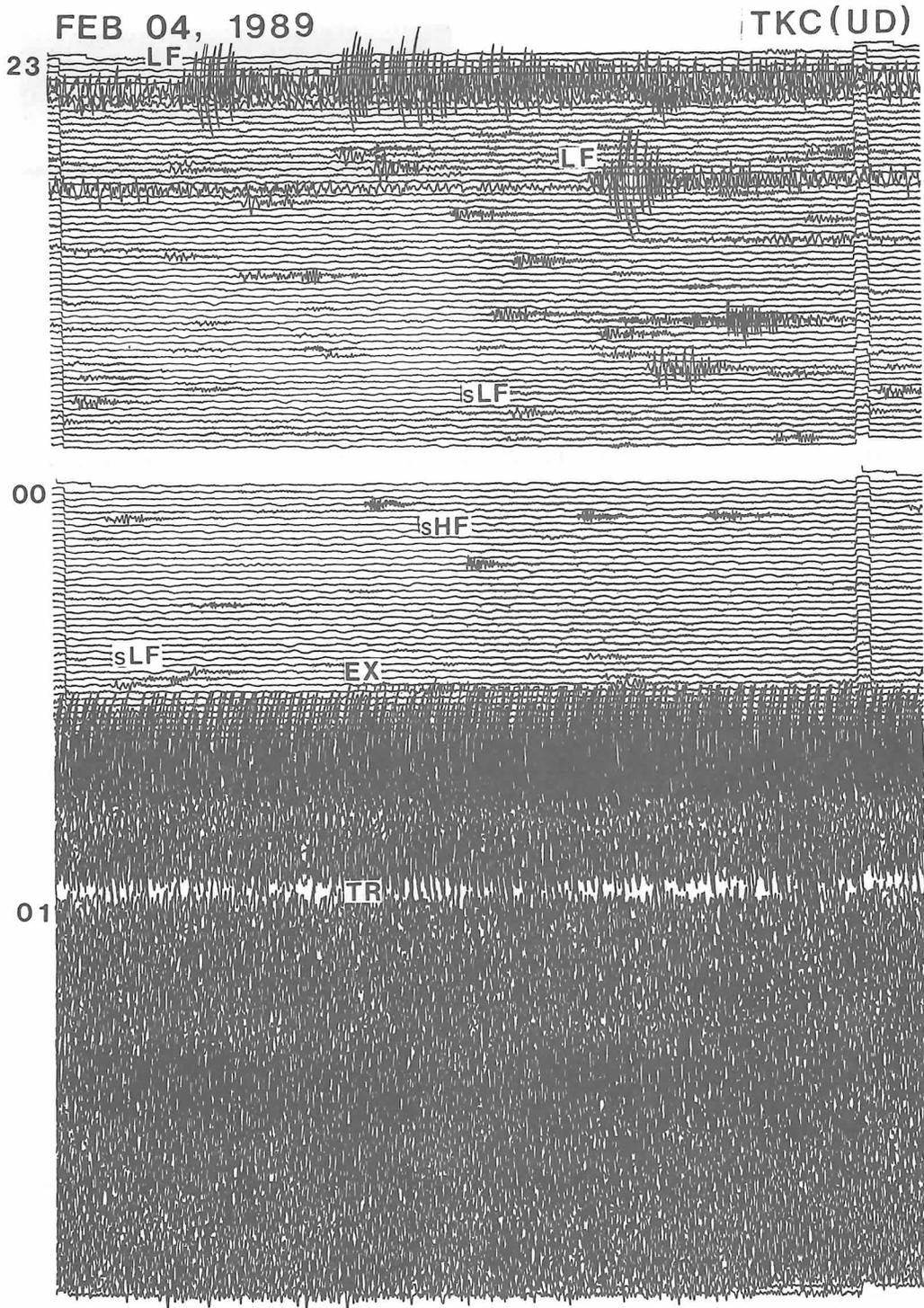


図19 (a) 1989年2月4日の噴火前後のモニター記録 (TKC)

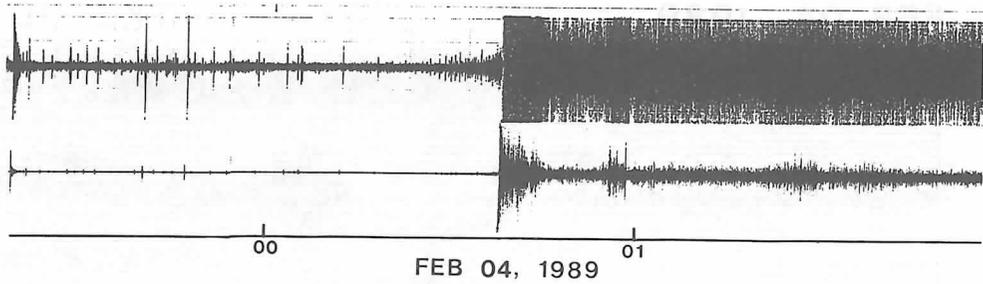


図19 (b) 1989年2月4日の噴火前後の遅送り記録 (TKC)

TOK_890204.02517 (RECORD=89/02/04 00:38:17 - 89/02/04 00:38:41)

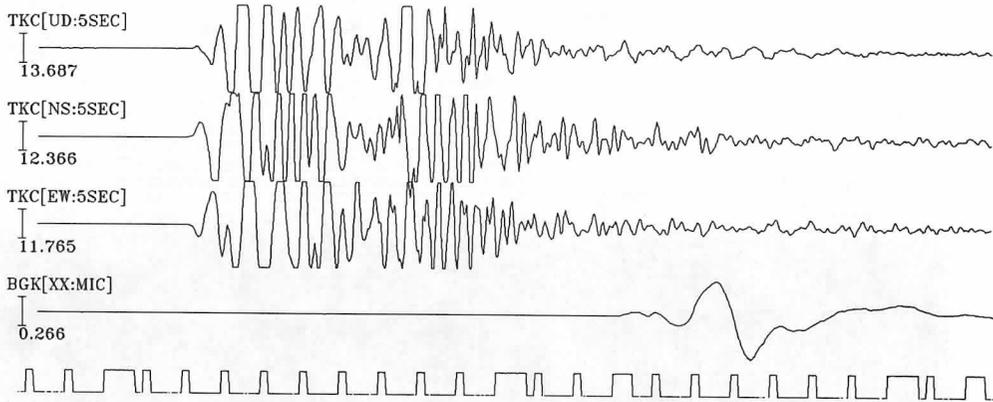


図19 (c) 1989年2月4日の爆発地震および空振の記録

(19) 1989年2月4日の噴火 (小型火砕流)

0時38分に爆発地震, 引き続き一連の噴火で最大規模の連続微動が発生し, 断続的に10時間以上継続した。前兆現象は複雑であった。3日20時頃から微小高周波地震と微小低周波地震が混在して観測され, 23時台には主に sLF が, 4日0時台には主に sHF が発生, また直前には sLF が観測されている。

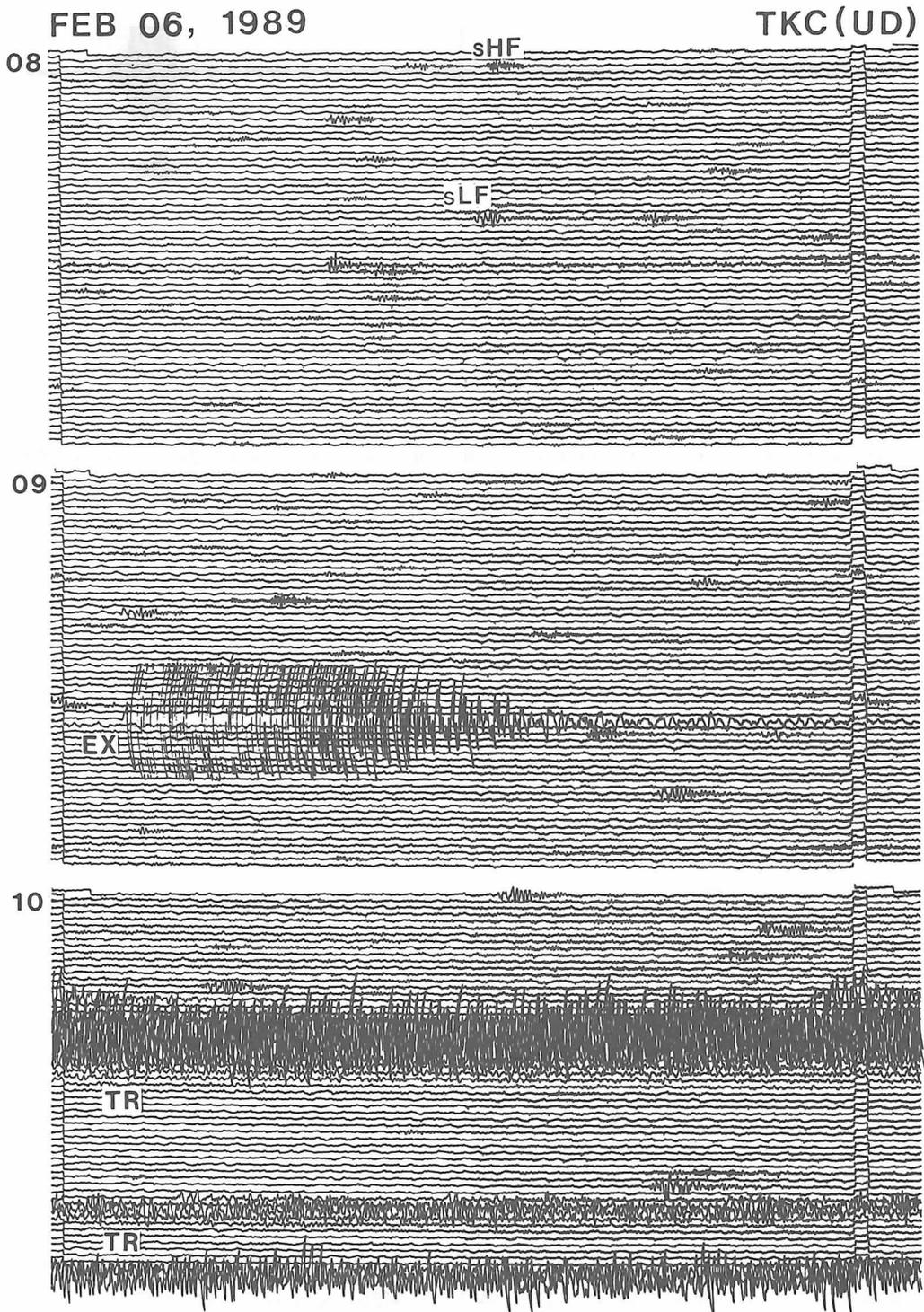


図20 (a) 1989年2月6日の噴火前後のモニター記録 (TKC)

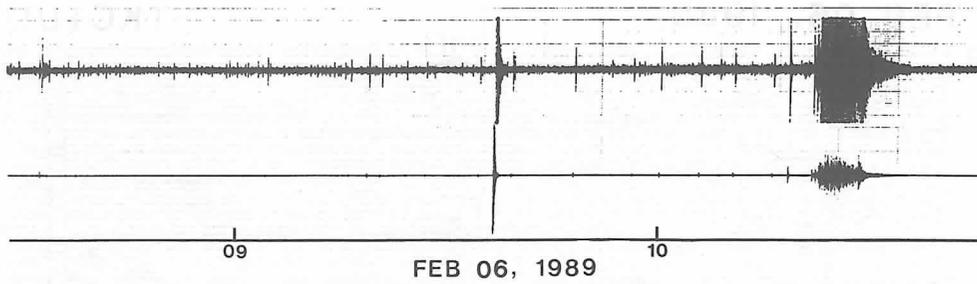


図20 (b) 1989年2月6日の噴火前後の遅送り記録 (TKC)

TOK_890206.02715 (RECORD=89/02/06 09:37:01 - 89/02/06 09:37:25)

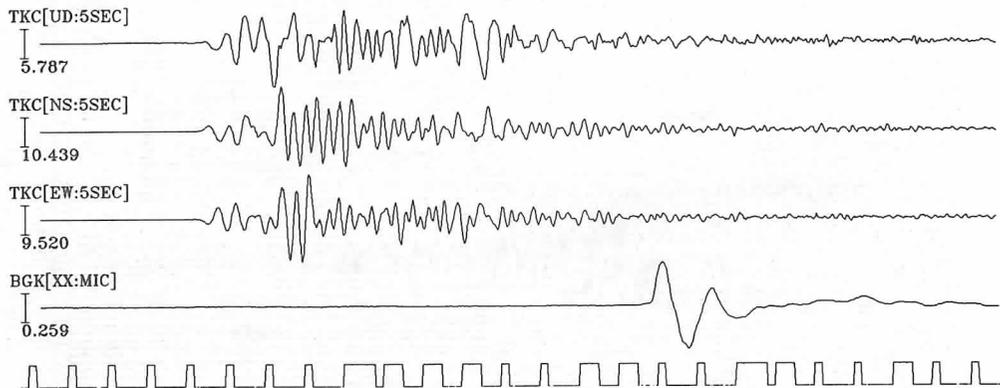


図20 (c) 1989年2月6日の爆発地震および空振の記録

(20) 1989年2月6日の噴火

9時37分に爆発地震、41分後から約10分間微動が発生、その後も断続的に継続した。微小高周波地震は、頻度は低いものの6日2時頃から観測されている。また、微小低周波地震も8時台から観測されているが、爆発に向けて加速的に活発化する傾向は認められなかった。

FEB 07, 1989

TKC(UD)

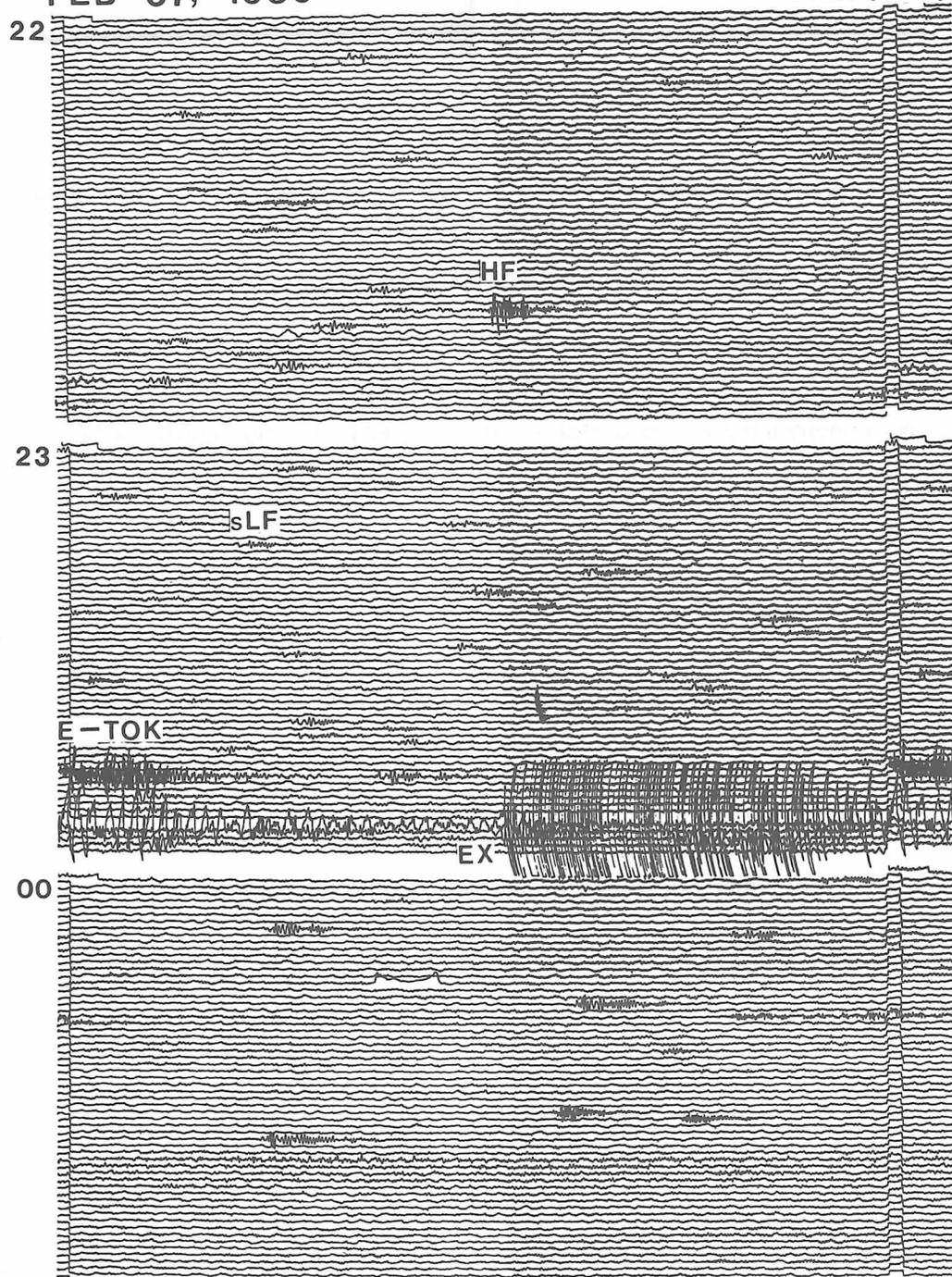


図21 (a) 1989年2月7日の噴火前後のモニター記録 (TKC)

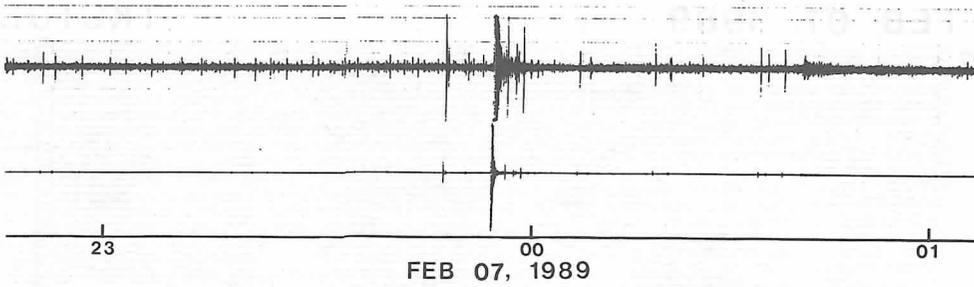


図21 (b) 1989年2月7日の噴火前後の遅送り記録 (TKC)

TOK_890207.02875 (RECORD=89/02/07 23:54:28 - 89/02/07 23:54:52)



図21 (c) 1989年2月7日の爆発地震および空振の記録

②) 1989年2月7日の噴火

23時54分に爆発地震発生，連続微動は観測されていない。爆発に先立ち，19時頃から微小低周波地震が発生し始め，次第に頻度を増しながら噴火に至った。

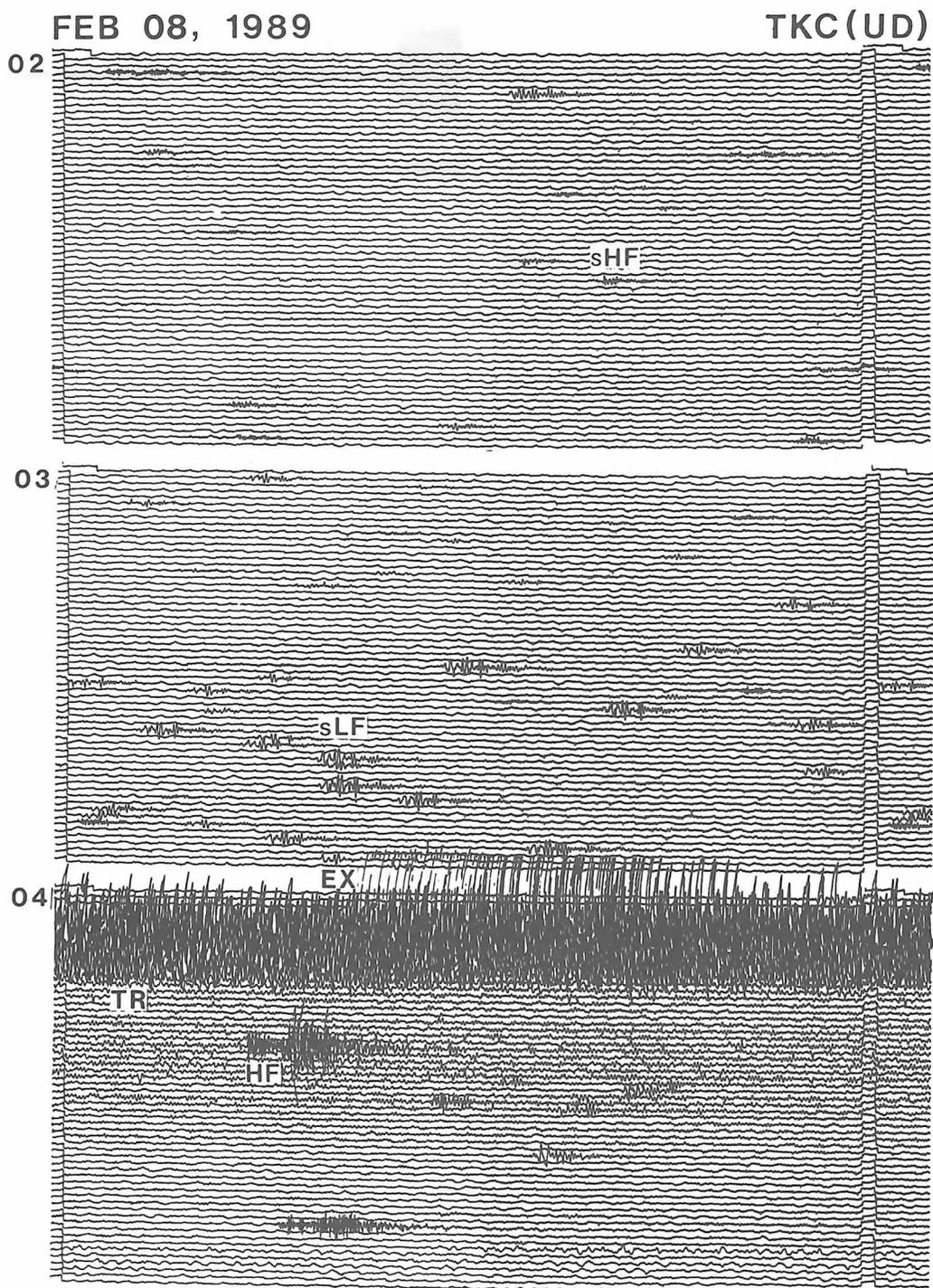


図22 (a) 1989年2月8日の噴火前後のモニター記録 (TKC)

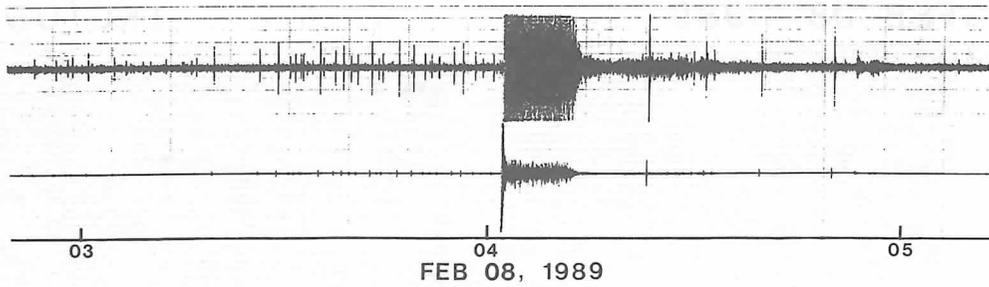


図22 (b) 1989年2月8日の噴火前後の遅送り記録 (TKC)

TOK_890208.02894 (RECORD=89/02/08 04:02:18 - 89/02/08 04:02:42)

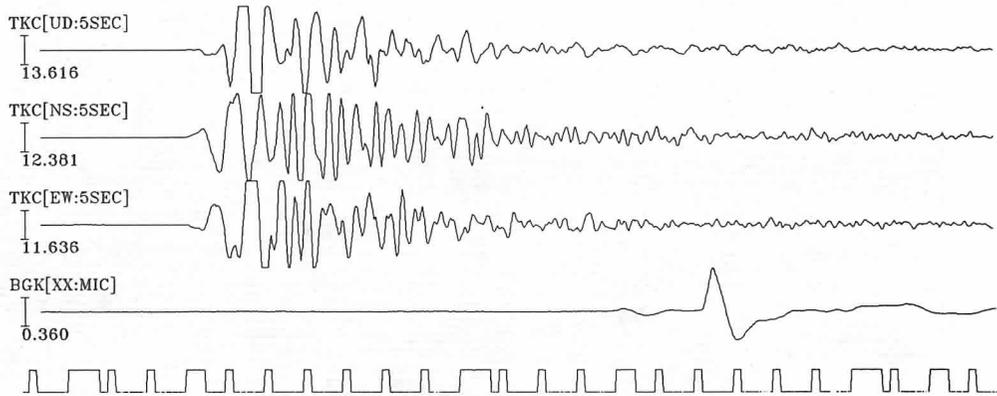


図22 (c) 1989年2月8日の爆発地震および空振の記録

(2) 1989年2月8日の噴火 (小型火砕流, 火砕サージ)

前回の爆発の約4時間後, 再び爆発地震が発生し, 引き続き約10分間顕著な微動が観測された。爆発の約3時間前から微小高周波地震群が, また約1時間前から微小低周波地震群が発生している。

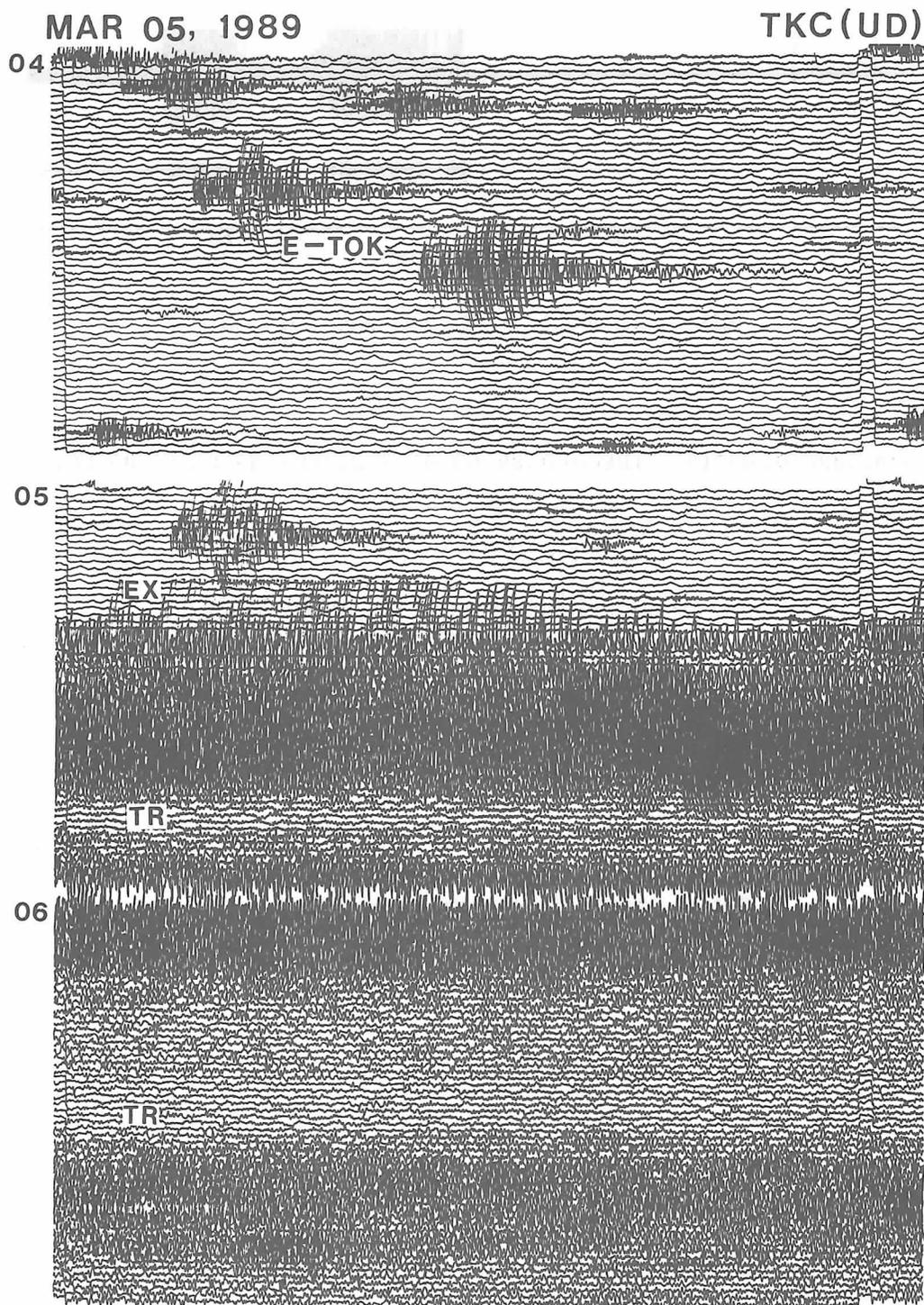


図23 (a) 1989年3月5日の噴火前後のモニター記録 (TKC)

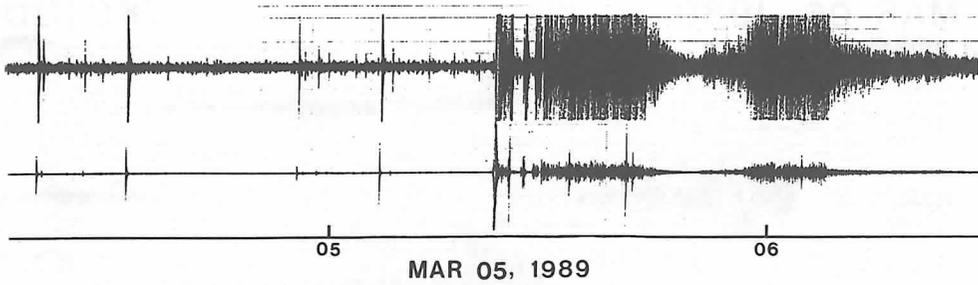


図23 (b) 1989年3月5日の噴火前後の遅送り記録 (TKC)

TOK_890305.03718 (RECORD=89/03/05 05:22:03 - 89/03/05 05:22:27)

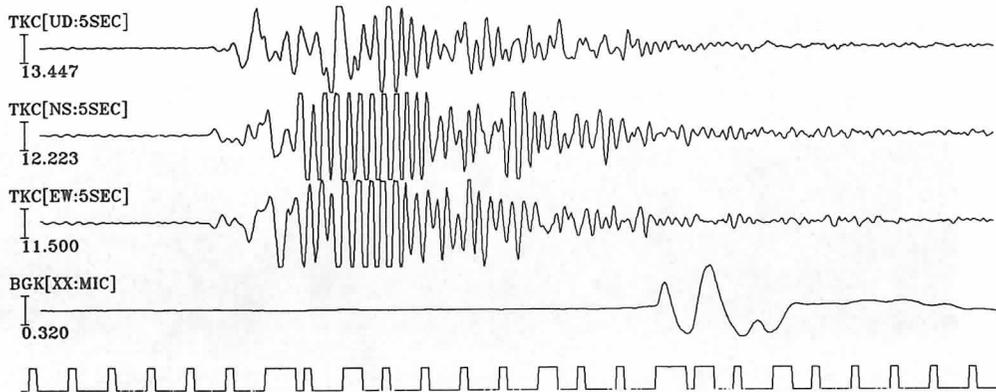


図23 (c) 1989年3月5日の爆発地震および空振の記録

(2) 1989年3月5日の噴火 (小型火砕流, 火砕サージ)

5時22分爆発地震発生, 引き続き顕著な微動が発生した。前兆現象は顕著ではなく, 爆発地震のわずか15秒前から微小低周波地震が連続的に発生したのみである。

3. ま と め

十勝岳の23回の噴火の多くは、前兆地震群の発生、爆発地震、連続微動発生という共通の基本的パターンで特徴づけられる。一方、前兆地震群や連続微動の出現様式は、個々の噴火で明瞭に異なっている。

爆発の数時間前から微小高周波地震群（sHF）が観測され、爆発直前には微小低周波地震群（sLF）が発生する事例は8回（約1/3）の噴火で確認された。なお、sHF－sLFが観測されて噴火に至らなかった例はない。一方、前兆地震群は、sLFのみ観測される場合、sLFの発生頻度が加速的に増加して爆発に至る場合などの多様性もみせている。sLF群発開始から爆発までの時間も、30分から2時間と一定ではない。また、火砕流や火砕サージ発生などの噴火現象との単純な対応関係も認められず、噴火予知問題の困難さも示す結果となった。爆発地震に引続き観測される連続微動についても、微動の振幅、継続時間、波形の特徴、および爆発地震との時間間隔は個々の噴火で様々である。一般に、激しい微動が長時間連続した場合、降灰量が多い傾向が指摘されているが、メカニズムは明らかにされていない。

謝 辞

望岳台における低周波マイクロフォンの設置は、京都大学防災研究所と共同でおこなわれた。北大理学部地震予知観測地域センターの本谷義信博士、東北大学理学部の植木貞人氏、九州大学島原地震火山観測所の清水 洋博士には噴火期間中、観測体制の維持、強化に特に協力いただいた。記して謝意を表します。

参 考 文 献

- KATSUI, Y., KAWACHI, S., KONDO, Y., IKEDA, Y., NAKAGAWA, M., GOTOH, Y., YAMAGISHI, H., YAMAZAKI, T, and SUMITA, M. (1990) The 1988–1989 Explosive Eruptions of Tokachi-dake, Central Hokkaido. submitted to Bull. Volcanol. Soc. Japan, vol. 35.
- OKADA, H., NISHIMURA, Y., MIYAMACHI, H., MORI, H. and ISHIHARA, K. (1990) Geophysical Significance of the 1988–1989 Explosive Eruptions of Mt. Tokachi, Hokkaido, Japan. submitted to Bull. Volcanol. Soc. Japan, vol. 35.