

JNC TJ7420 99-005

バイブレータ振源による弾性波探査

(核燃料サイクル開発機構 東濃地科学センター)

(契約業務報告書)

1999年3月

日鉱探開株式会社

本資料の全部又は一部を複写・複製・転載する場合は、下記にお問い合わせ下さい。

〒509-5102 岐阜県土岐市泉町定林寺 959-31

核燃料サイクル開発機構

東濃地科学センター

研究調整グループ

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to :

Coordination Group

Tono Geoscience Center

Japan Nuclear Cycle Development Institute

959-31, Jorinji, izumi-machi, Toki-shi, Gifu-ken 509-5102,

Japan

バイブレータ振源による弾性波探査

(核燃料サイクル開発機構 東濃地科学センター)

(契約業務報告書)

1999年3月

日鉱探開株式会社

1999年3月

バイブレータ振源による弾性波探査

大柳 雅 寒*・廣岡 知*・杉浦 則 清*

要 旨

本調査は、核燃料サイクル開発機構の岐阜県瑞浪市明世町月吉の正馬様洞用地内において、地下構造探査における弾性波探査の適用性評価の一環として、バイブルーティを振源とする反射法探査およびVSP探査を実施し、当用地内の堆積岩の堆積構造、基盤花崗岩体上面の起伏および同岩体内部の変質、破碎帶の分布などの地質構造を把握することを目的とする。本報告書は、これらの結果をまとめたものである。

実施した調査項目は、ミニバイブルーティ（小型バイブルーティ）を用いたP波反射法探査およびMIU-1号孔を対象としたマルチオフセットVSP探査である。

本調査の結果、以下のことが明らかにされた。

- ・反射法探査断面で土岐夾炭層上面に対応する反射波は、測点No.50以北では深度40~50mで地表面にほぼ平行している。
- ・基盤上面に対応すると推定される強反射波は、測線中央の測点No.60~70間で深度約160mと最も深く、全体に両側に向かって浅くなる。本反射波の測点No.50付近には断層の存在の可能性が指摘される。
- ・強反射波以深においては、測点No.50付近より北側では断片的な南緩傾斜する反射波が、南側では北急傾斜の反射波が100~350ms（標高約150~-550m）間に把握された。
- ・MIU-1号孔付近では、VSP記録でも反射法探査断面とほぼ同区間で反射波が把握された。ただし、個々の反射波については反射法探査断面のものと一致するものは少ないが、これはMIU-1号孔と反射法探査測線（重合測線）とが離れているためと推定される。
- ・ゼロオフセットVSP記録の比較的振幅の大きい反射波群は、一部を除いて割れ目密度が大きいゾーンに概ね対応する。
- ・透水性亀裂の存在を示唆するチューブ波は、200, 386, 542, 560, 752mの5深度に発生し、全体に各検層記録の異常部あるいは変化部に対応する。特に542mを除くチューブ波発生深度は、音波速度の変化部および割れ目密度が15本/m以上の個所によく対応している。しかし、チューブ波発生深度にはゼロオフセット記録の明瞭な反射波が必ずしも対応しない。

本報告書は、日鉱探開株式会社が核燃料サイクル開発機構との契約により実施した業務成果に関するものである。

機構担当部課室：東濃地科学センター 地層科学研究グループ

*日鉱探開株式会社

March, 1999

Seismic Survey using Controllable Vibratory Source

Masasamu Oyanagi*, Satoshi Hirooka*, Norikiyo Sugiura*

Abstract

Seismic reflection survey and multi-offset VSP survey using controllable vibratory source were carried out at Shomasamabora site of JNC in Mizunami, Gifu prefecture. The main objectives of the survey were to estimate geologic structures and to investigate altered zone and fracture zone in the granite basement.

The results are summarized as following.

(1) In reflection section, reflector will represent the upper boundary of Toki coal-bearing formation is parallel with surface at depths between 40m and 50m in the northern part from no.50.

(2) Strong reflector might be the upper boundary of basement decline to 160m in depth between no.60 and no.70, and shallow toward both sides of the survey line. A fault is possibly near no.50.

(3) Below the strong reflector, reflect events between 100msec and 350msec incline gently to south in the northern part from no.50 and steeply to north in the southern part.

(4) Reflect events of VSP section generally correspond to events of the reflection section in same depths near MIU-1.

(5) Strong reflect events in zero-offset VSP section will almost correspond to the fracture zone.

(6) The depth which tube waves point to fissure zone generate are 200m, 386m, 542m, 560m, and 752m, and nearly coincide with anomalous parts or transition parts in logging records.

This work performed by Nikko Exploration Development Co., Ltd. Under contract with Japan Nuclear Cycle Development Institute.

JNC Liaison : JNC Tono Geoscience Center, Geoscience Research Execution Group

* Nikko Exploration Development Co., Ltd.

目 次

1.はじめに	1
1.1 調査目的	1
1.2 調査位置	1
1.3 調査期間	1
1.4 調査手法	1
1.5 調査数量	1
1.6 調査員	1
2.反射法探査	4
2.1 データ取得	4
2.1.1 測定原理	4
2.1.2 測定方法	4
2.1.3 測定機器	11
2.2 データ処理	11
2.3 調査結果	27
3.VSP探査	40
3.1 データ取得	40
3.1.1 測定原理	40
3.1.2 測定方法	40
3.1.3 測定機器	42
3.2 データ処理	42
3.3 調査結果	57
4.総合解析	63
5.おわりに	77

図表一覧

図 1-1 調査位置図 (1:25,000)	2
図 2-1 調査測線図 (1:2,500)	5
図 2-2 発振周波数テスト	7
図 2-3 受振器配置図	9
図 2-4 固定展開概念図	10
図 2-5 反射法探査測定概念図	10
図 2-6 オリジナル・ショット記録	13
図 2-7 反射法探査データ処理流れ図	15
図 2-8 デコンボリューションテスト	17
図 2-9 帯域通過フィルタテスト	21
図 2-10 速度解析例 (定速度重合法)	23
図 2-11 水平重合法概念図	26
図 2-12 マイグレーション概念図	26
図 2-13 時間断面図 (マイグレーション前、横スケール 1:2,500)	29
図 2-14 深度断面図 (マイグレーション前、縦スケール 1:5,000, 横スケール 1:2,500)	31
図 2-15 マイグレーション時間断面図 (横スケール 1:2,500)	33
図 2-16 マイグレーション深度断面図 (縦スケール 1:5,000, 横スケール 1:2,500)	35
図 2-17 カラー表示マイグレーション深度断面図 (縦スケール 1:5,000, 横スケール 1:2,500)	37
図 3-1 VSP 探査概念図	41
図 3-2 VSP 探査データ処理流れ図	43
図 3-3 オフセット VSP データ処理概念図	45
図 3-4 オリジナル波形 (ゼロオフセット、ノッチフィルタ 60Hz)	46
図 3-5 帯域通過フィルタ (ゼロオフセット、F-K フィルタ)	47
図 3-6 下方進行波 (ゼロオフセット)	48
図 3-7 上方進行波 (ゼロオフセット)	49
図 3-8 タイムシフト (ゼロオフセット)	50
図 3-9 メディアンフィルタ (ゼロオフセット)	51
図 3-10 オリジナル波形 (オフセット VSP-1、ノッチフィルタ 60Hz)	52
図 3-11 帯域通過フィルタ (オフセット VSP-1、F-K フィルタ)	53
図 3-12 下方進行波 (オフセット VSP-1)	54
図 3-13 上方進行波 (オフセット VSP-1)	55
図 3-14 周波数スペクトル (ゼロオフセット)	56
図 3-15 走時曲線図	58

図 3-16 深度一振幅関係図	59
図 3-17 V S P記録	61
図 4-1 V S P記録(ゼロオフセット)と孔井データの対比	65
図 4-2 反射法探査時間断面とV S P記録(ゼロオフセット)の対比(1:2,500)	67
図 4-3 反射法探査時間断面とV S P記録(オフセットVSP1,8)の対比(1:2,500)	69
図 4-4 反射法探査時間断面とV S P記録(オフセットVSP4,6)の対比(1:2,500)	71
図 4-5 反射法探査深度断面と孔井データの対比(1:2,500)	75
表 1-1 調査数量表	1
表 2-1 反射法探査仕様一覧表	9
表 2-2 反射法探査使用機器一覧表	11
表 2-3 反射法探査データ処理仕様	39
表 3-1 V S P探査仕様一覧表	40
表 3-2 V S P探査発振点座標	41
表 3-3 V S P探査使用機器一覧表	42
表 3-4 V S P探査データ処理仕様	57

卷末資料

1. 反射法探査測定記録
2. 反射法探査測量成果
3. V S P探査測定記録
4. 調査写真

別添資料

1. 探査データ(MOディスク)
(観測記録および処理後の記録)
2. 測量データ(フロッピーディスク)

1. はじめに

1.1 調査目的

本調査は、地下構造探査における弾性波探査の適用性評価の一環として、バイブレータを振源とした反射法探査およびVSP探査を実施して、正馬様洞用地内の堆積岩の堆積構造、基盤花崗岩体上面の起伏および同岩体内部の変質、破碎帶の分布などの地質構造を把握することを目的とする。

1.2 調査位置

岐阜県瑞浪市明世町月吉 核燃料サイクル開発機構 正馬様洞用地内（図1-1参照）

1.3 調査期間

データ取得 : 平成11年1月31日～平成11年2月11日

データ処理・解析 : 平成11年2月12日～平成11年2月26日

総合解析・報告書作成 : 平成11年2月24日～平成11年3月15日

1.4 調査手法

ミニバイブ振源（小型バイブルータ）を用いたP波反射法探査

およびMIU-1号孔を対象としたマルチオフセットVSP探査

1.5 調査数量

調査数量は表1-1のとおりである。

表1-1 調査数量表

反射法探査	測線長 受振点数 発振点数	660m 132点（測点No.1～132） 129点（測点No.4～132）
VSP探査	発振個所 測定範囲（深度）	8個所 MIU-1号孔 20～800m以上
総合解析・報告書作成	一式	

1.6 調査員

データ取得 大柳 雅宏

杉浦 則清

佐藤 良

大谷 信一

斎田 俊実



図 1-1 調査位置図

0 500 1000m

赤井 智
廣岡 知
大柳 雅寒
杉浦 則清
データ処理・解析
総合解析・報告書作成
大柳 雅寒
廣岡 知
杉浦 則清

2. 反射法探査

2.1 データ取得

2.1.1 測定原理

弾性波探査は、地表あるいは地表付近で振動（弾性波）を人工的に発生させ、その地下からの応答（地震記録）を測定して地下構造を推定する手法である。人工的に発振された弾性波は、地下の弹性的性質の異なる境界面（地層境界など）に達すると、その振動エネルギーの大半は屈折波として下位の地層へ進行するが、一部は上方へ反射して地表に返ってくる。この波を地表に配列展開した受振器によってとらえ、弾性波の到達時間や振動エネルギーの減衰の状況などから地下構造を推定する。このうち地表の受振器に初めて到達する弾性波を用いて解析するものは屈折法弾性波探査と呼ばれ、反射波を利用する方法が反射法弾性波探査である。

2.1.2 測定方法

(1) 測量

反射法弾性波探査に先立って、全測点（受振点・発振点）の水準測量およびトラバース測量を実施した。なお、水準測量の基準点として、測点 No. 84 付近の水準点 No. 2（標高 223.9721m）を使用した（図 2-1 参照）。

(2) テスト

本調査に用いる発振周波数帯域について検討するため、測定に先立って、測点 No. 132 を発振点、測点 No. 16～132 を受振点として、10～150Hz, 20～150Hz, 20～200Hz の周波数帯域のテストを実施した（図 2-2 参照）。その結果、周波数帯域 10～150Hz は他 2 者に比べ深部で低周波ノイズが卓越する。周波数帯域 20～150Hz と 20～200Hz で大きな違いは認められないが、初動と表面波間に反射波と推定される信号（例えば、測点 No. 16～40、0.35ms 付近）は前者の方が若干明瞭である。以上のことから、本調査での発振周波数帯域は 20～150Hz が適していると判断した。

(3) 測定

テストの結果も含め、表 2-1 に示す仕様で測定を実施した。

測定手順は以下のとおりである。

図 2-3 の受振器配置図に示すように、あらかじめ受振器を各測点ごとに設置し、本線ケーブル（CDP ケーブル）に接続する（受振器 6 個／点）。

本測線の測線長は 1 回の受振範囲（約 600m）よりやや長い程度であることから、固定展開を行った。なお、固定展開とは、発振点が移動しても受振範囲が移動しない展開方法のことである。図 2-4 に固定展開の概念図を示す。×印点において発振する場合、各受振点で受けた信号は CDP ケーブルにより観測車内の探鉱機へ送られる。探鉱機では各スウ

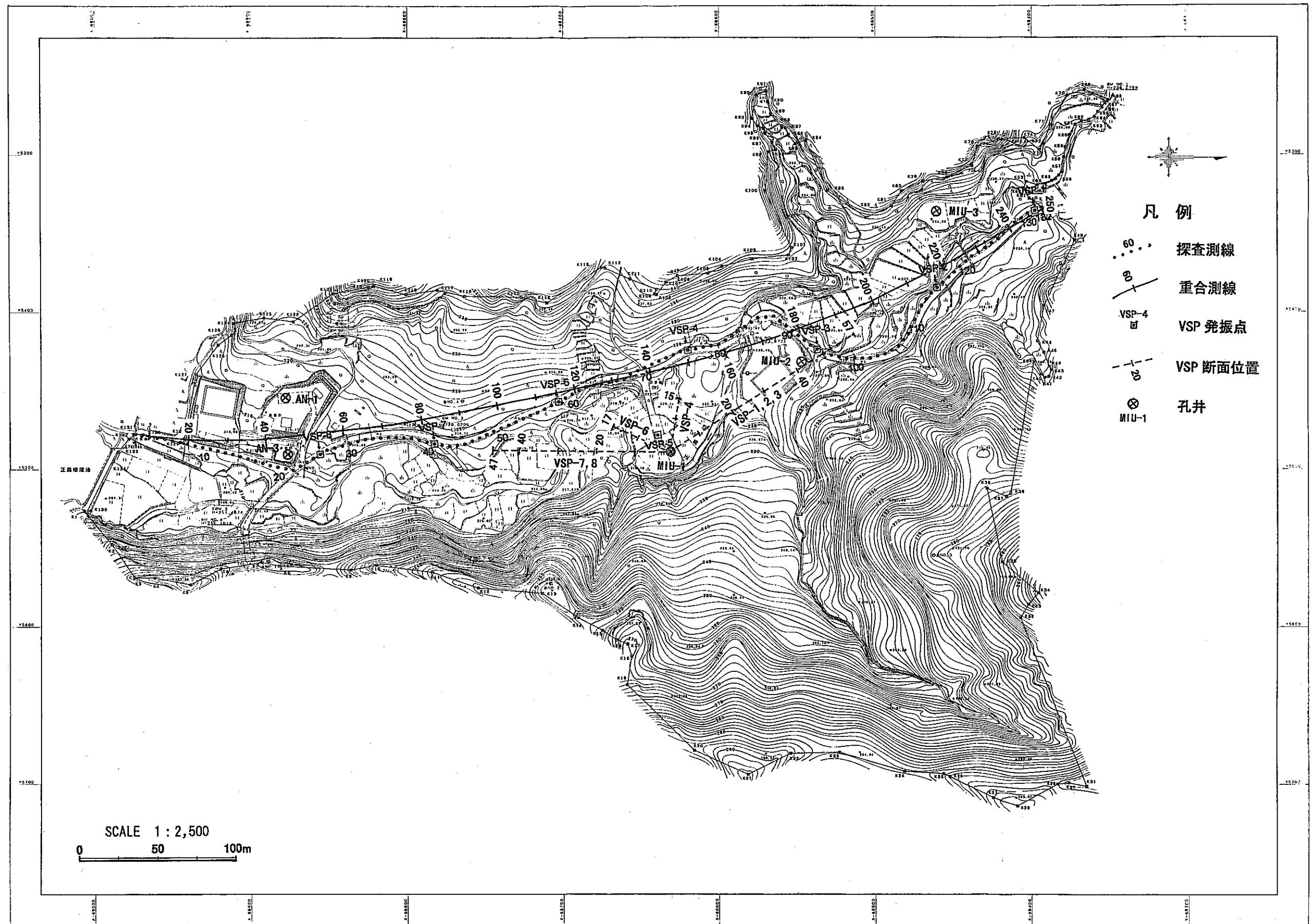
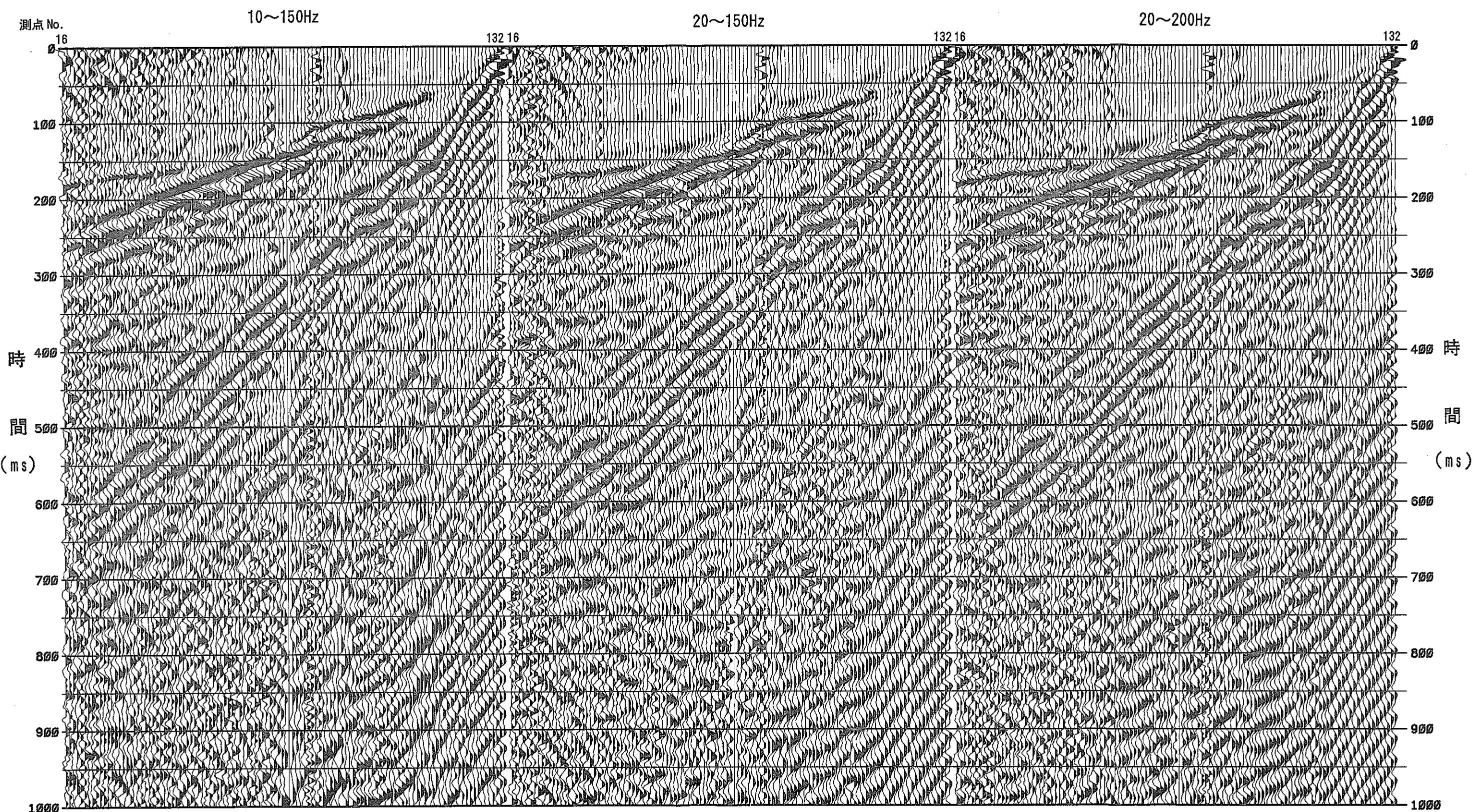


図 2-1 調査測線図



発振点：測点No.132, 受振点：測点No.16～132, AGC : 300 ms

図 2-2 発振周波数テスト

表 2-1 反射法探査仕様一覧表

項 目	測 定 仕 様
主要探査対象深度	地表から深さ 1,000 m 程度
受振点間隔	5 m
受振器グルーピング	1 m × 6 個/点(5 m)
発振点間隔	5 m
垂直重合数(回/点)	4～8回
発振周波数	20～150 Hz
スワイープ長	10 秒
記録長	2 秒
サンプリング間隔	1 ミリ秒
ファイルタ	ローカット, ハイカット : out
記録チャネル数	118 チャンネル
CDP(水平)重合数	標準 59 重合
展開方法	固定展開

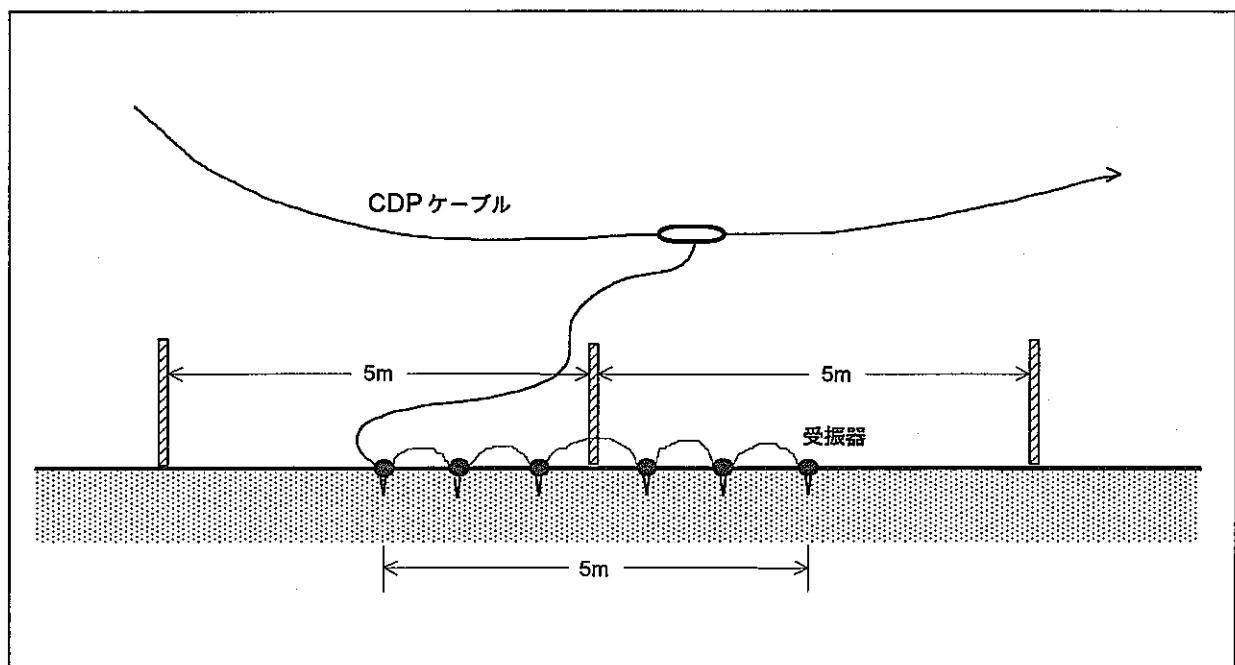


図 2-3 受振器配置図

イープごとにパイロット信号との相互相関を行い、更に各測点ごとに4～8回の垂直重合を行った後、モニター記録をチェックし、記録がよければ探鉱機内のハードディスクに書き込む。

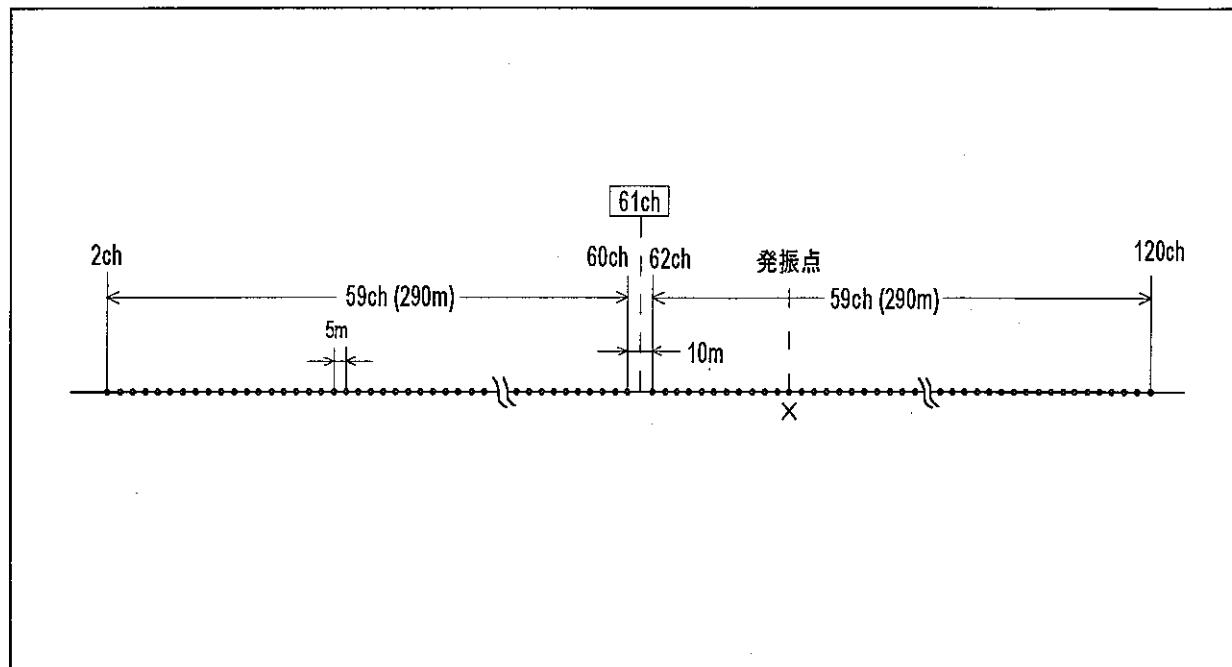


図 2-4 固定展開概念図

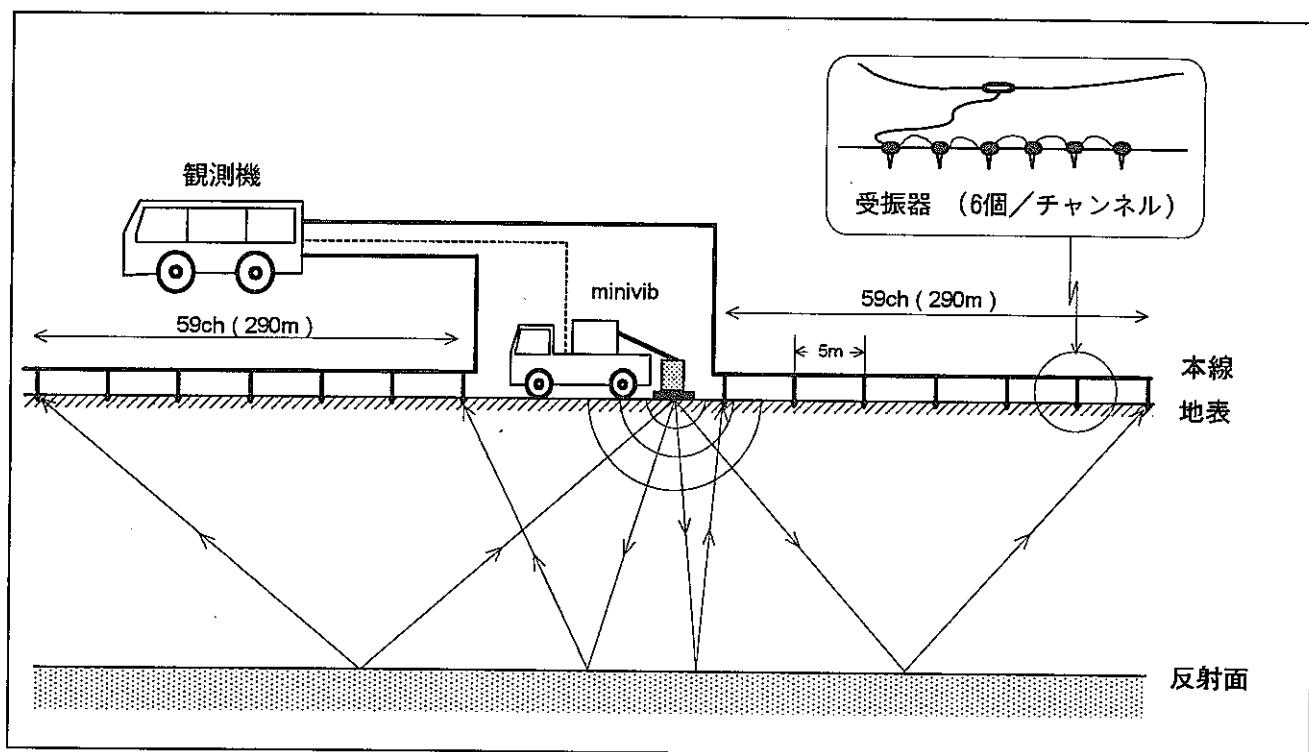


図 2-5 反射法探査測定概念図

その測点での測定が終了すると振源は次の点に移動して同様の発振を行う。受振範囲は、発振点 No. 132～73 の測定では測点 No. 132～16、発振点 No. 72～4 の測定では測点 No. 119～1 である。

このような測定方法は共通反射点水平重合法と呼ばれる。一般的な反射法探査の概念図を図 2-5 に示す。

オリジナル・ショット記録例を図 2-6 に示す。

2.1.3 測定機器

反射法探査に使用した機器は、表 2-2 に示すとおりである。

表 2-2 反射法探査使用機器一覧表

名 称		仕 様	製 造 元
探 鉱 機	StrataView R120	チャンネル数：60ch×2台 サンプリング間隔：0.032～2.0ms A/D 変換：24 ビット 周波数帯域：2～14000Hz プリアンプ：36dB ダイナミックレンジ：110dB 以上 ハードディスク：1 GB	Geometrics 社, USA
振 源	minivib T-2500	最大起震力：13000N 以上 ベースプレート外径：70cm	IVI 社, USA
受 振 器	UM-2	固有周波数：10Hz、6 個グループ	Mark Products 社, USA
ケーブル	CDP	チャンネル数：60ch	Mark Products 社, USA

ミニバイブ：

ミニバイブ(minivib) は、サーボ機構により制御されるバイブルレータ型の起振機であり、周波数 10～550Hz の振動を発生させることができる。スウェープ時間内に線形あるいは任意のスウェープパターンを設定できる。振動部を水平に取り付けると、S 波振源として使用できる。

2.2 データ処理

データ処理の目的は、記録された波形を処理して、地下構造を表わす断面を作ることである。本調査のデータ処理手順を図 2-7 に示し、その概略を以下に説明する。

なお、本処理には反射法探査データ処理ソフト ProMAX を用いている。

(1) 前 处 理

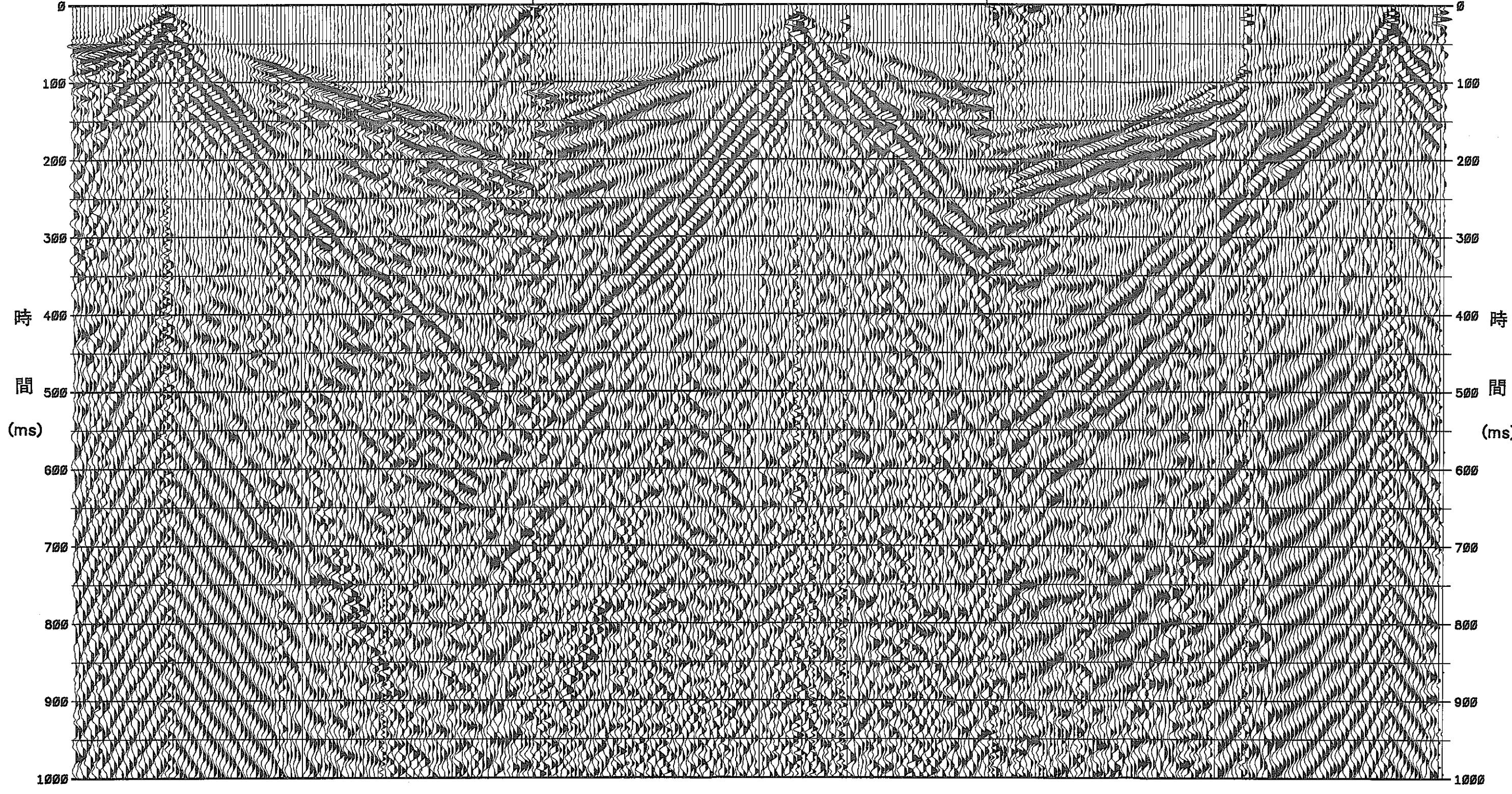
(a) データの転送と編集

測定点 No. 25

測定点 No. 70

測定点 No. 120

25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	70	70	70	70	70	70	70	70	120	120	120	120	120	120	120	ch No.												
ch No.	2	12	22	32	42	52	62	72	82	92	102	112	3	13	23	33	43	53	63	73	83	93	103	113	4	14	24	34	44	54	64	74	84	94	104	114	ch No.



AGC:300ms

図2-6 オリジナル・ショット記録

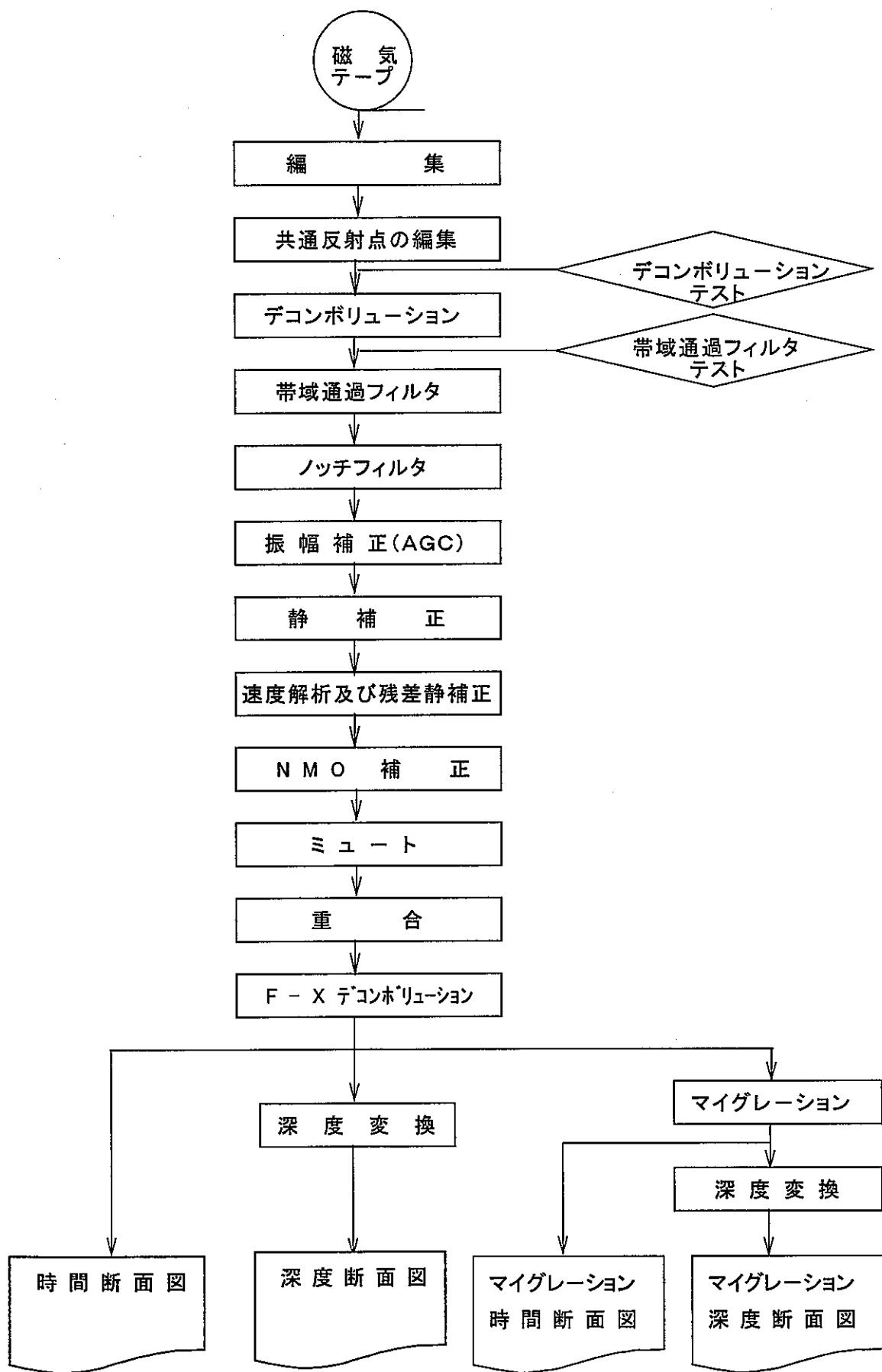


図 2-7 反射法探査データ処理流れ図

8mm 磁気テープから処理装置 (SUN Sparc20) にデータを転送し、不必要的トレースを取り除く。

(b) 共通反射点編集

発振点・受振点の組み合わせと、測量によって得られた各座標を用いて、各トレースの CDP の位置を計算し、ショット記録を共通反射点記録に編集する。今回のように屈曲した測線においては反射点が 2 次元的に分布するので、分布する反射点の平均的な位置に仮想の測線（重合測線）を設定し、ばらついた反射点をあたかもその測線上で反射しているように集める。重合測線の位置は図 2-1 に示す。

(2) 重合前フィルタ

重合前には、できるだけ反射波を強振幅かつインパルスに近い波形に変換し、反射波の周波数帯域以外のノイズを弱めたり除去したりするために、デコンボリューション・フィルタや帯域通過フィルタが適用される。

(a) デコンボリューション・フィルタ

このフィルタは振源波形、地層特性など反射記録に、コンボリューションの関係で含まれている基本波形をインパルスに短縮するフィルタの一種である。入力波形は以下の条件を有すると仮定する。

- ・反射係数時系列は無規則（ランダム）で定常である。
- ・基本波形（基本ウェーブレット）は最小位相型である。

一般に、反射記録は反射係数時系列に基本波形がコンボリューションされたものと考えられる。基本波形が既知であれば、これをインパルスに変換するフィルタ（これを逆フィルタと呼ぶ）は正確に設計できる。しかし、反射記録の性質上基本波形を正確に知ることは非常に困難であるため、デコンボリューション・フィルタでは、上記最小位相型の仮定を設けることにより統計的に処理されている。

デコンボリューション・フィルタの具体的な効果は以下のとおりである。

- A. 様々な周波数成分をもつ間延びした反射波を、インパルスに近い（高周波かつ分解能の高い）波に変換する。
- B. 主として浅部の影響による重複反射波を除去または弱め、独立した反射波に変換する。

本測定の記録が比較的高周波であることを考慮して、本処理ではスパイキング・デコンボリューション・フィルタを適用することとした（図 2-8 参照）。

(b) 帯域通過フィルタ

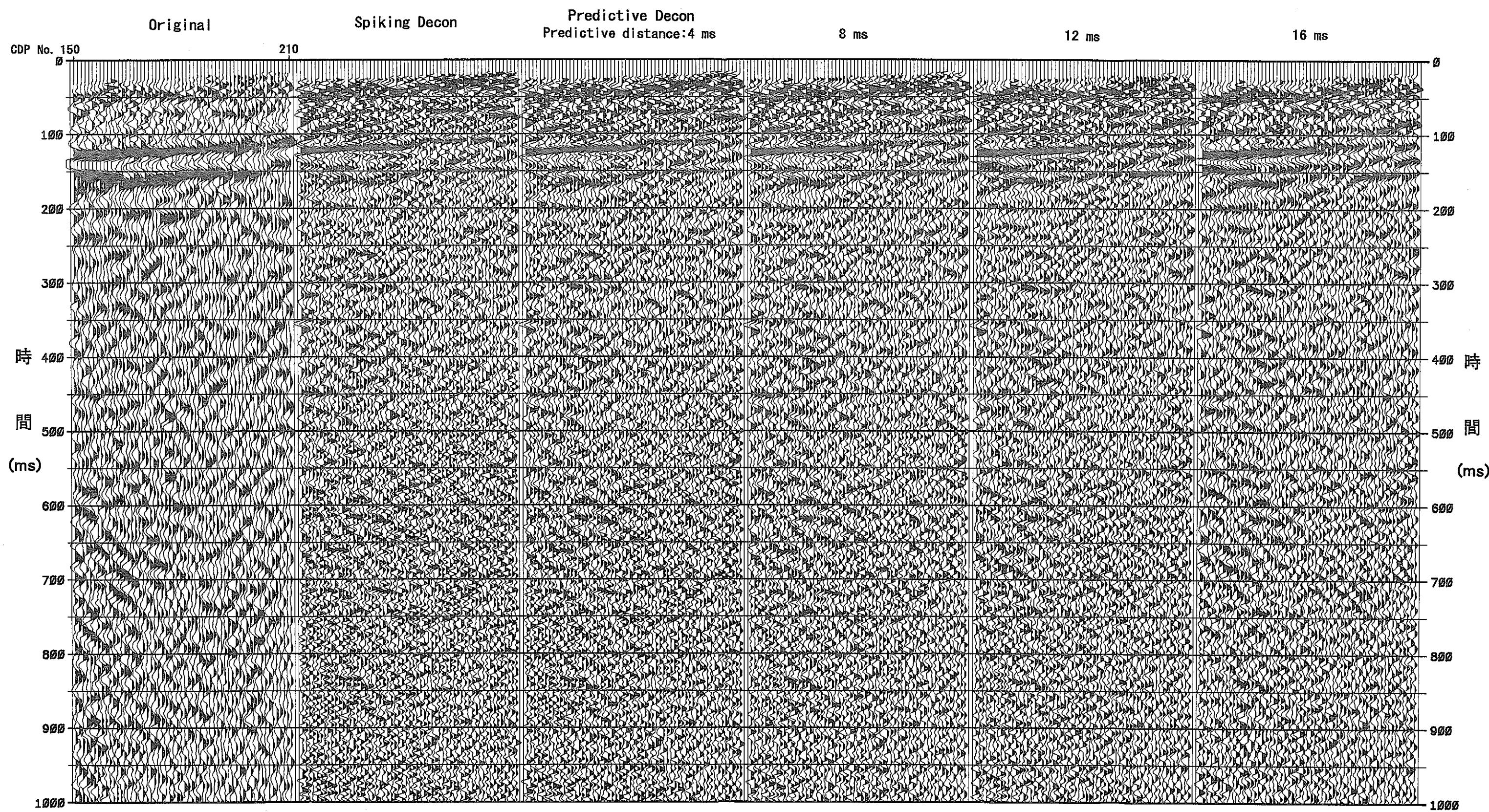


図 2-8 デコンボリューションテスト

信号である反射波とノイズである他の波との周波数帯域が異なっている場合には、反射波の帯域のみを通す帯域通過フィルタをかけることにより、S/N比の向上が期待できる。具体的には、周波数領域でフィルタを設計し、それをフーリエ変換して時間領域のフィルタ・オペレータを求め、反射記録にコンボリューションする。本処理における帯域通過フィルタテストを図2-9に示す。周波数帯域が5/10 - 50/70Hz、10/20 - 60/80Hzでは低周波ノイズが卓越し、一方、30/40 - 100/120Hz、40/50 - 120/150Hzでは高周波ノイズが卓越する。その中間の20/30 - 80/100Hzと20/30 - 100/120Hzでは、後者の方が浅部の反射波の連続性がよい。したがって、本処理における帯域通過フィルタとして20/30 - 100/120Hzを適用することとした。

(3) 静補正

発振点および受振点の標高差、表層付近での弾性波の速度差による反射波の遅速、表層の厚さの変化による反射波の遅速などを補正する（前者は標高（地形）補正、後二者は表層（風化層）補正と呼ばれる。）。これを実施しない場合には構造解釈に誤りをおかしたり、水平重合法において反射波そのものを破壊することがある。

具体的には、各発振点・受振点の標高の移動平均したものを仮想の基準面とし、あたかもその仮想基準面上で測定が行われたかのように各発振点、各受振点の記録を上下する。

表層（風化層）補正は、反射記録の初動から屈折法的解析を行って求められる。

(4) 速度解析

CDP重合に用いる重合速度分布を求める処理である。具体的には、様々な重合速度でNMO補正、水平重合を施し、そのうち反射波の振幅強度が最大となったときの速度が最適な重合速度として採用され、そしてこのような最適な重合速度を時間の関数として選んでいくものである。速度解析は、測線に沿ったある間隔で行われ、その間の速度は内挿により求められる。ここで求める速度は重合速度と呼ばれ、水平多層構造を仮定した場合は RMS速度に近似的に一致する。速度解析の方法としては、定速度走査法と定速度重合法があり、本処理では両者を用いた。定速度重合法による速度解析例を図2-10に示す。

なお、速度解析を行った位置および速度情報は時間断面図の上欄に記載している。

(5) NMO補正およびCDP重合

CDPアンサンブル（各CDP（発振点-受振点の中点）ごとに応するトレースを集めたもの）に対して発振点・受振点間距離の違いによる反射波の到達時間（走時）の遅れを補正し、発振点と受振点が同一位置にある場合（ゼロオフセット）の走時に合わせる操作がNMO補正である。NMO補正を行うにはあらかじめ地下の速度分布を設定する必要があり、通常は速度解析により得られた速度分布を用いる。このNMO補正後のCDPアンサンブルを足し合わせて、反射波を強調する操作が水平重合（CDP重合）である。

**この頁は PDF 化されていません。
内容の閲覧が必要な場合は、技術資料管理
担当箇所で原本冊子を参照して下さい。**

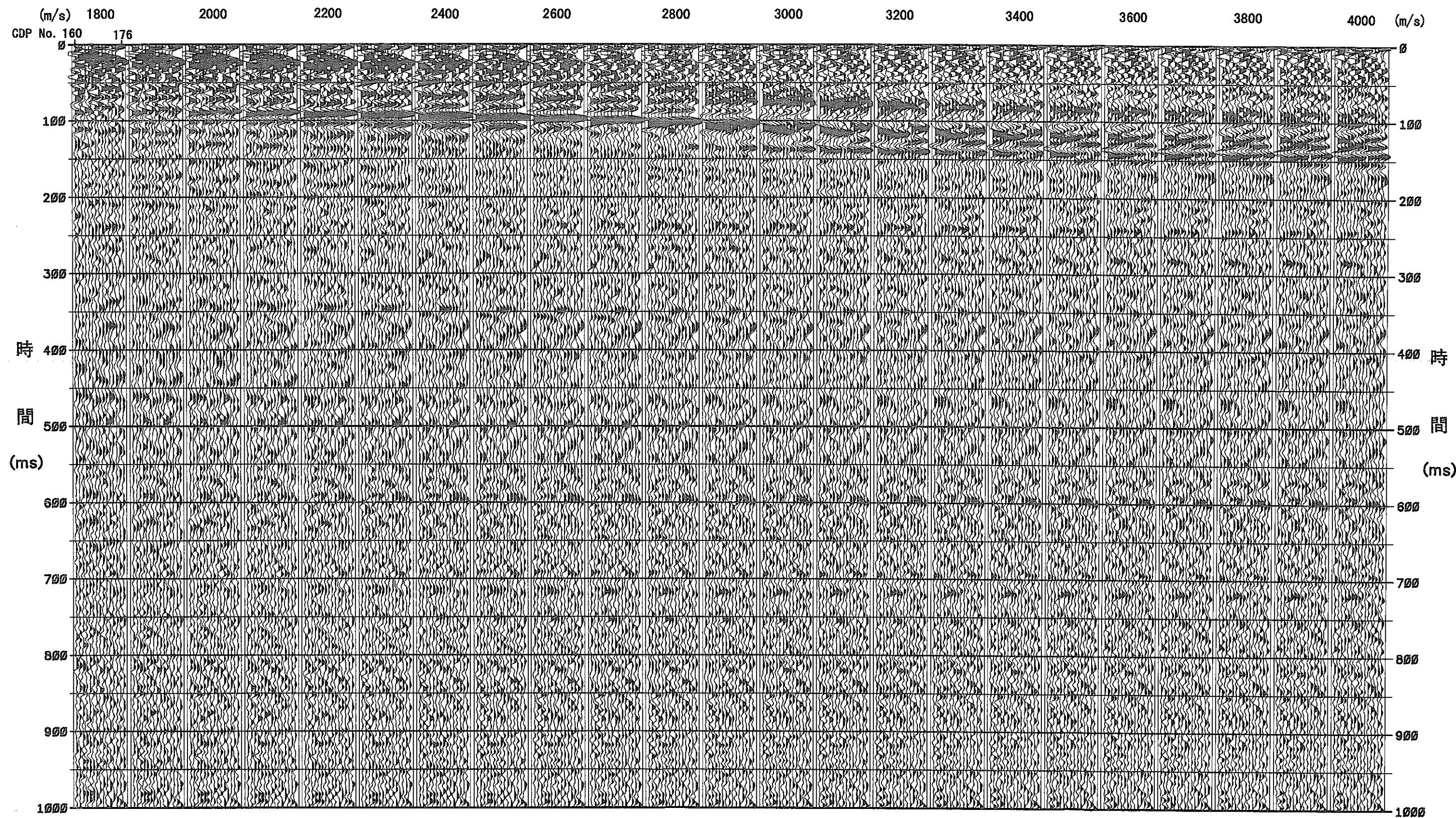


図 2-10 速度解析例（定速度重合法）

図 2-11 は、6重合の場合のNMO補正と、CDP重合（水平重合）処理の概念図である。共通反射点Pでは、A-P-a, B-P-b, C-P-c, D-P-d, E-P-e およびF-P-f の各々異なる経路をもつ反射記録(i)が得られる。P点からの反射波の走時は、水平距離Xの増加とともに遅くなっている。次に速度解析で得られた速度を用いてp-P-p経路の仮想の記録に合わせる（NMO補正）と、P点からの反射波はいずれの経路のものもほぼ同じ走時の記録(ii)が得られる。さらにこれらを足し合わせる（水平重合）と、ランダムなノイズや反射波以外の波は打ち消しあって相対的に弱くなり、逆にP点からの反射波は加算されて反射波が強調された記録(iii)が得られる。

(6) 残差静補正

高度補正や表層補正を施した後でも、初動屈折波と反射波の経路の違いによる時間の不規則性や、表層補正で行う2層構造仮定を採用したことによる局地的な速度の異常に起因するものは完全には補正されず、CDPアンサンブル内での同一反射の到達時間は一定ではないのが普通である。水平重合反射法弹性波探査においては、最適なCDPアンサンブル群が得られるように統計的処理を施してこの時間差を補正し、各発振点および受振点における2次補正值を求める。

(7) 重合後フィルタ

重合後のフィルタとしては、重合断面をより地下構造を反映した断面にすることを目的に用いられ、通常、帯域通過フィルタ、F-Kフィルタ、デコンボリューション・フィルタなどが使用される。本処理では重合後のフィルタとしてF-Xデコンボリューション・フィルタを適用した。

(8) マイグレーション

傾斜した地層から反射した波は各トレースの直下に表示されるため、重合記録上の反射面の傾斜や位置は地下の実際の反射面とは異なってくる。記録上での見かけの傾斜や位置を移動させて、真の傾斜および位置に復元することをマイグレーション処理という（図 2-12 参照）。マイグレーションの方法としては、現在波動方程式マイグレーションが最も一般的で、計算手法により差分法、F-K法などがある。

本処理では、地下の速度分布が不明確な場合やノイズの多い時に有効な差分法を採用した。マイグレーションに使用する速度としては、通常水平多層構造の場合には重合速度そのまま用いるが、本地域のように非常に高速度かつ反射波が傾斜している場合に重合速度をそのまま用いるとオーバーマイグレーションの可能性が出てくる。本処理では、使用した速度分布として、平均的な重合速度の50%の速度を用いた。

(9) 深度変換

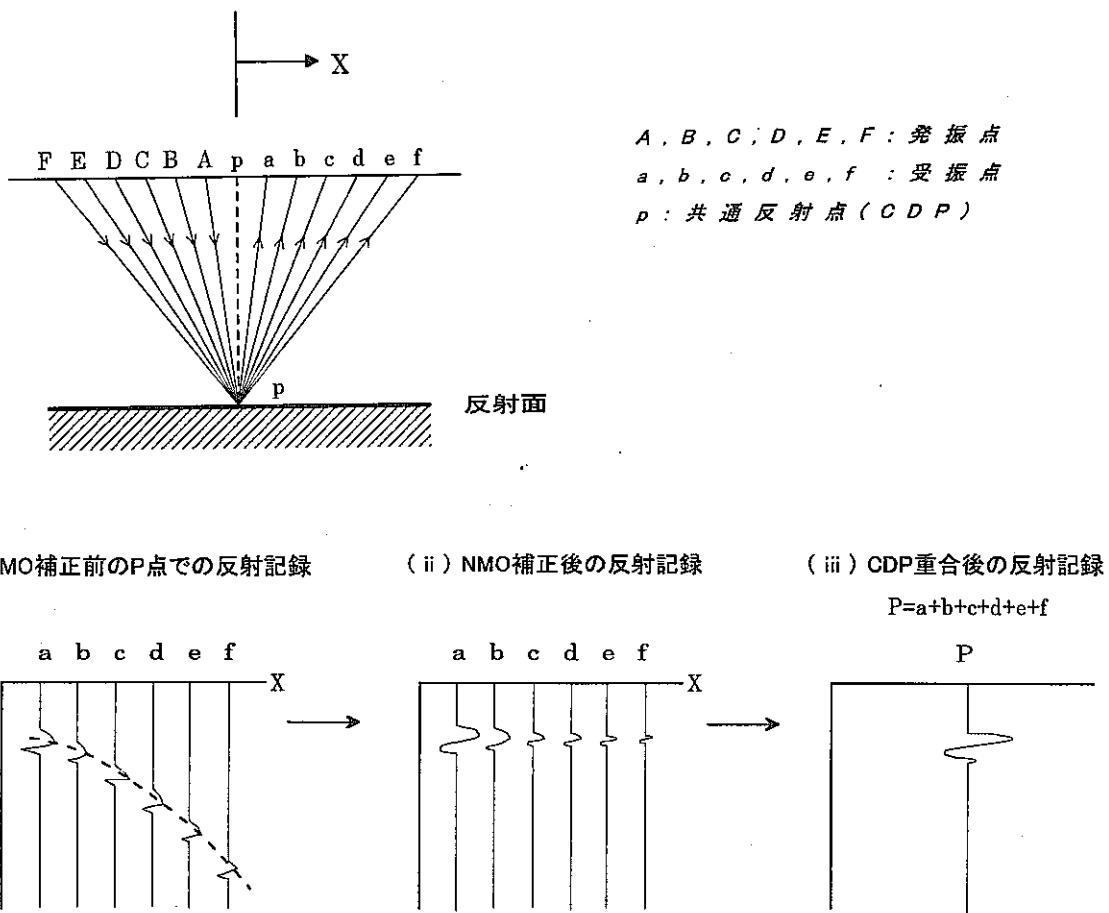


図 2-11 水平重合法概念図

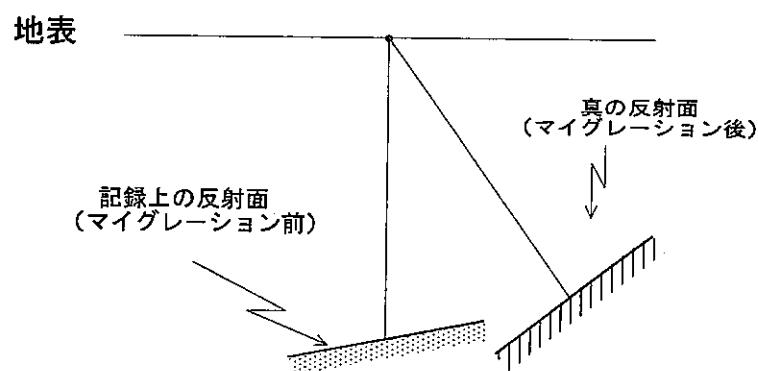


図 2-12 マイグレーション概念図

一般に速度解析により求められた速度は、反射波が明瞭で水平多層構造を呈している場合は精度よく求まるが、今回のように浅部を除いて反射波が傾斜し、かつ明瞭でない場合は、速度解析により求められた速度の精度はよくない。このため本処理では、深度への変換に際して、ゼロオフセット V S P 探査で得られた走時曲線図をも参考にした。つまり、地表～基盤上面付近間では表層補正時に得られた区間速度を用いたが、それ以深の基盤内では VSP 走時曲線より求められた速度分布を使用した。

(10) 断面図作成

以上の処理を施したマイグレーション前の時間断面図、深度断面図（図 2-13、図 2-14）、マイグレーション後の時間断面図、深度断面図およびカラー表示深度断面図（2-15、図 2-16 および図 2-17）を作成した。なお、時間断面図は標高 250m を 0 秒としている。

反射法および V S P 探査とも受振信号と相互関係を行う発振側のパイロット信号は、ベースプレートの加速度計からのものを使用している。一方、受振側としては、反射法探査では速度型の受振器、V S P 探査では加速度型のハイドロフォンを使用している。従って反射法探査と V S P 探査の記録には 90 度の位相差がある。このため、上記断面図 2-13～図 2-17 の作成前に波形を 90 度シフトさせている。

また、データ処理は測定記録長の 2000ms まで行っているが、断面図作成に際しては、時間断面図は 0～1000ms、深度断面図は標高 250～-750m までを表示している。

本データ処理に用いられたパラメータをまとめて、表 2-3 に示す。

2.3 調査結果

調査結果について図 2-13 のマイグレーション前の時間断面図を用いて以下に説明する。

強振幅で連続性のよい反射波が、測点 No. 45 付近より南側では 80ms 付近に、測点 No. 60 ～No. 70 間では 130ms 付近に、測点 No. 70 より北側では 120～100ms に把握され、一連のものと考えられる。

この強振幅の反射波以浅については、測点 No. 50 以北で地表にほぼ平行に連続する反射波が認められる。測点 No. 50 以南では不明瞭である。

強振幅の反射波以深については、測点 No. 50 付近より南側では 300ms 付近までやや連続する北へ急傾斜の反射波が、一方、測点 No. 50 付近より北側では 350ms 付近まで断片的で南へ緩傾斜の反射波が認められる。なお、400ms 以深の低周波数の波はノイズと推定される。

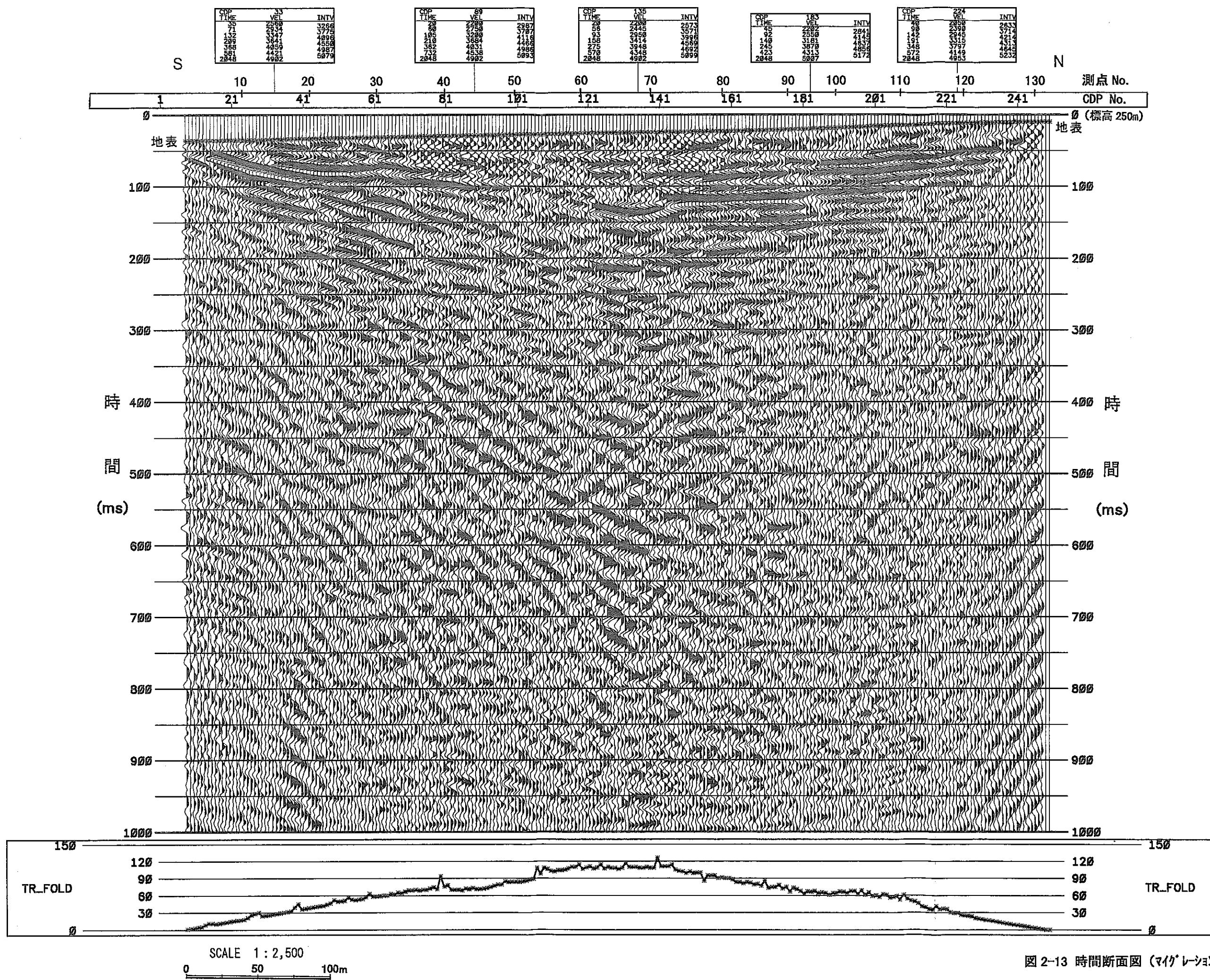


図 2-13 時間断面図（マイク・レーション前）

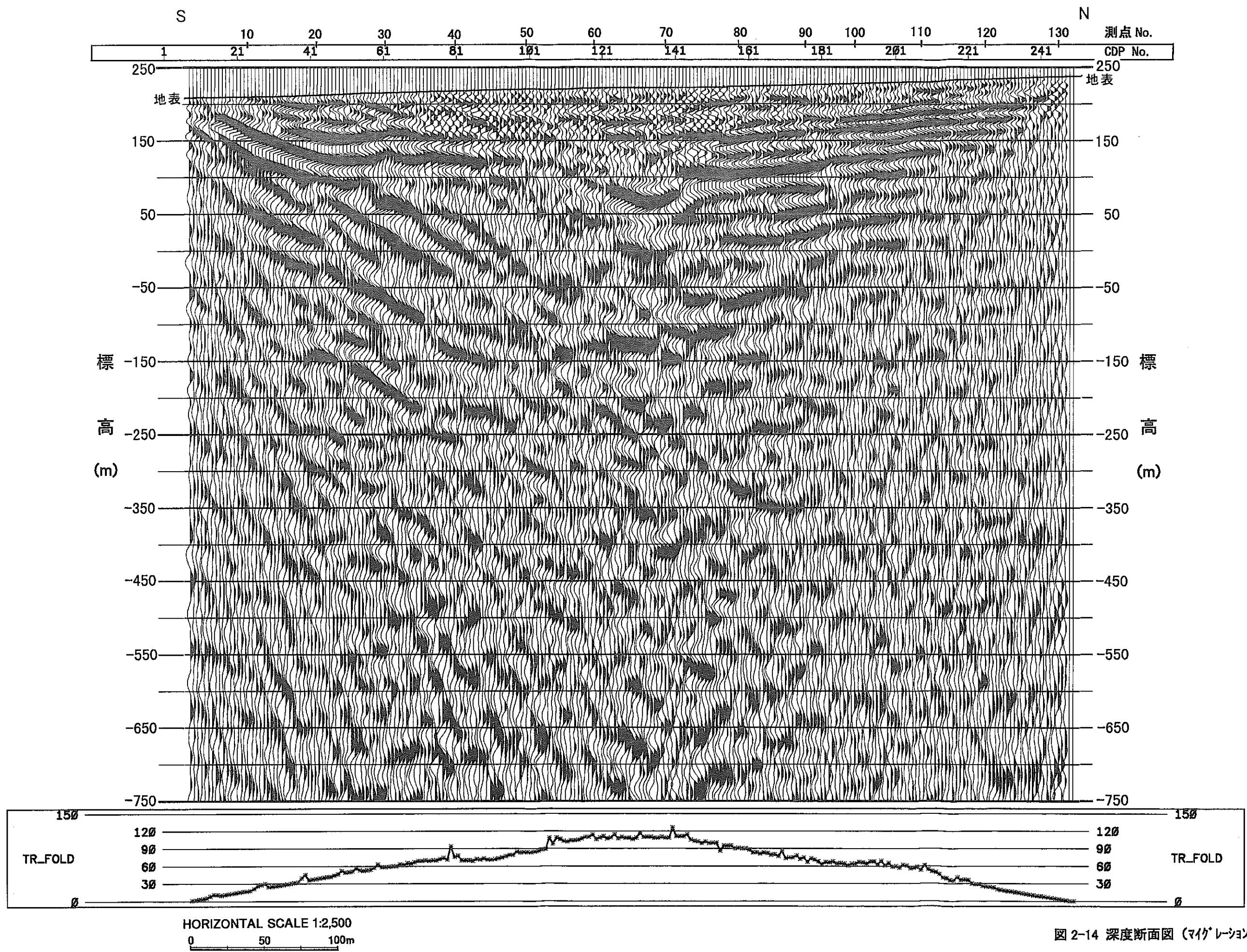


図 2-14 深度断面図（マイクレーション前）

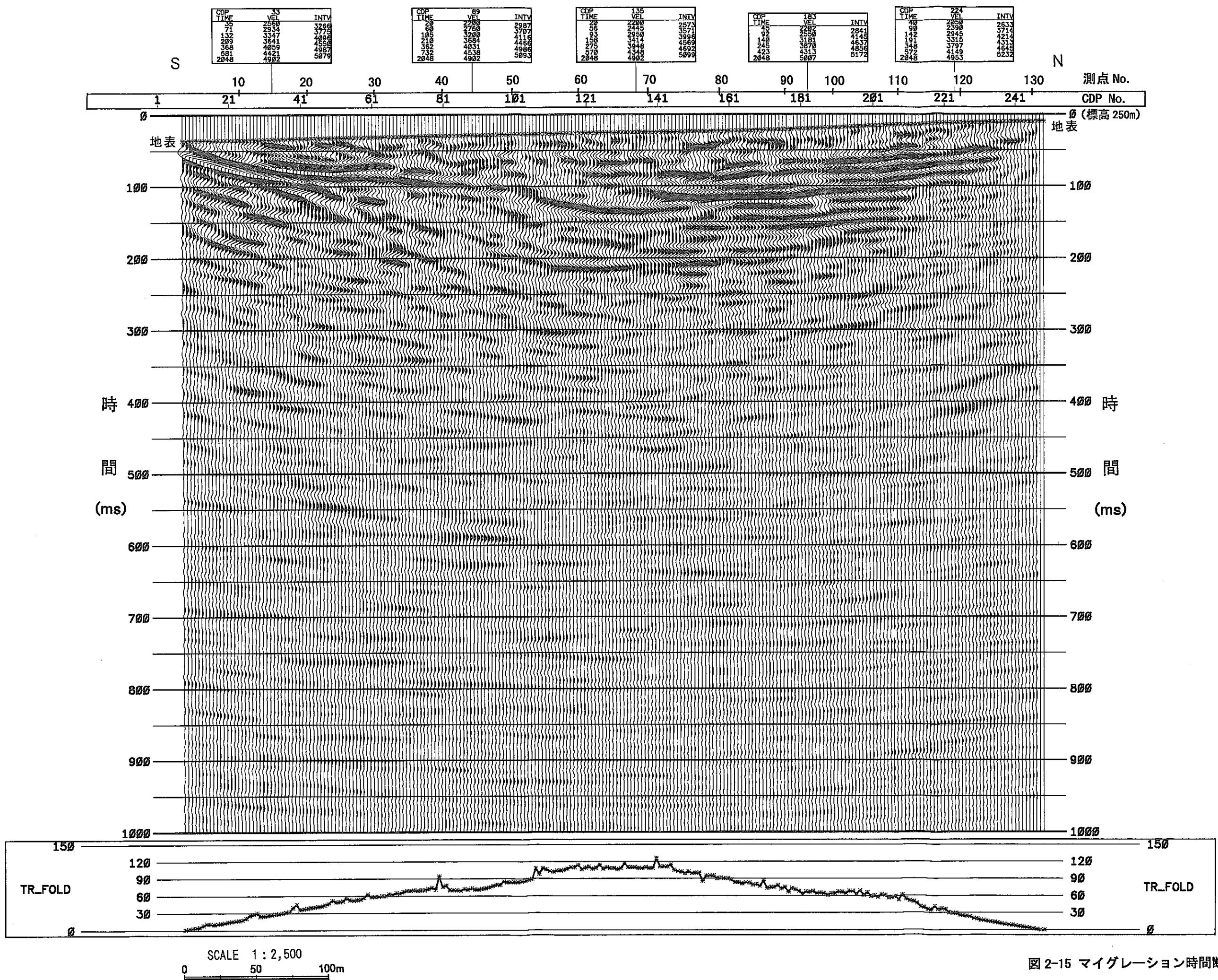


図 2-15 マイグレーション時間断面図

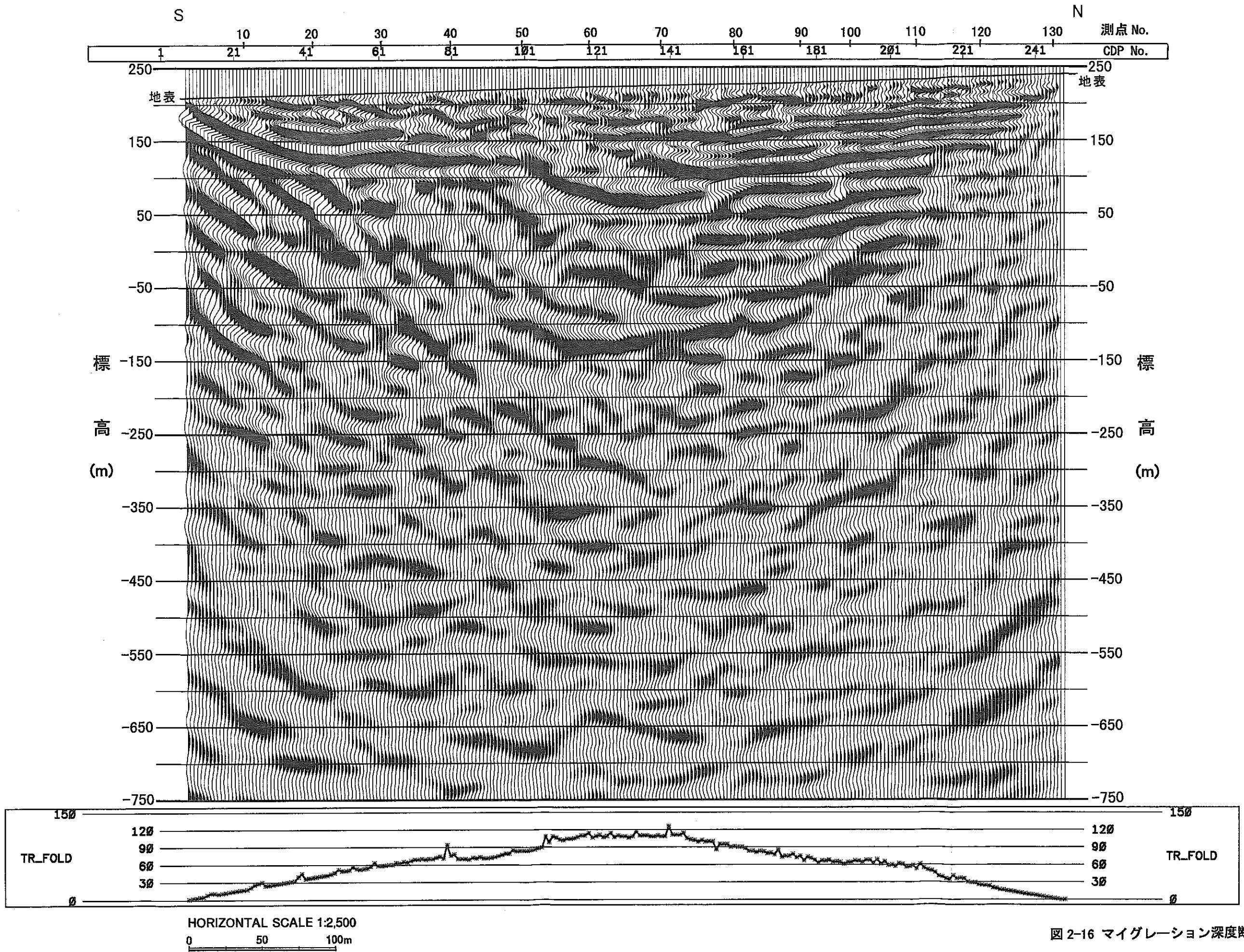


図 2-16 マイグレーション深度断面図

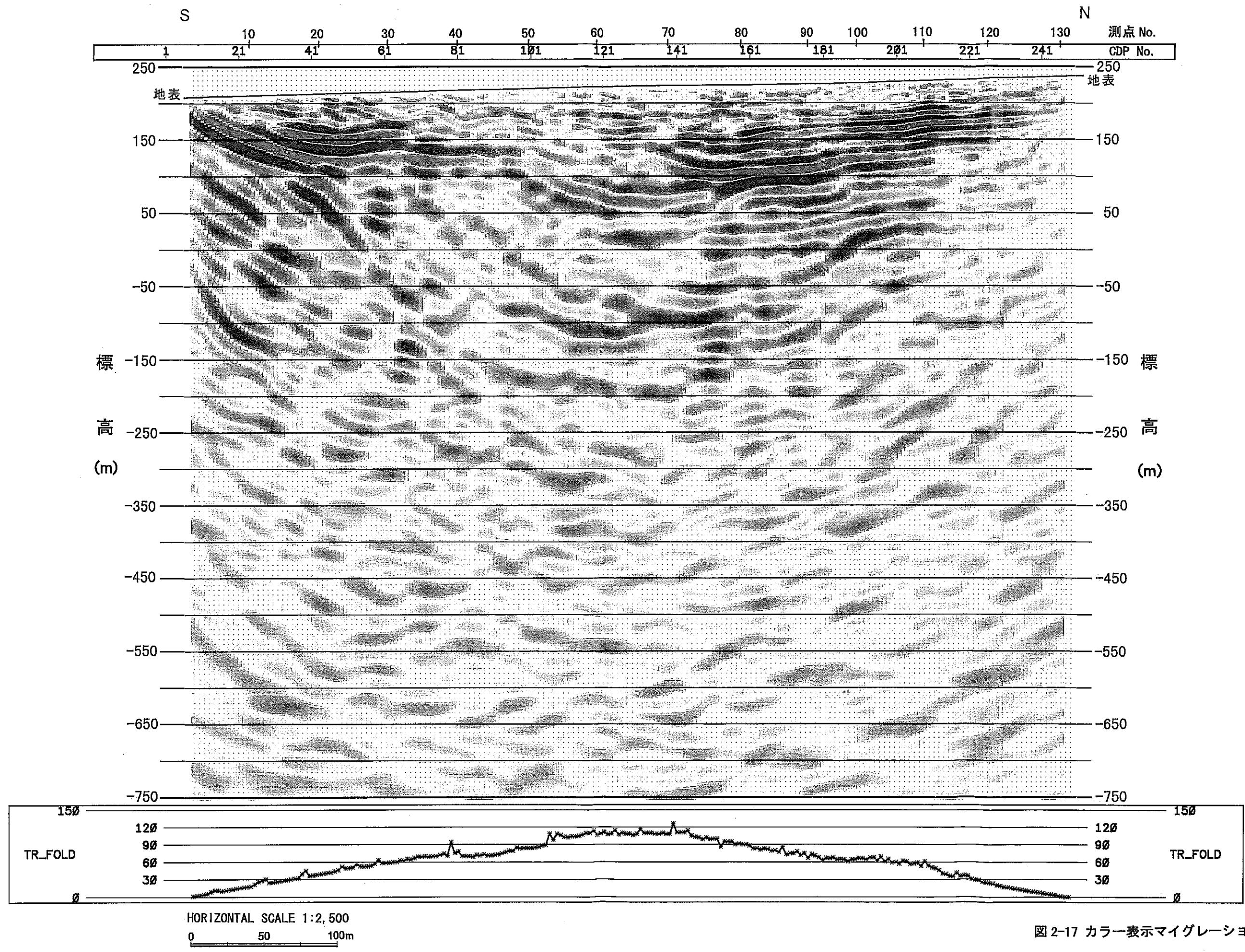


図 2-17 カラー表示マイグレーション深度断面図

表 2-3 反射法探査データ処理仕様

項目	処理仕様
基準面	標高 250 m
CDP ピン間隔	2.5 m
重合前デコンボリューション	スパイキング Operator Length : 80 ms White Noise : 0.1 %
重合前帯域通過フィルタ	20/30~100/120 Hz
ノッチフィルタ	60 Hz
静補正	標高・表層補正
AGC	ゲート長 : 200 ms
NMO後のミュート	50 %
残差静補正の上限・回数	2 ms・3回
重合後デコンボリューション	F-X デコンボリューション 30~100 Hz
重合後帯域通過フィルタ	適用せず
マイグレーション	重合速度の 50 %
深度変換	地表～基盤上面：表層補正時に得られた区間速度 基盤内 : VSP 走時曲線より求められた速度分布
表示範囲	時間断面 : 0~1000 ms 深度断面 : 標高 250~−750 m

3. VSP探査

3.1 データ取得

3.1.1 測定原理

VSPとは、Vertical Seismic Profiling の略で、地表で振動（弾性波）を人工的に発生させ、この振動を孔井内に設置した受振器（ハイドロフォン）によってとらえる弾性波探査の一つである。孔井内で受振した記録には、振源から地層中を伝わる直接波だけでなく、孔井近傍における地層境界面からの反射波も含まれているので、弾性波の反射、透過及び減衰過程についての詳細な情報を得ることができる。

通常の反射法弾性波探査法は、地表で発振して地表に展開した受振器で反射波を観測するので、その走時は地表と反射面までの往復走時となる。一方、VSP探査では、孔井内に受振器（ハイドロフォン）を深度方向に展開するので、受振器で観測する反射波は、ほぼ片道走時となり、地表反射法と比較して高い分解能を有する記録を得ることができる。

3.1.2 測定方法

VSP探査の測定は、表3-1に示す仕様で実施した。測定にはMIU-1号孔を対象孔として、反射法弾性波探査で用いた同一振源（ミニバイブ）、同一発振周波数を用いている。

表3-1 VSP探査仕様一覧表

項目	探査仕様
受振点間隔	2m
発振周波数	20~150 Hz
スウェイプ長	10秒
垂直重合数（回/点）	2~10回
記録長	2秒
サンプリング間隔	1ミリ秒
ファイルタ	ローカット,ハイカット:out
記録チャンネル数	24チャンネル

VSP探査の概念図を図3-1に示す。

VSP探査の測定手順は以下のとおりである。

まずハイドロフォン（2m間隔、24ch）を孔井内に挿入し、最上位のハイドロフォンを孔口（深度0m）にあわせる。次にハイドロフォンを測定深度まで降下させた後、所定の発振点において発振を行う。ハイドロフォンで受けた信号は孔井近くの観測車内の探鉱機へ送られる。探鉱機では各スウェイプごとにパイロット信号との相互関係を行う。数回の垂直重合を行った後、モニター記録をチェックし、記録がよければ探鉱機内のハードディスクに書き込む。

その測定深度での測定が終了するとハイドロフォンを次の測定深度まで降下させ、同様

の発振を行う。以下この測定作業を、最大測定深度まで繰り返す。

発振点は、図 2-1 に示す VSP-1～VSP-8 で、そのうち VSP-5 はゼロオフセットである。

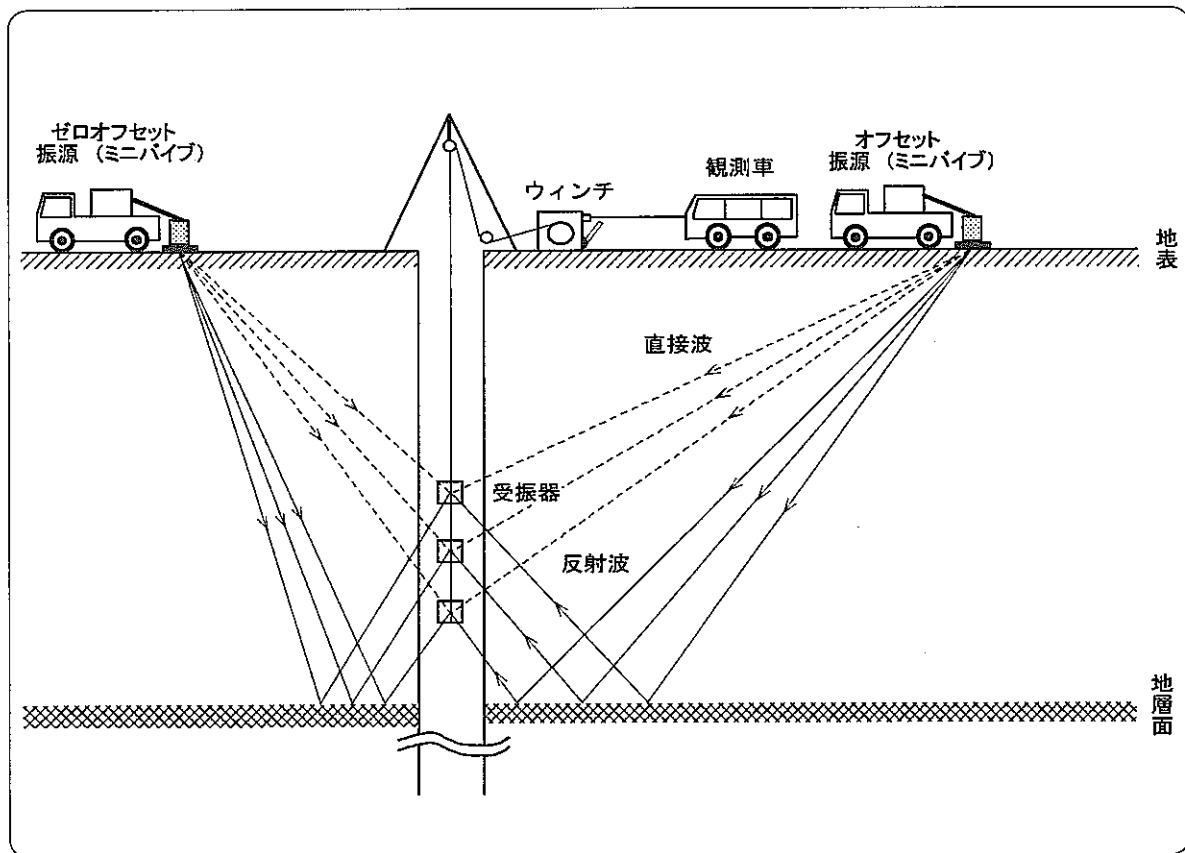


図 3-1 V S P 探査概念図

各発振点の座標、標高などは表 3-2 のとおりである。

表 3-2 V S P 探査発振点座標

発振点	座 標		標 高(m)	オフセット 距離(m)	孔井からの方位 (度) (北から反時計回り)
	Y	X			
MIU-1号	5488.826	-68629.358	220.074		
VSP-1	5366.129	-68379.558	239.808	278.306	26.15
VSP-2	5406.864	-68447.983	236.089	199.034	24.32
VSP-3	5436.070	-68529.018	226.969	113.363	27.73
VSP-4	5426.038	-68610.568	223.288	65.539	73.33
VSP-5	5477.143	-68636.487	219.802	13.686	121.4
VSP-6	5447.808	-68696.865	220.745	78.991	148.72
VSP-7	5464.340	-68778.571	217.200	151.208	170.68
VSP-8	5461.567	-68851.610	214.205	223.917	173.02

3.1.3 測定機器

VSP探査に使用した機器は、表3-3に示すとおりである。

表3-3 VSP探査使用機器一覧表

名 称		仕 様	製 造 元
探 鉱 機	StrataView R60	チャンネル数：60ch サンプリング間隔：0.032～2.0ms A/D変換：24ビット 周波数帯域：2～14000Hz ブリアンプ：36dB ダイナミックレンジ：110dB以上 ハードディスク：1GB	Geometrics社, USA
振 源	minivib T-2500	最大起震力：13000N以上 ベースプレート外径：70cm	IVI社, USA
ワインチ	SW-1200	8段変速 ケーブル長：1,200m	開発工業(株)
ハイドロフォン	DH-6	外径：38mm 周波数帯域：0.1～16000Hz チャンネル数：24ch(2m間隔)	ITI社, USA

3.2 データ処理

VSP探査のデータ処理手順を図3-2に示し、ゼロオフセットVSP記録から合成地震記録の作成およびオフセットVSPのVSP-CDP変換について以下に概説する。

(1) ゼロオフセットVSP処理

- 1) 初動走時の読み取り
- 2) 振幅調整

球面発散や発振ごとのばらつきを補正することを目的として、初動振幅を全深度で一定値にそろえる補正を行う。

3) 下方・上方進行波の分離

進行方向の違いを利用して、F-Kフィルタなどにより下方進行波と上方進行波を分離する。

4) 上方進行波のタイムシフト

垂直往復走時への変換は、初動読み取り走時分だけタイムシフトさせることにより実施する。

5) 上方進行波の強調

メディアンフィルタを用いてチュープ波、変換波およびノイズを除去して上方進行波を強調する。

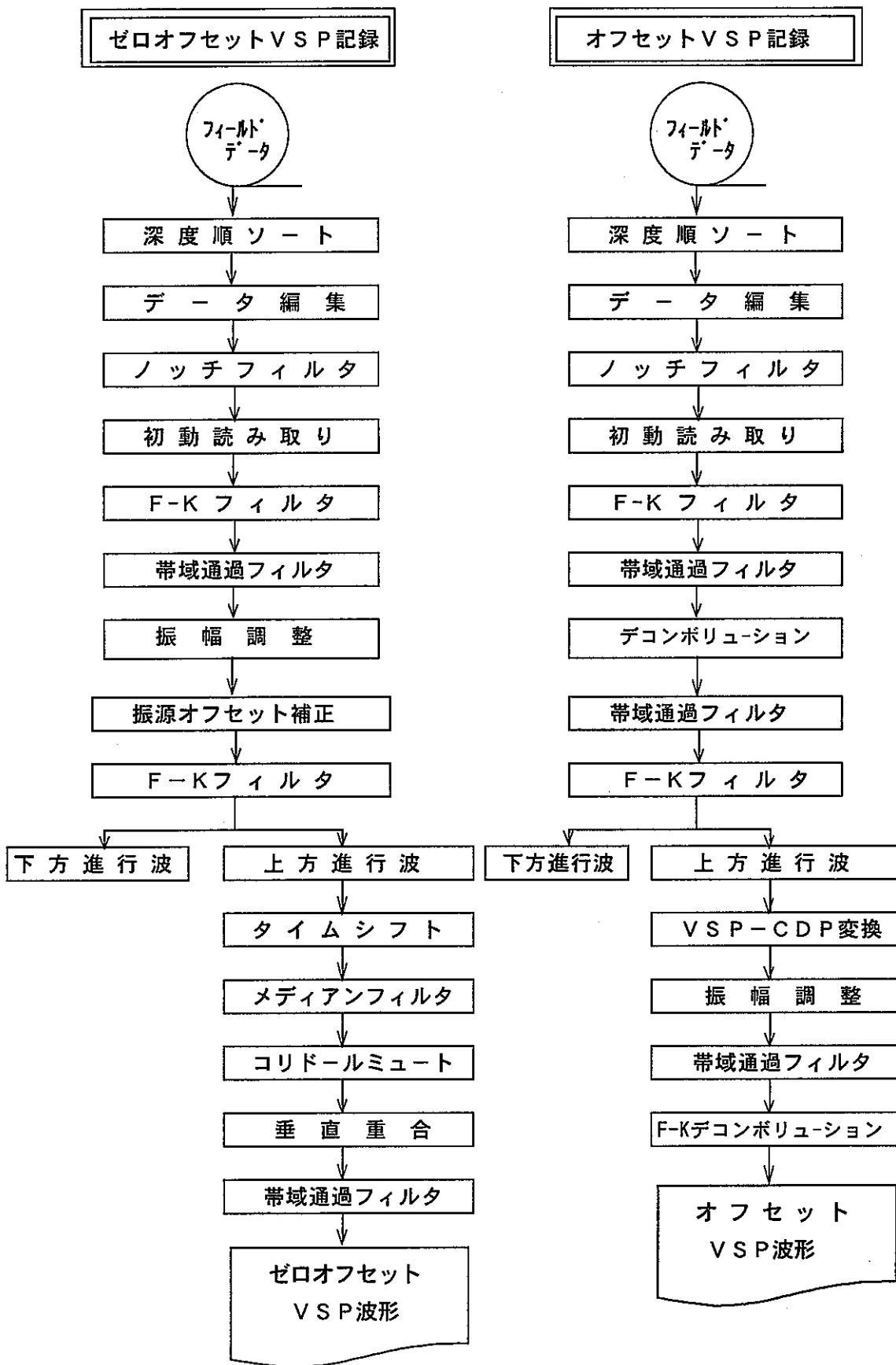


図 3-2 VSP 探査データ処理流れ図

チューブ波：孔井内の流体中を孔井軸方向にほとんど減衰することなく伝搬する波で、孔壁の弾性の影響を受けた境界波である。伝搬速度は流体の速度（1500m/s）に近い。

6) コリドールミュート・重合

VSPの処理では、受振深度以深での多重反射は除去できないので、その影響が少ない初動付近のみの比較的狭い深度区間にわたり重合し、孔井位置での反射記録を作成する。通常、重合後の記録を10トレースほどコピーしたものを表示する。

(2) オフセットVSP処理

前述の1)～3)の手順により上方進行波を抽出する。

4) VSP-CDP変換

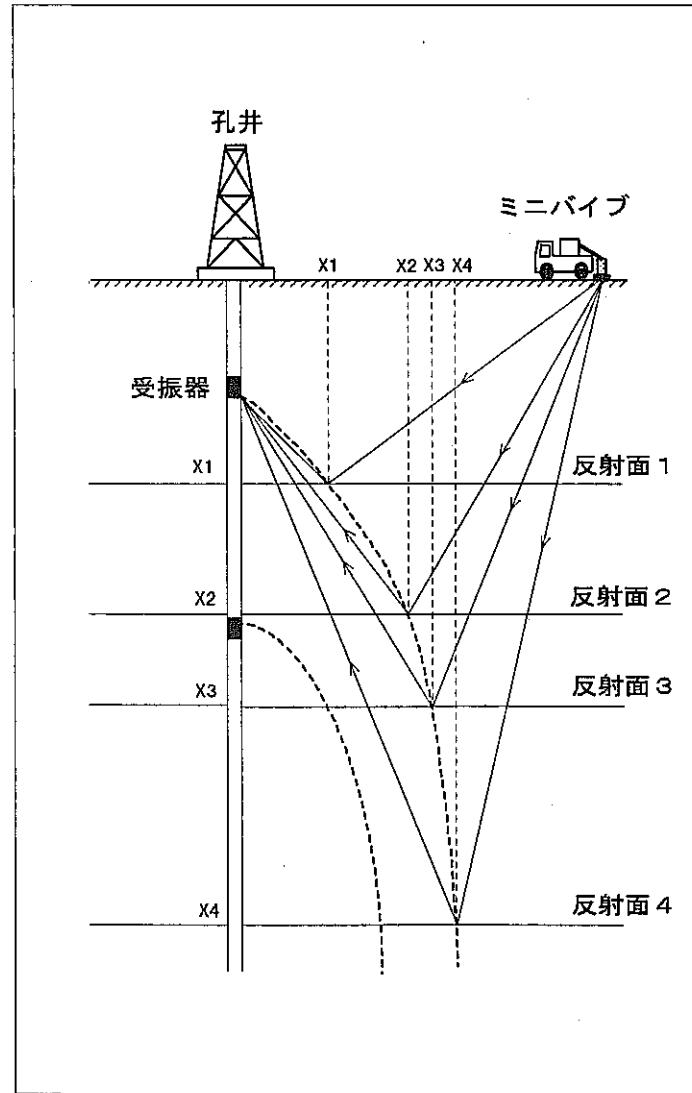
発振位置が孔井から離れているので、反射点も孔井から横方向に離れた位置に分布する。これをを利用して、VSPで取得した反射波を地表反射法のような受振点・発振点が反射点直上にあるようなNMO補正と反射点位置の補正により、孔井近傍の反射記録を作成することができる。ただし、反射記録を作成できる領域は、最大でもオフセット距離の半分までである。

オフセットVSPデータ処理の概念図を図3-3に示す。

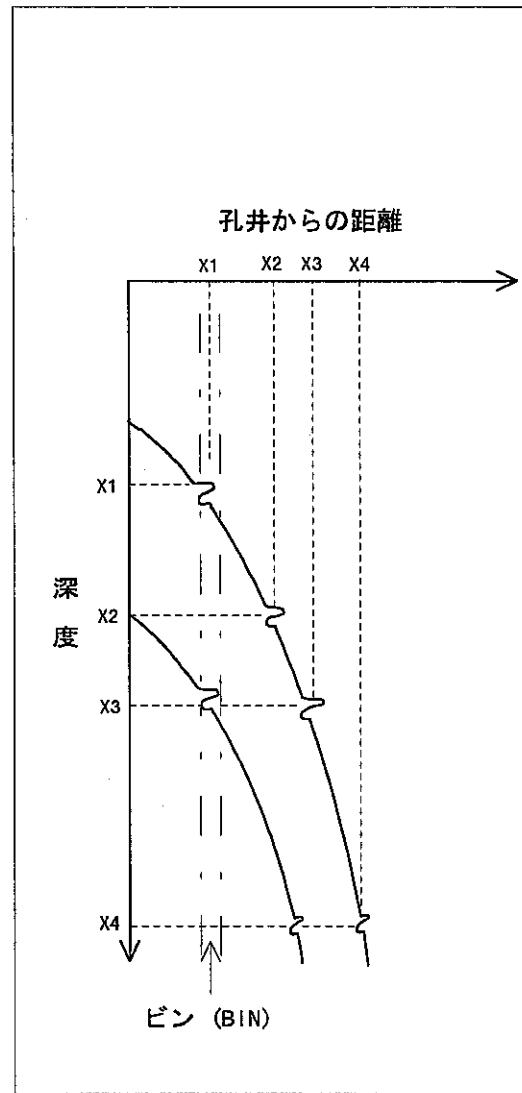
ゼロオフセット、オフセットVSPの記録とも、60Hzノイズおよびチューブ波が非常に卓越している。このため下方・上方進行波の分離前にノッチフィルタ、F-Kフィルタおよび帯域通過フィルタを適用した。なお、適用する処理パラメータは、各処理段階においてテストを行い決定している。

オリジナル波形および処理途中段階の記録を、ゼロオフセットについては図3-4～図3-9に、オフセットについては図3-10～図3-13(VSP-1)に示す。なお、これらの図の出力に際して、ゼロオフセット記録には100ms、オフセット記録には1000msのAGCを適用している。また、ゼロオフセットVSPのノッチフィルタ(60Hz)適用前後の周波数スペクトルを図3-14に示す。

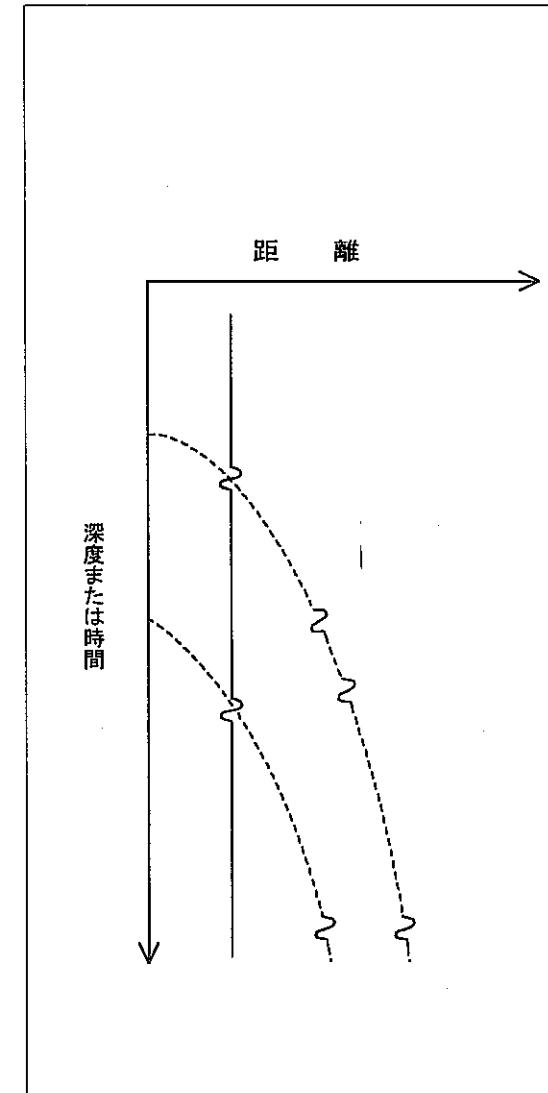
本データ処理に用いられたパラメータをまとめて、表3-4に示す。



反射点の計算



VSP-CDP変換



CDP重合

図 3-3 オフセットVSPデータ処理概念図

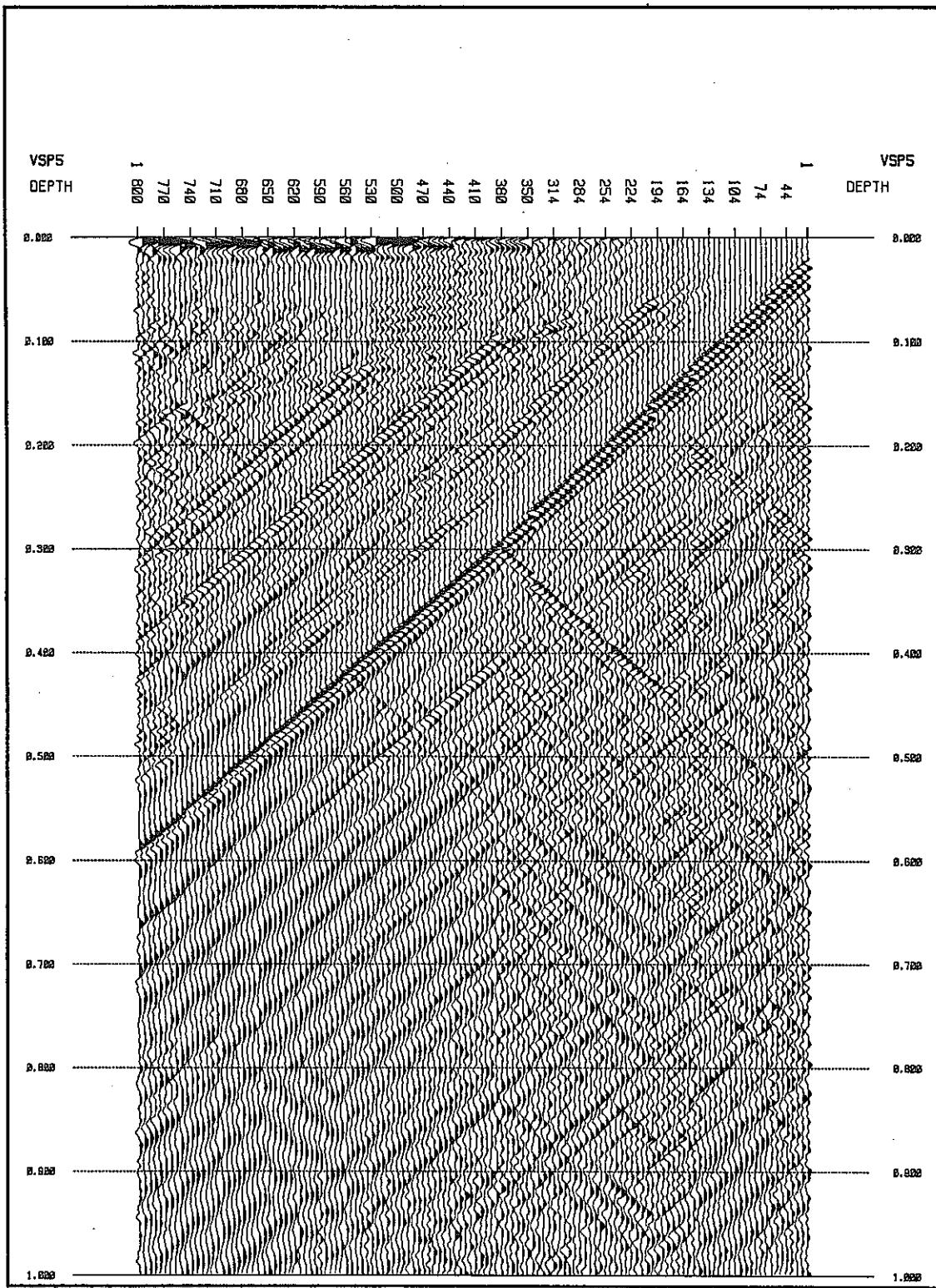


図 3-4 オリジナル波形（ゼロオフセット、ノッチフィルタ 60Hz）

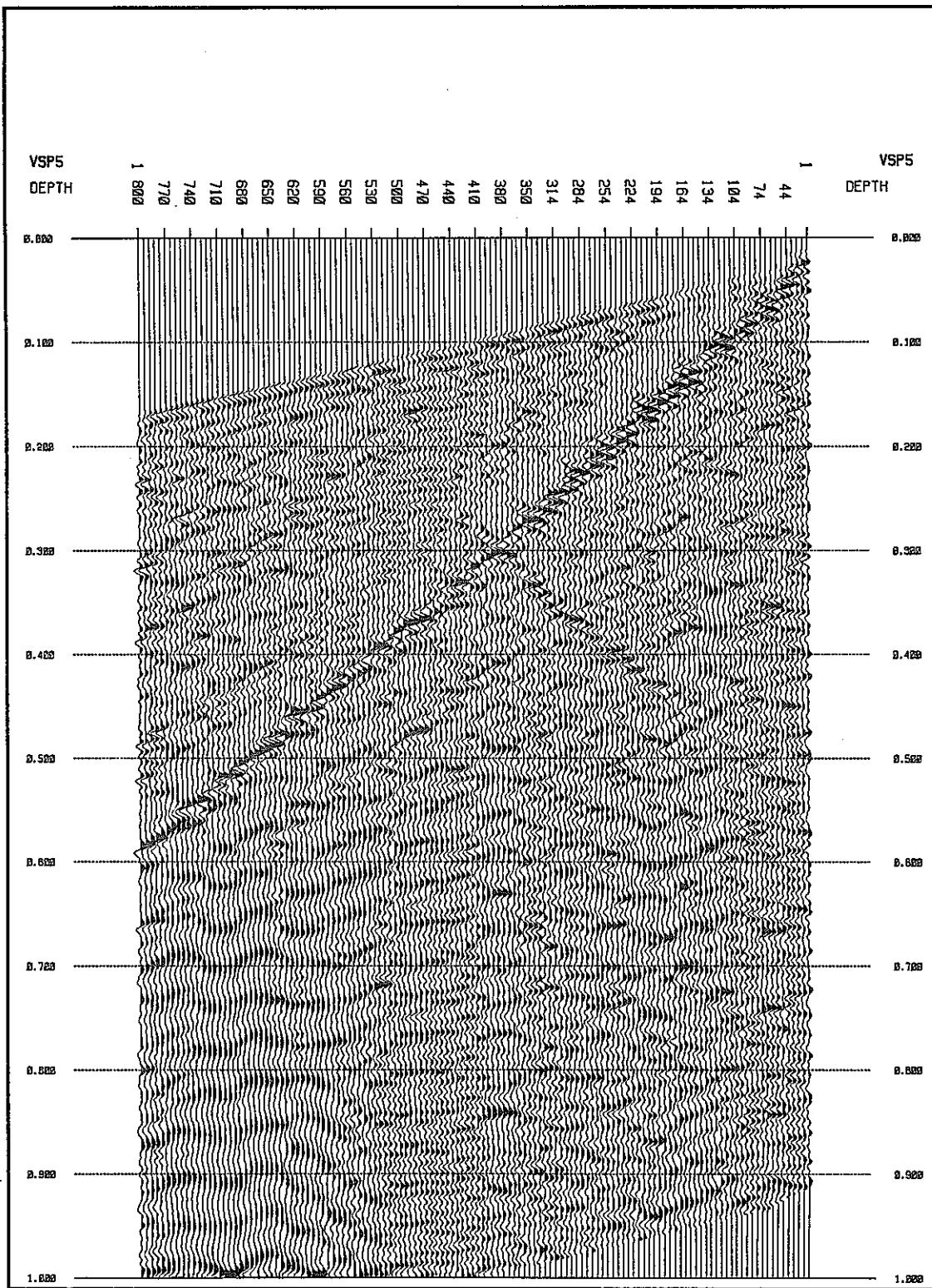


図 3-5 帯域通過フィルタ（ゼロオフセット、F-K フィルタ）

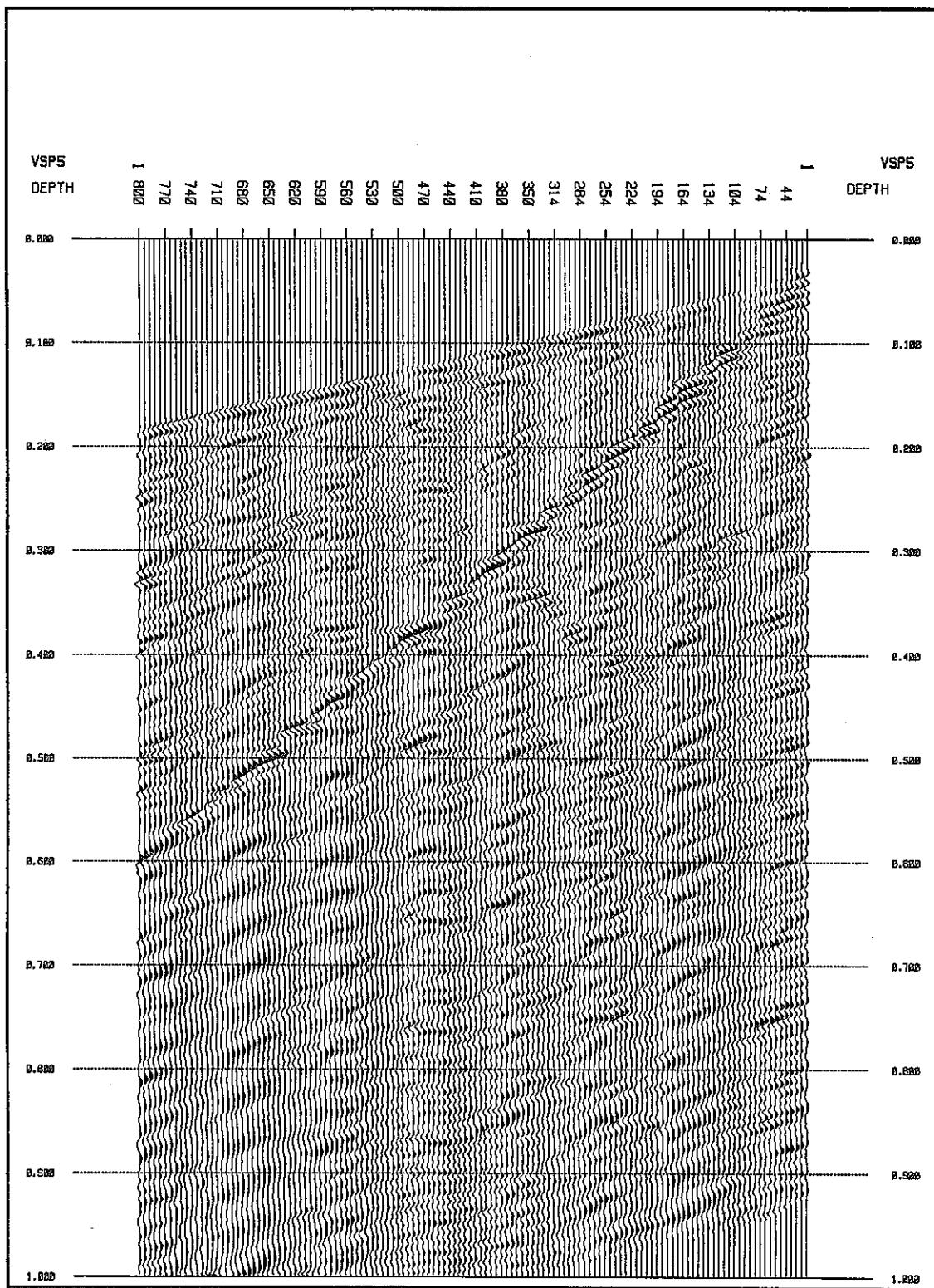


図 3-6 下方進行波（ゼロオフセット）

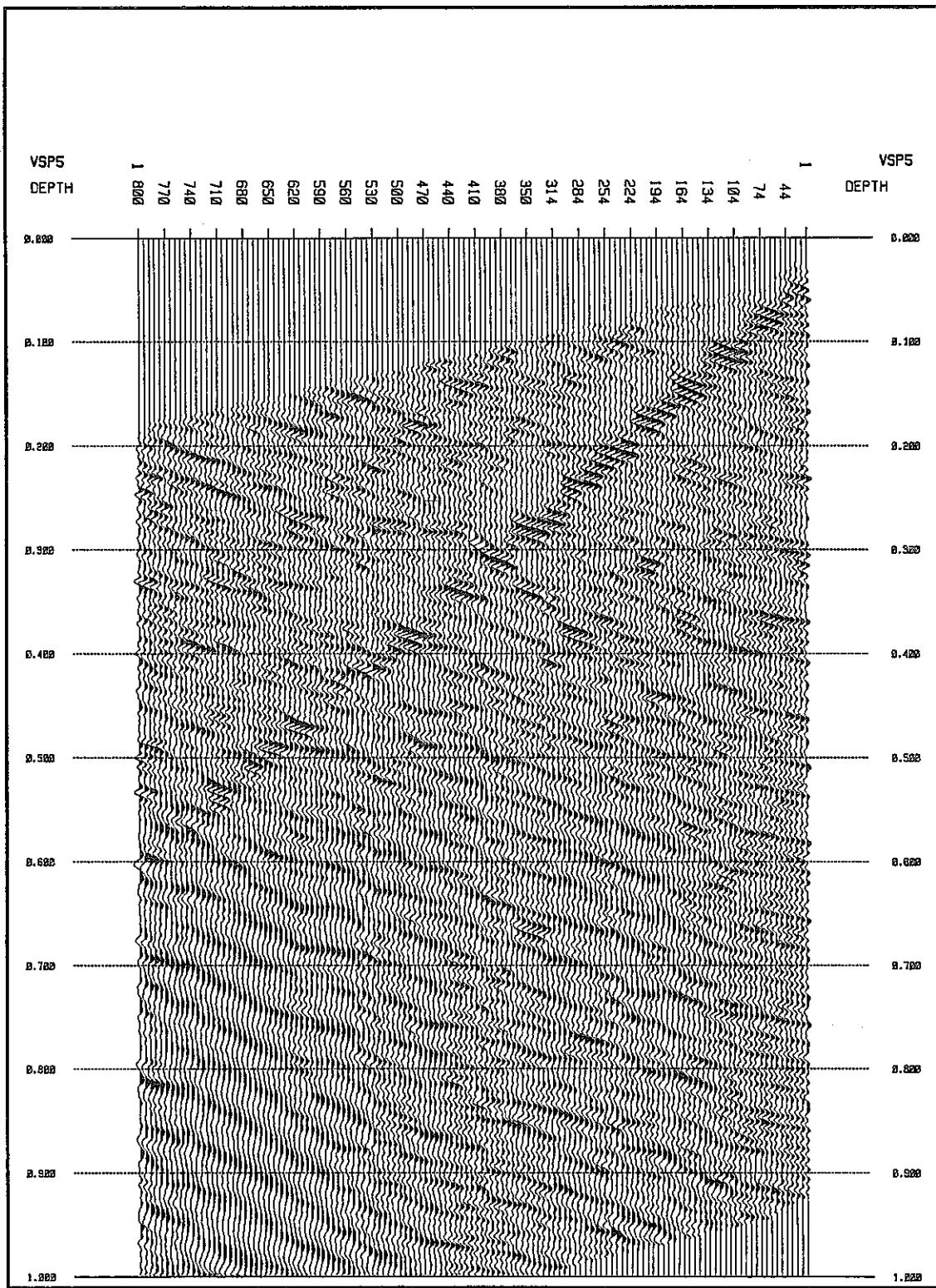


図 3-7 上方進行波（ゼロオフセット）

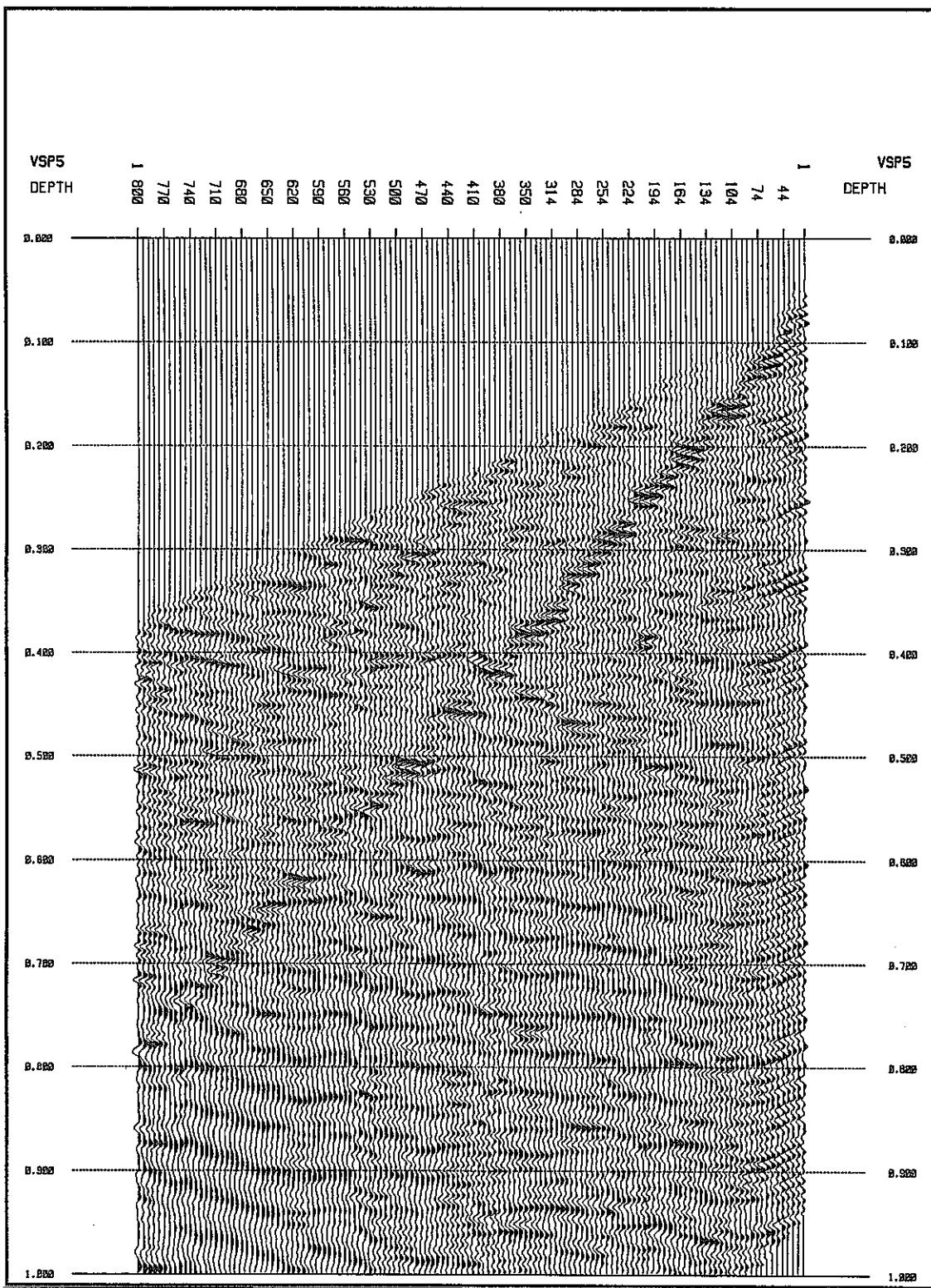


図3-8 タイムシフト（ゼロオフセット）

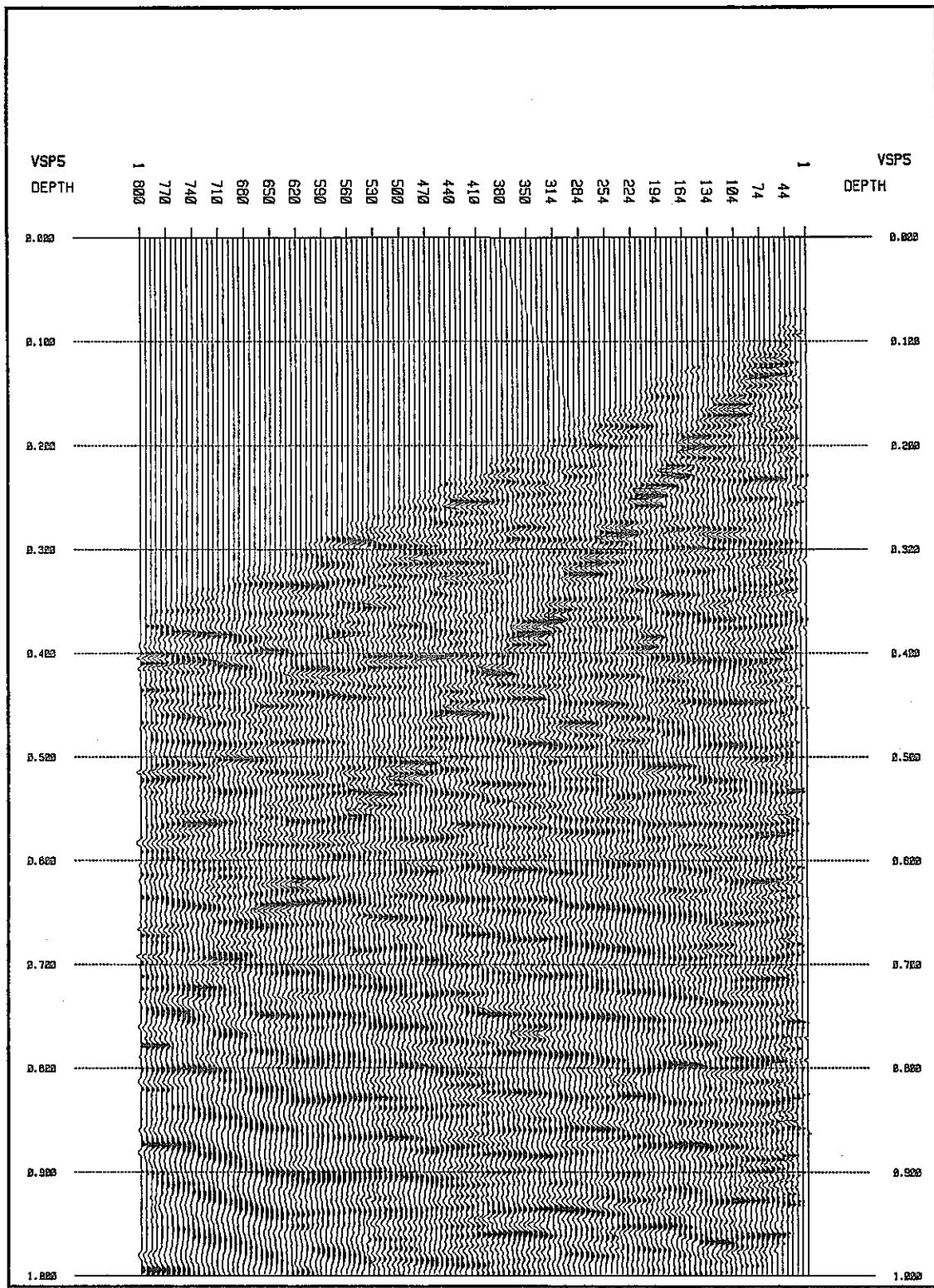


図 3-9 メディアンフィルタ（ゼロオフセット）

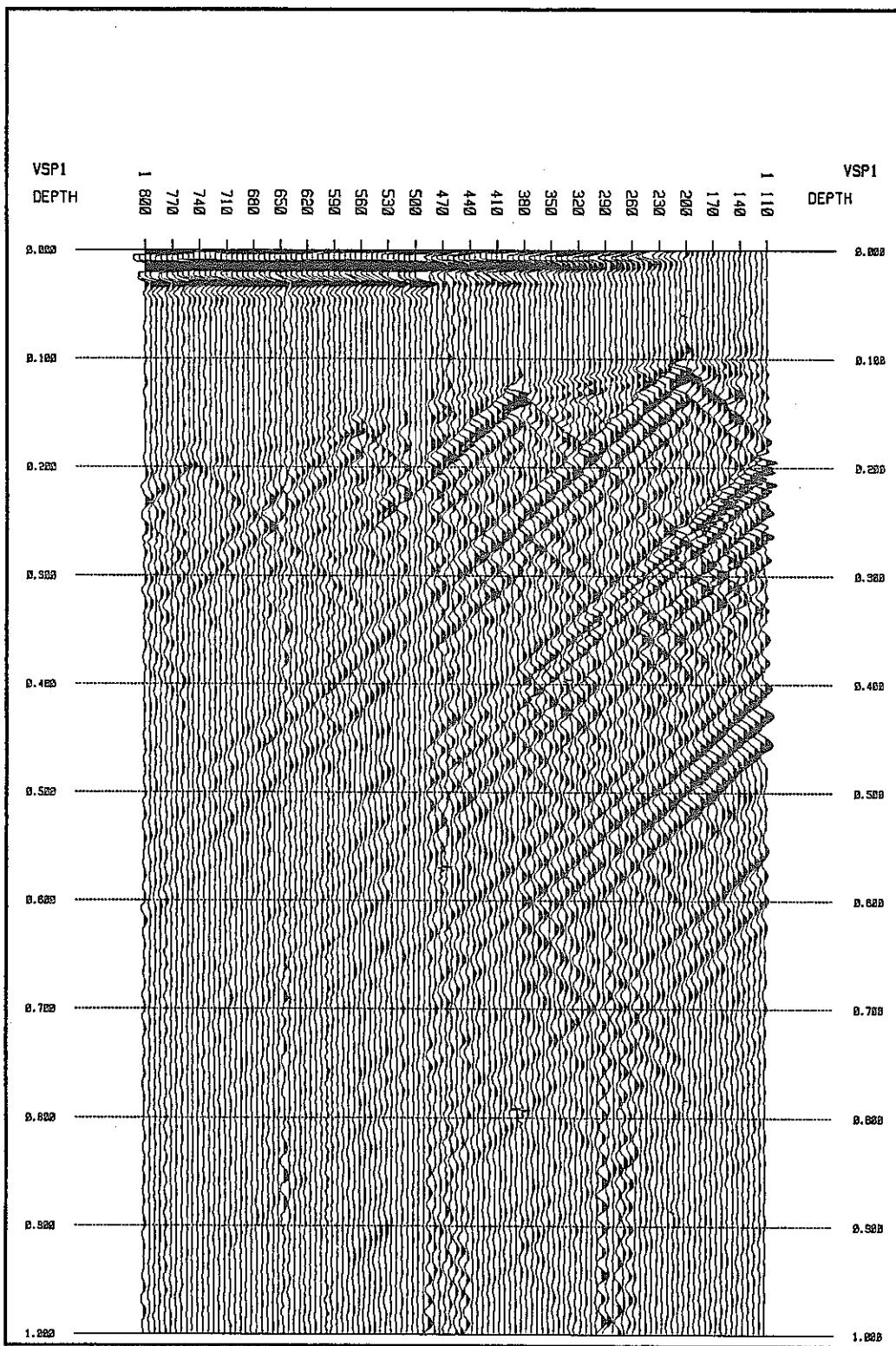


図 3-10 オリジナル波形（オフセット VSP-1、ノッティルタ 60Hz）

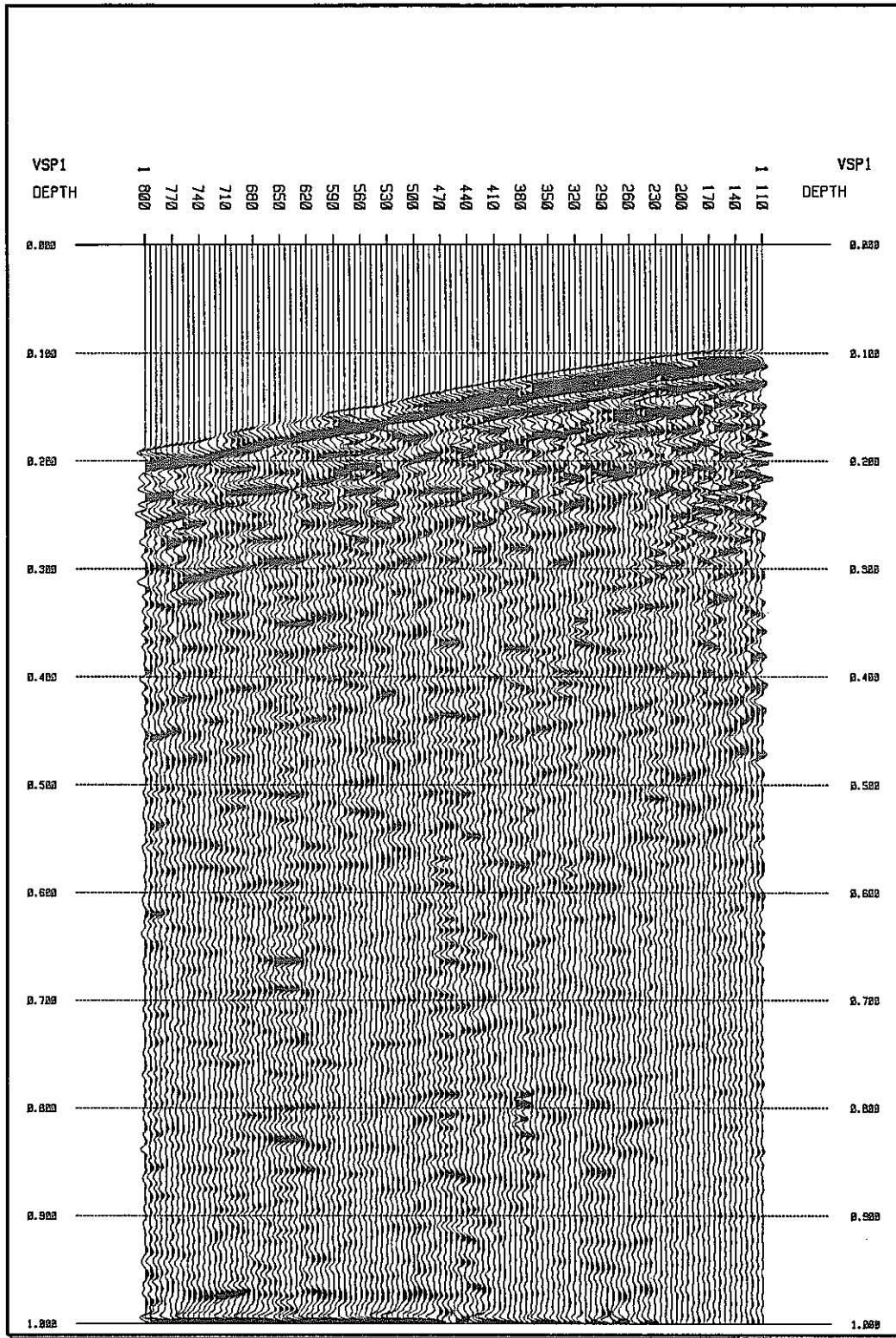


図 3-11 帯域通過フィルタ（オフセット VSP-1、F-K フィルタ）

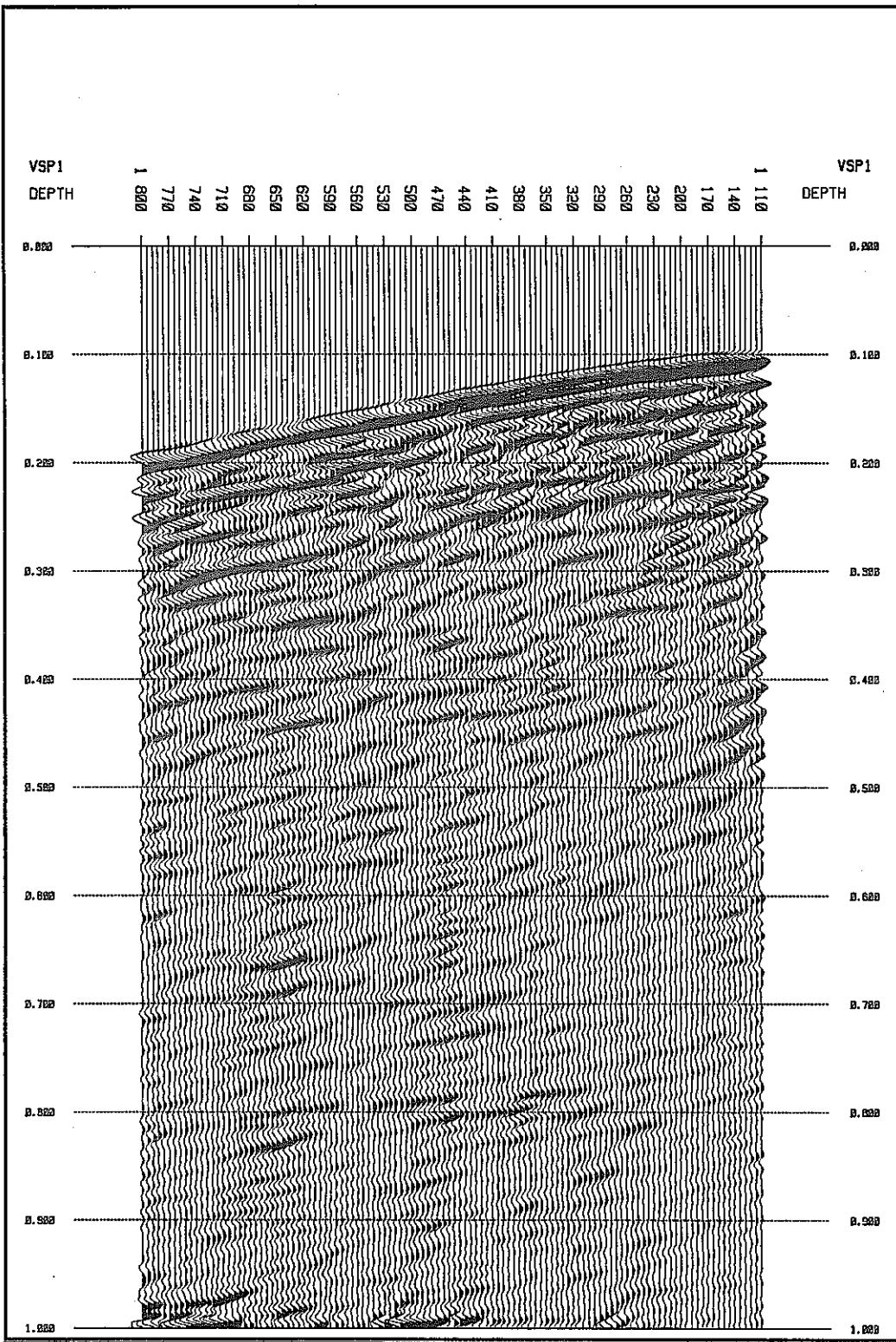


図 3-12 下方進行波（オフセット VSP-1）

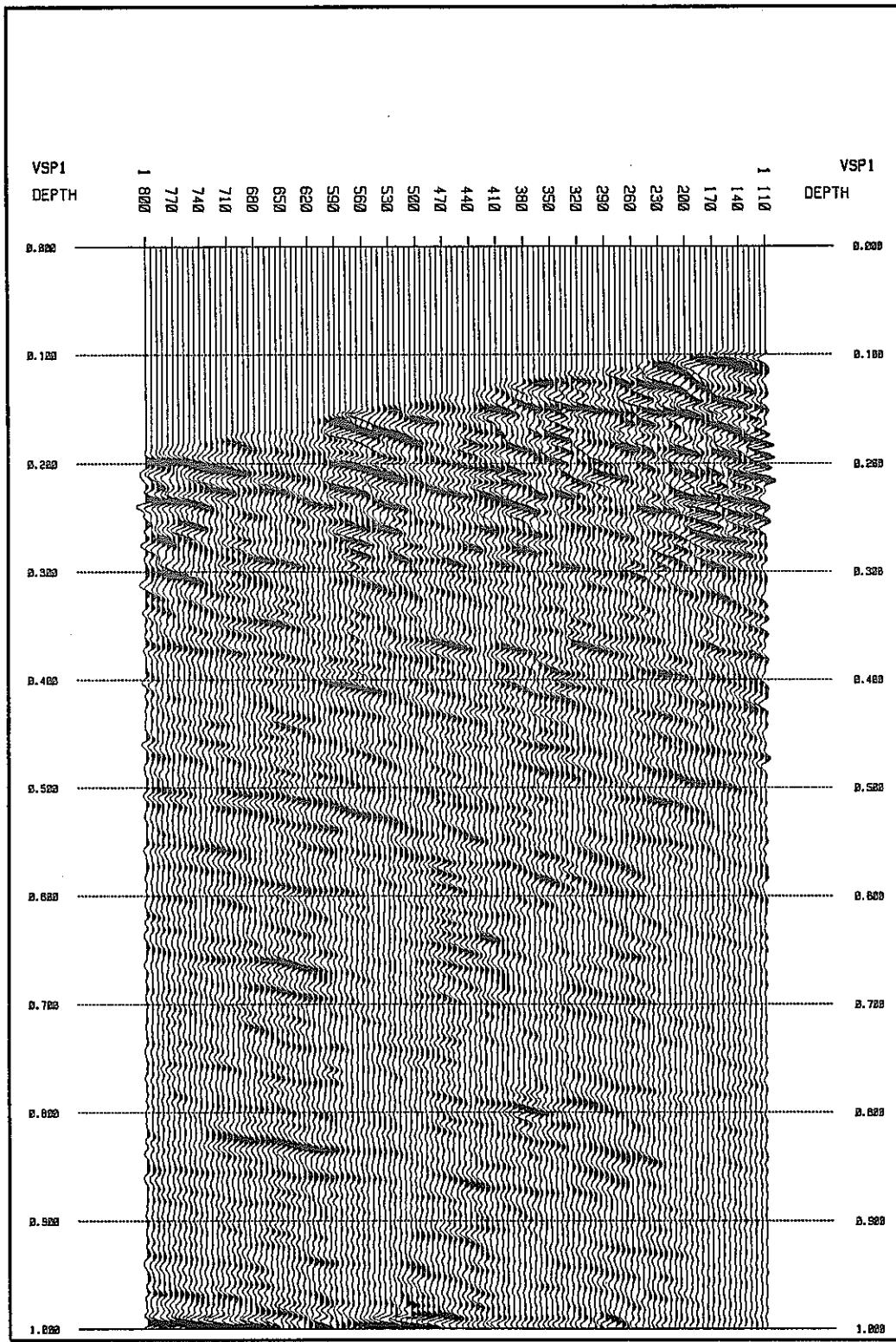
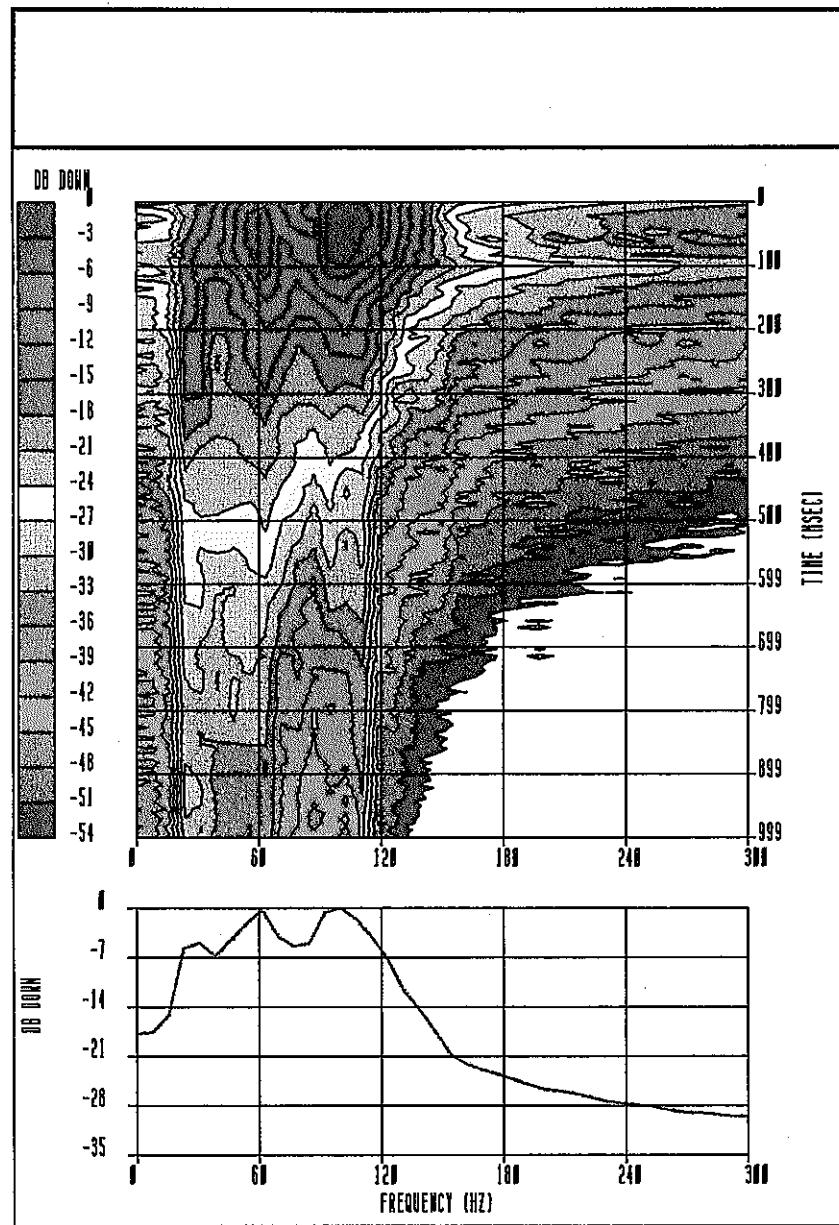
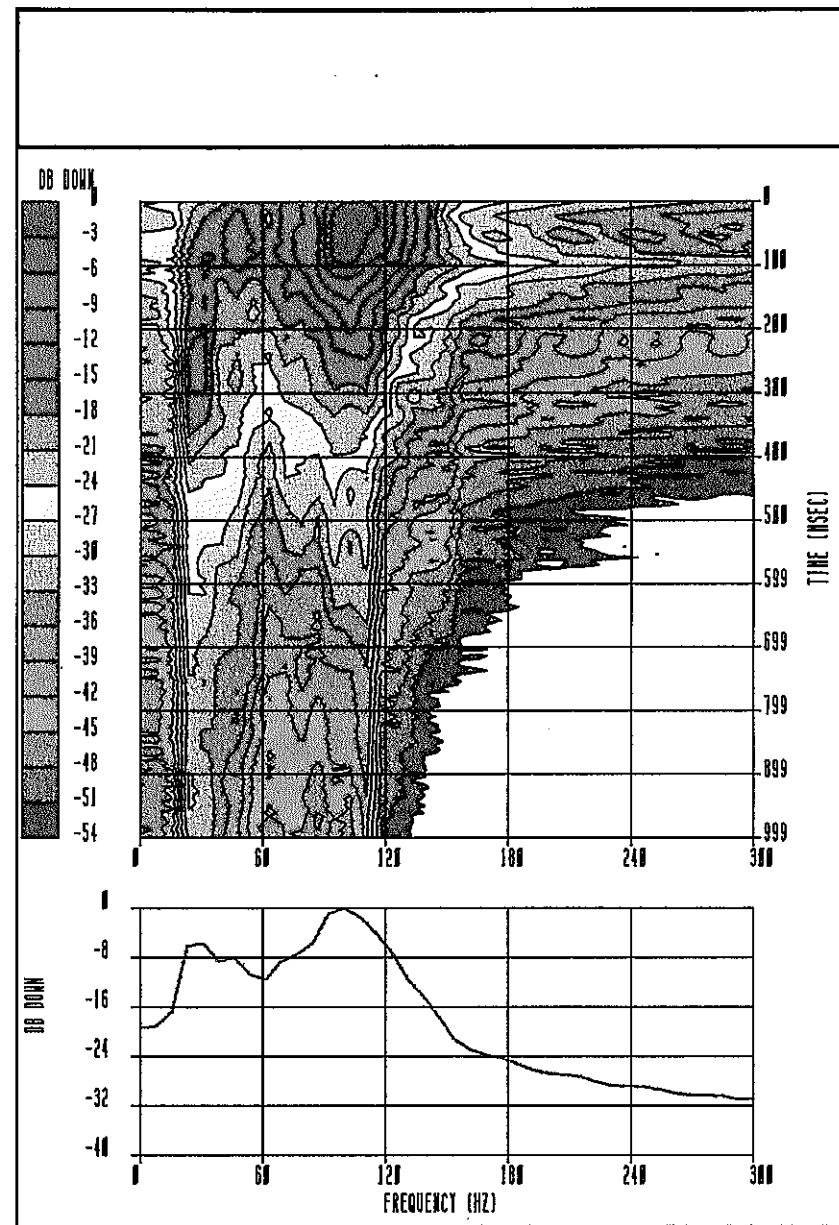


図 3-13 上方進行波（オフセット VSP-1）



オリジナル波形



ノッチフィルター (60Hz)

図 3-14 周波数スペクトル (ゼロオフセット)

表 3-4 VSP 探査データ処理仕様

項目	ゼロオフセット	オフセット
ノッチフィルタ	60Hz	60 Hz
F-K フィルタ	±1360m/s	±1360m/s
帯域通過フィルタ	30~100 Hz	30~100 Hz
デコンボリューション	-	Operator Length:80ms
メディアンフィルタ	9 トレース	-
帯域通過フィルタ	30~120 Hz	30~120 Hz
F-X デコンボリューション	-	30~100 Hz
トレース間隔	-	6 m
表示範囲	0~1000 ms	0~1000 ms

3.3 調査結果

(1) 速度構造

ゼロオフセット測定記録を用いて、初動の読み取りから走時曲線を作成し、速度構造を求めた。走時曲線図を図 3-15 に示す。孔井付近の P 波速度分布は、下表に示すように大きく 3 層に分けられる。本測定により得られた第 2、3 速度層の速度は、音波検層で得られた音波速度（深度 100~400m；約 4500m/s、400~800m；約 5000m/s）に比べ、11~14% 大きな値となっている（図 4-1 参照）。

速度層	深度(m)	速度(m/s)	対比される主な地質
第 1 速度層	0~86	2300	瑞浪層群明世累層および土岐夾炭累層
第 2 速度層	86~400	5000	細粒～粗粒花崗岩
第 3 速度層	400~800	5700	細粒～粗粒花崗岩、アブライト脈

(2) 減衰率

減衰率は、ゼロオフセット記録から初動付近の一波長の振幅をディスプレイ上で読み取り、重合数を 1 回としたときの振幅に基準化して求めた。深度を x 軸、振幅を y 軸（対数）としてプロットし、近似曲線を求めた（図 3-16）。算出された近似曲線は、深度 400m 付近を境に 2 つに分けられる。

$$\text{深度 } 100 \sim 400 \text{ m} ; y = 5012 e^{-0.01435x}$$

$$\text{深度 } 400 \sim 800 \text{ m} ; y = 34.17 e^{-0.00158x}$$

(3) チューブ波の発生深度

本測定記録には、チューブ波が非常に卓越している。チューブ波は、孔径変化や音響イ

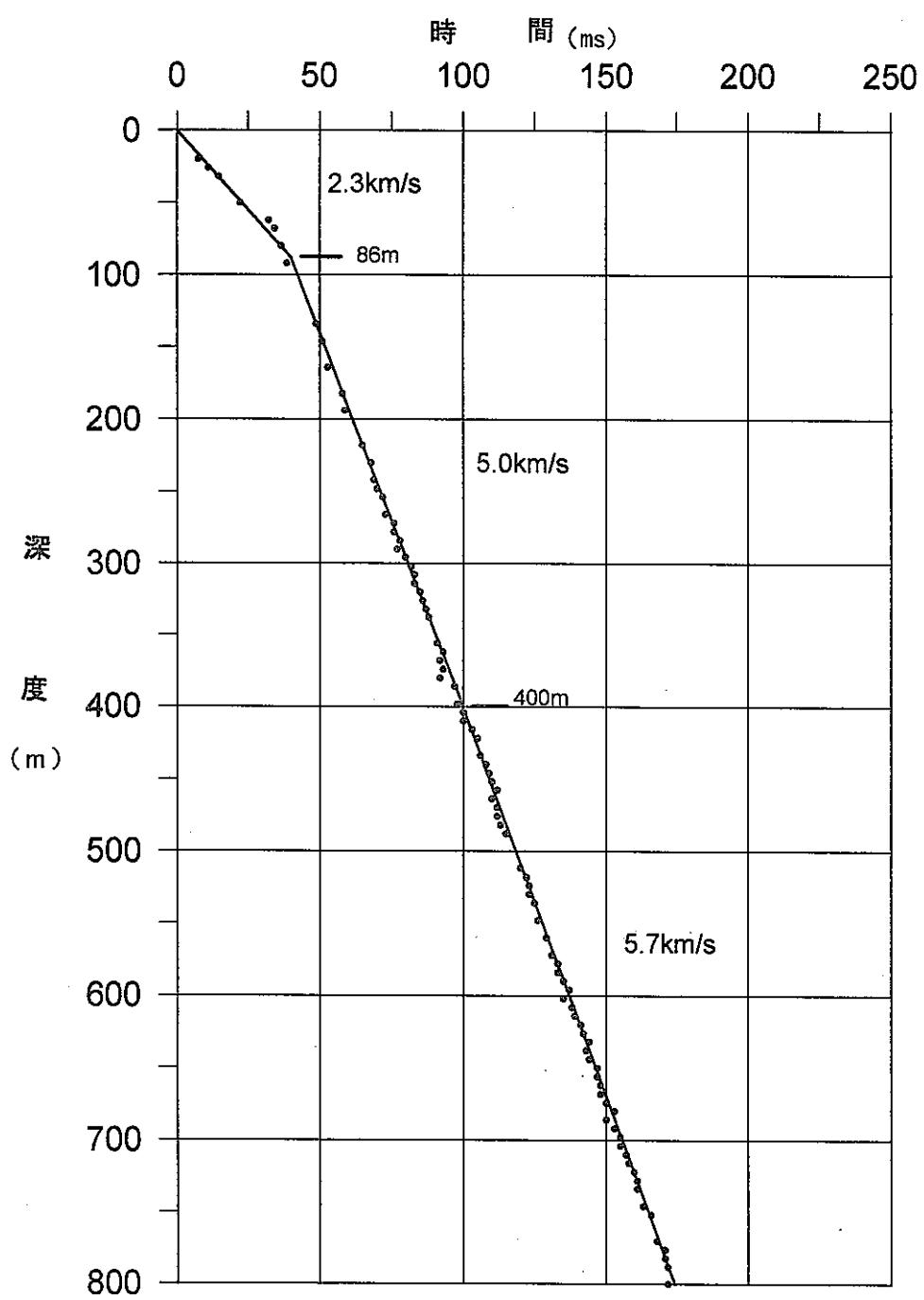


図 3-15 走時曲線図

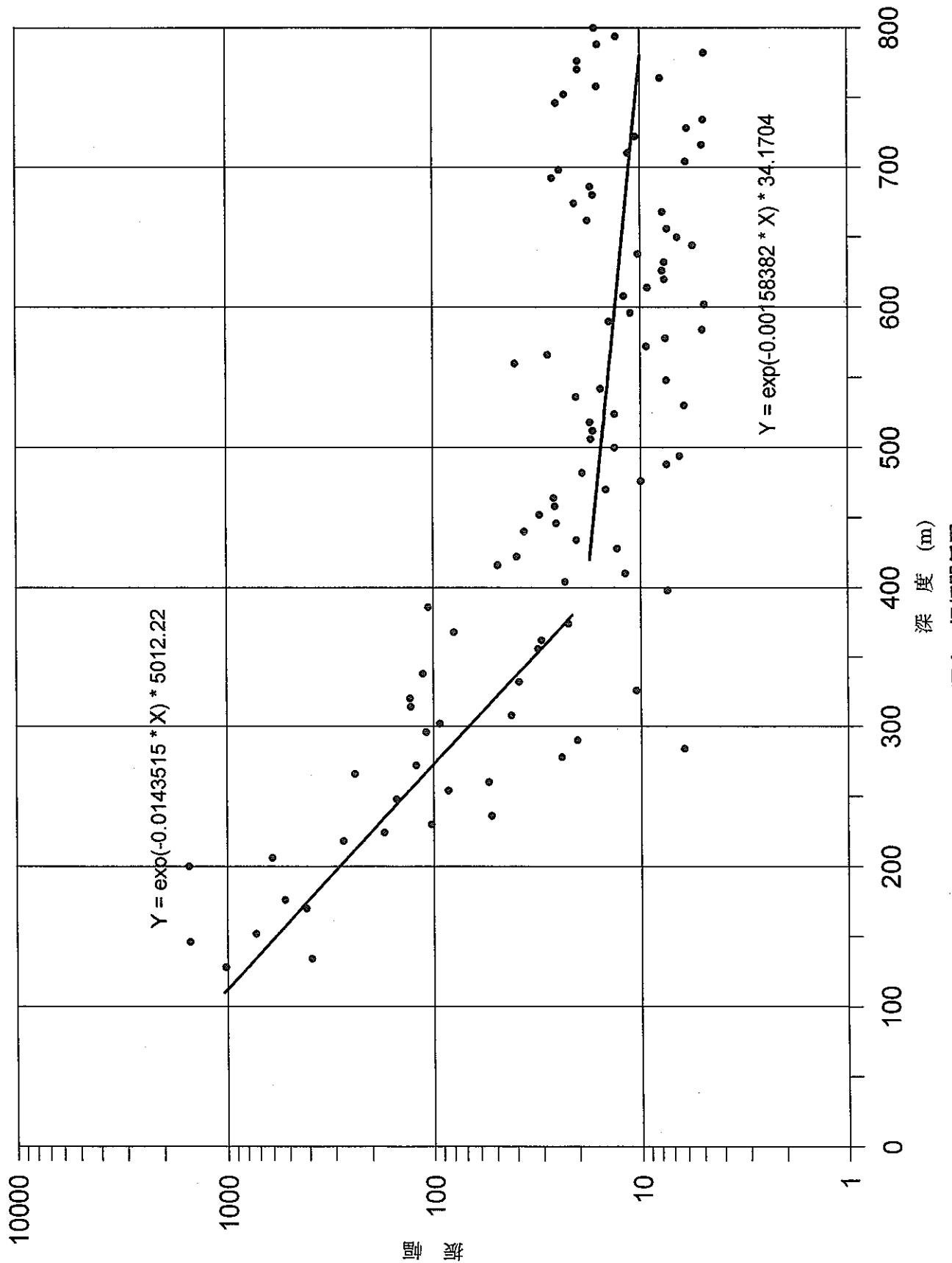


図 3-16 深度一振幅関係図

ンピーダンスの変化する深度などのほか、透水性亀裂の存在する深度でも発生することが指摘されている。ことから透水性亀裂の存在を示唆する深度として、測定記録からチューブ波の発生深度を読み取った。その結果は下表のとおりである。

チューブ波発生深度(m)	110	200(T1)	386(T2)	542(T3)	560(T4)	752(T5)
--------------	-----	---------	---------	---------	---------	---------

なお、深度 110m のチューブ波は、ケーシング尻からのものと考えられる。

(4) V S P 記録

ゼロオフセットとオフセット V S P 記録をまとめて図 3-17 に示す。これらの記録は、標高 250m を 0 秒としている。また、オフセット V S P 記録の断面位置は図 2-1 に示す。

ゼロオフセット V S P 記録において比較的振幅の大きい反射波群として R1～R5 を抽出した。ただし、100～135ms の強振幅の波群は、データ処理時にチューブ波ノイズを除ききれなかった可能性が高いことから、ここでは除外している。また、図 3-17 に、ケーシング尻からのもの推定される深度 110m 以外のチューブ波発生深度 (T1～T5) を示した。

ゼロオフセット、オフセット V S P 記録およびチューブ波発生深度などについて検討した結果は、次のとおりである。

(a) ゼロオフセットおよびオフセット V S P 記録とも 100～400ms 間に反射波が得られた。MIU-1 号孔の南側のオフセット V S P 記録 VSP-7, 8 の反射波は、全体に断片的で北傾斜の傾向がある。一方、北側の VSP-1, 2 のものは、南側に比べ連続的で概ね水平である。

(b) ゼロオフセットと主としてオフセット V S P 記録 VSP-1, 8 とを対比した結果、オフセット記録 VSP-1 では、ゼロオフセットの全 R1～R5 にほぼ対応する反射波群が認められ、特に R1, R4 に対応する反射波は非常に明瞭である。一方、オフセット記録 VSP-8 では、R1～R3 にほぼ対応する反射波は認められるが、R4, R5 に対応するものは明瞭ではない。

(c) チューブ波発生深度におけるゼロオフセット記録は、T1, T4 はやや振幅の大きいトラフ（白ヌキ部）に対応するが、他の T2, T3, T5 には明瞭な反射波は対応していない。

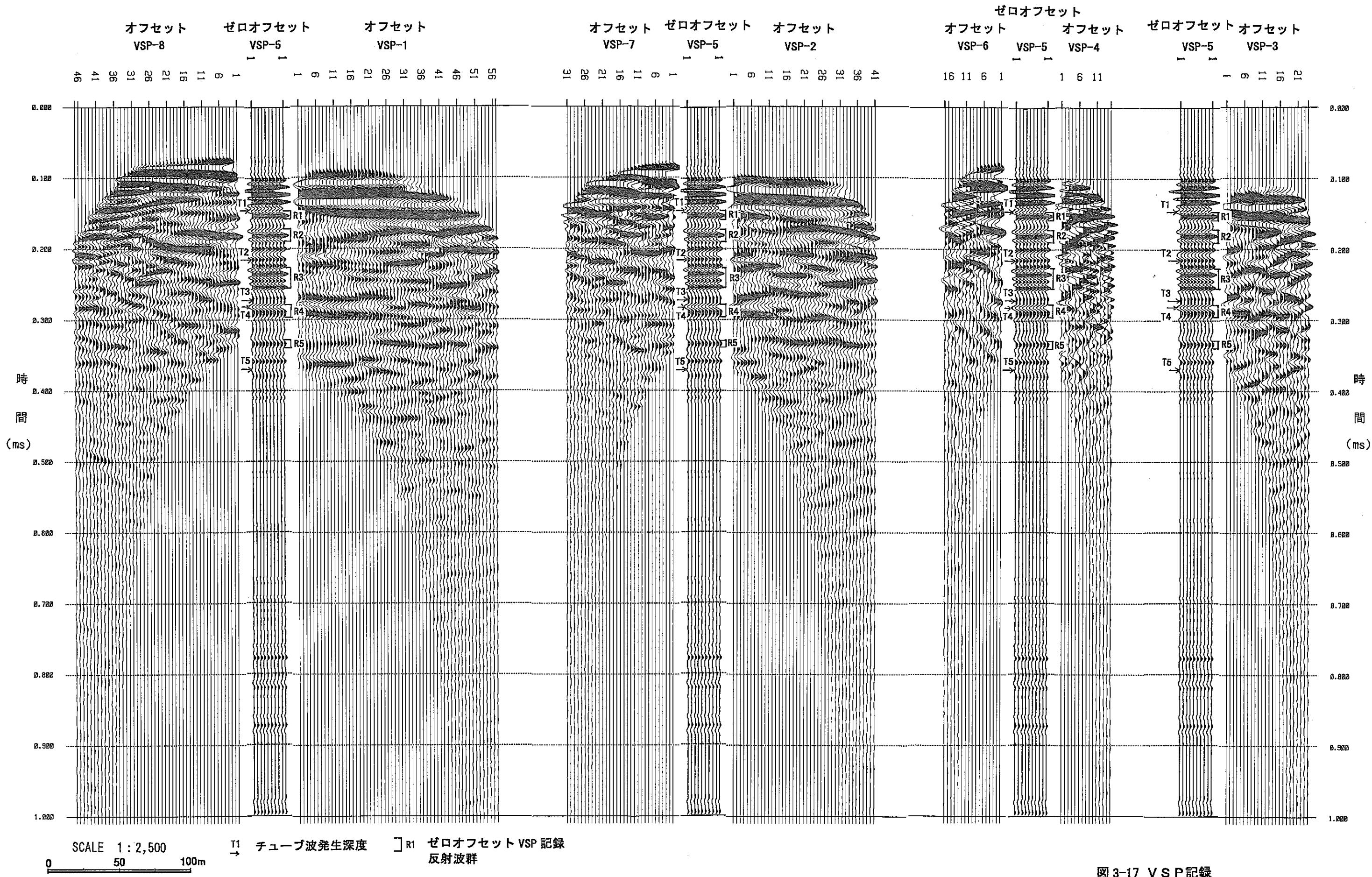


図 3-17 V S P 記録

4. 総合解析

反射法探査、VSP探査および孔井データをコンパイルし、総合解析した結果は以下のとおりである。

(1) MIU-1号VSP記録と孔井データの対比

MIU-1号のゼロオフセットVSP記録と地層・検層データの対比を図4-1に示す。図には、ゼロオフセット記録の比較的振幅の大きい反射波群(R1～R5)、チューブ波発生深度(T1～T5)を記入し、また、ゼロオフセット記録(0秒；標高250m)は孔口標高にあわせるため、23msシフトさせている。

ゼロオフセットVSP記録の反射波群R1～R5は、R1を除いて割れ目密度が大きいゾーンに概ね対応する。逆に、深度250m前後の破碎ゾーンに対応するゼロオフセット記録に反射波は認められない。音波検層との対比では、R2、R3、R4が音波速度の変動部に対応するが、R1、R5では音波速度に変動は認められない。また、反射波群R1～R5とその他の検層データとの相関は明らかではない。

透水性亀裂の存在を示唆するチューブ波発生深度(T1～T5)は、全体に各検層の異常部あるいは変化部によく対応している。特にT3を除くチューブ波発生深度は、割れ目密度が15本/m以上および音波速度の変化部によく対応している。ただし、これらのチューブ波発生深度は、割れ目密度が15本/m以上のものが幅広く分布するゾーンではなく、幅の狭い割れ目密度が大きい個所に対応する。

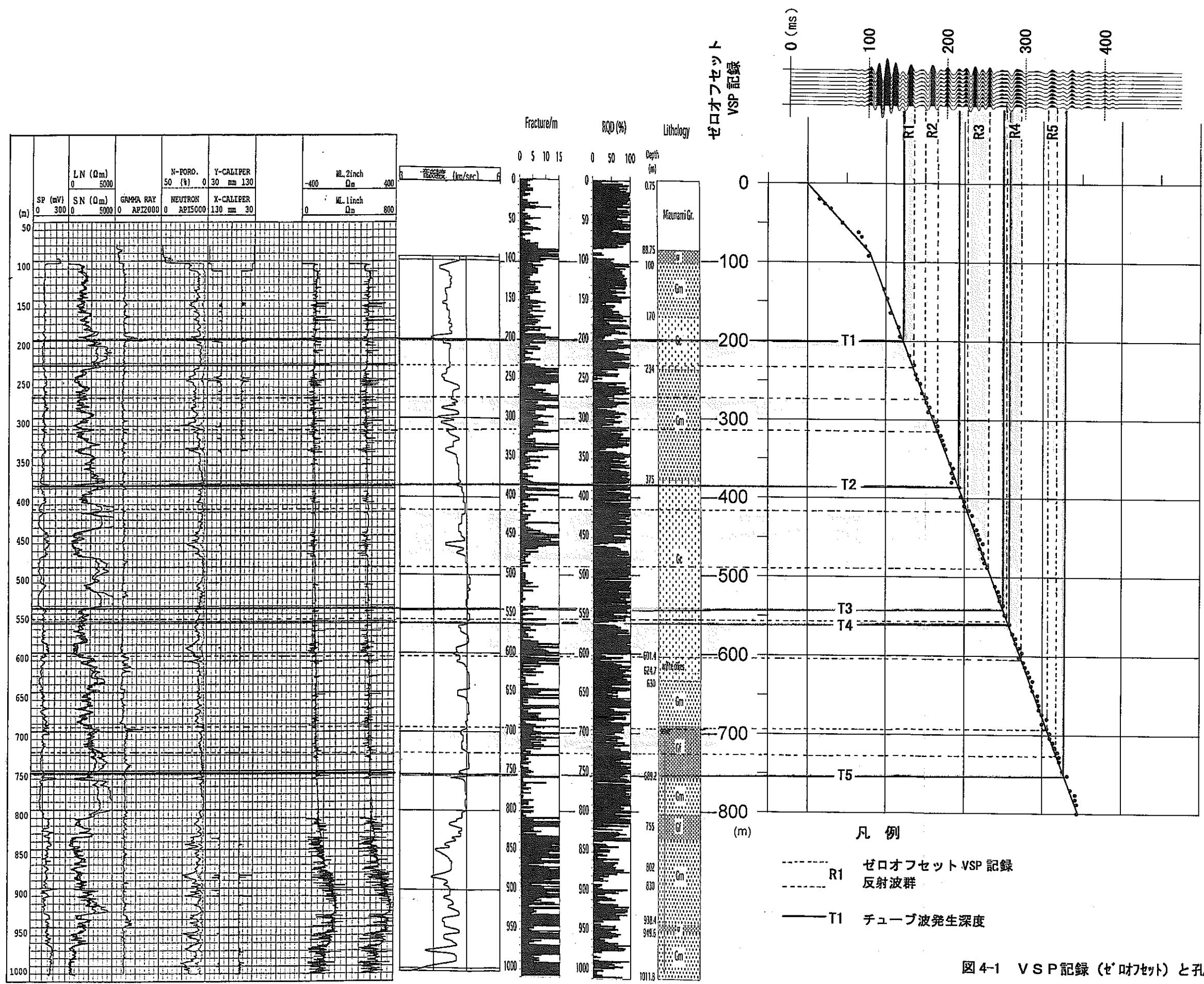
(2) 反射法探査時間断面とVSP記録の対比

図4-2、4-3および4-4に、反射法探査時間断面図(マイグレーション前)とゼロオフセットVSP記録、オフセットVSP記録VSP-1,8およびオフセットVSP記録VSP-4,6の対比図を示す。

図4-2において、反射法時間断面のMIU-1号孔付近では100～350ms間に断片的に水平あるいは南緩傾斜の反射波が認められ、ゼロオフセット記録においてもほぼ同区間に反射波が認められる。しかし、両者の個々の反射波については一致するものは少ない。これはMIU-1号孔と反射法探査測線(重合測線)とが離れているためと考えられる。また、反射法時間断面で推定される基盤上面が、ゼロオフセット記録の基盤上面と一致しないのも同様の理由と考えられる。

図4-3の反射法時間断面とオフセットVSP記録VSP-1,8の対比図では、ほぼ同区間に反射波が認められる。また、全体にMIU-1号孔の南側で北傾斜、北側でほぼ水平で、反射波の傾斜は概ね一致するが、個々の反射波については明らかではない。

図4-4の反射法時間断面とオフセットVSP記録VSP-4,6との対比図では、ほぼ同区間に反射波が認められるが、全体にVSP記録の質がよくないため、個々の反射波については明らかではない。



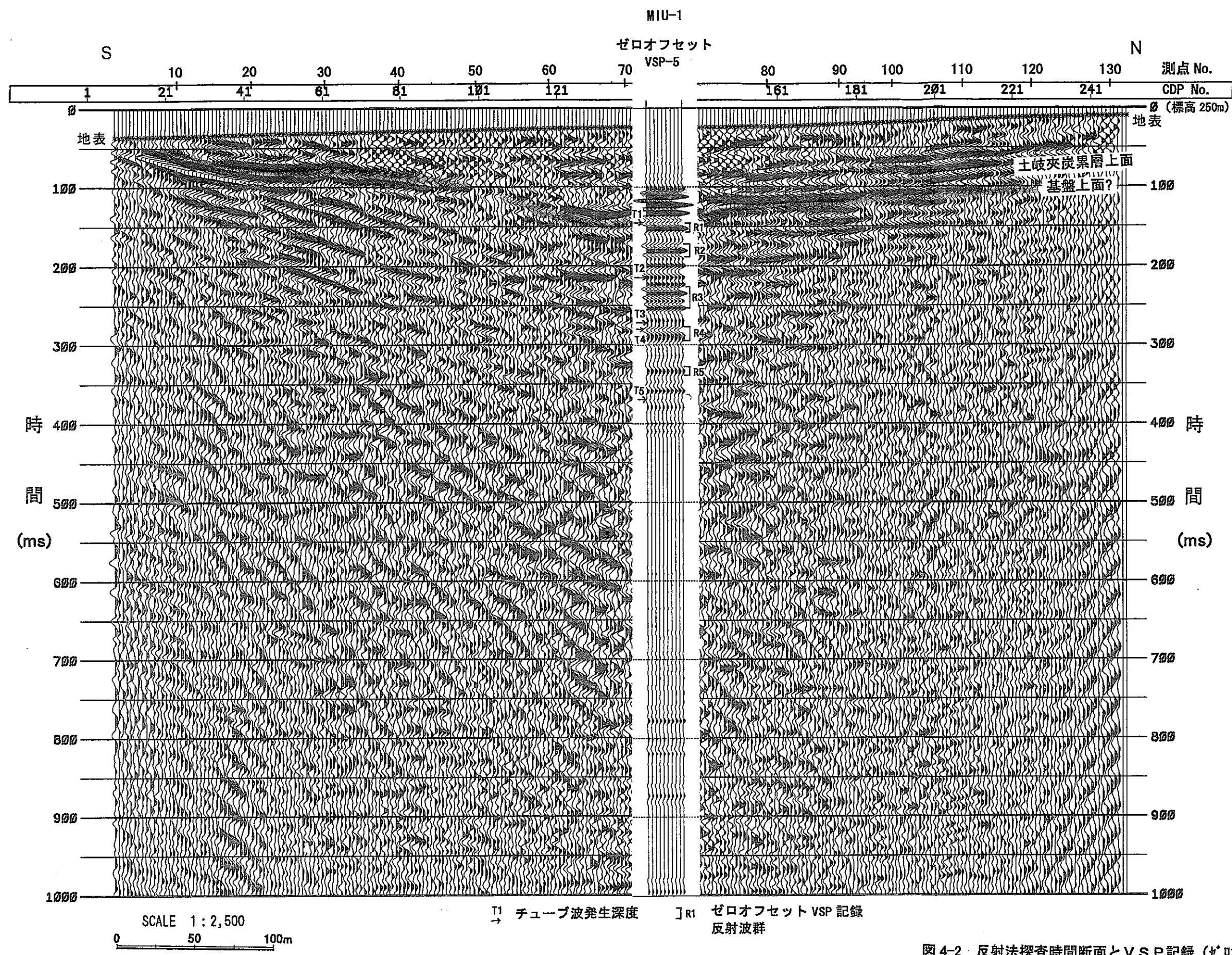


図 4-2 反射法探査時間断面と V S P 記録 (ゼロセット) の対比

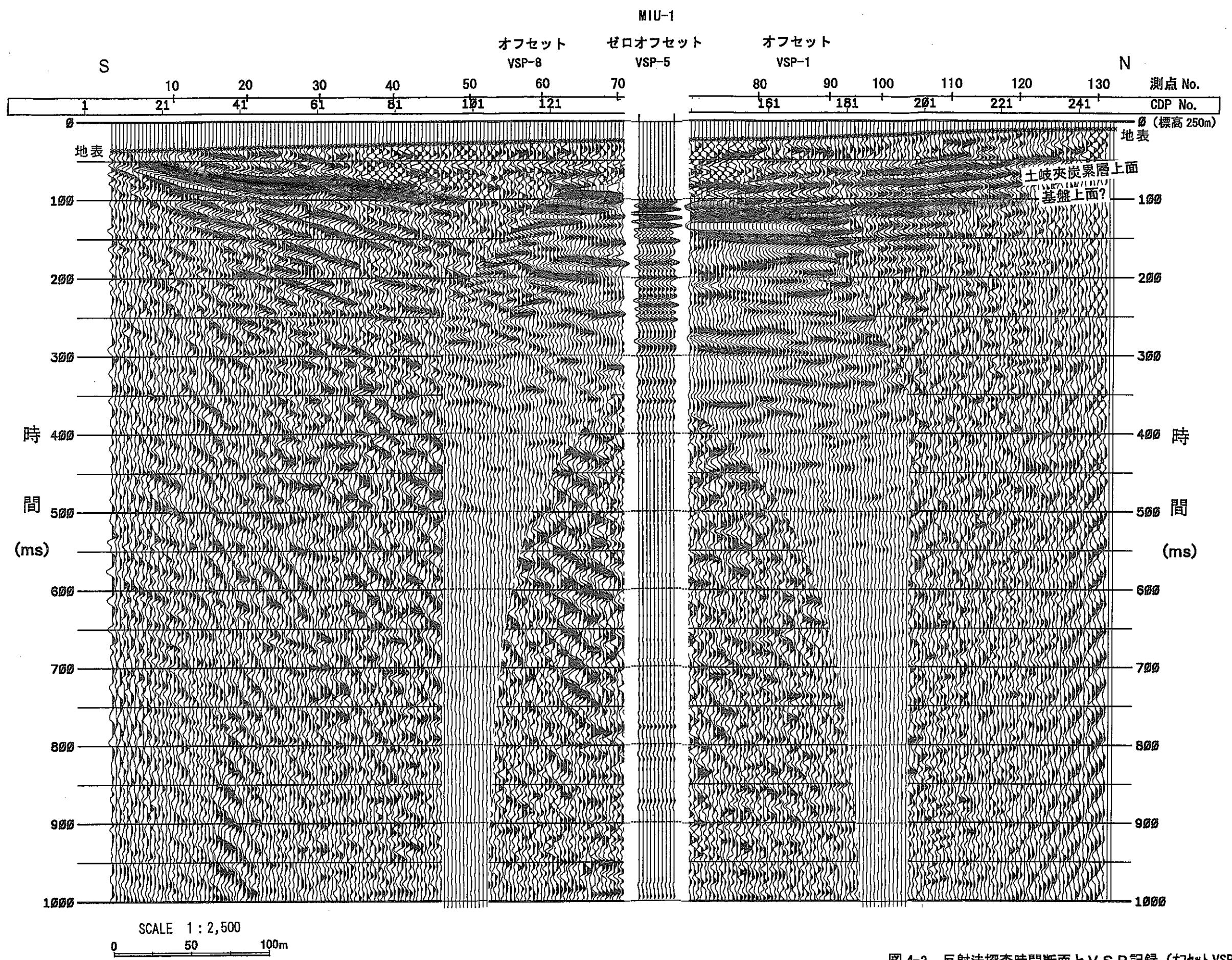


図 4-3 反射法探査時間断面と VSP 記録（オフセット VSP1, 8）の対比

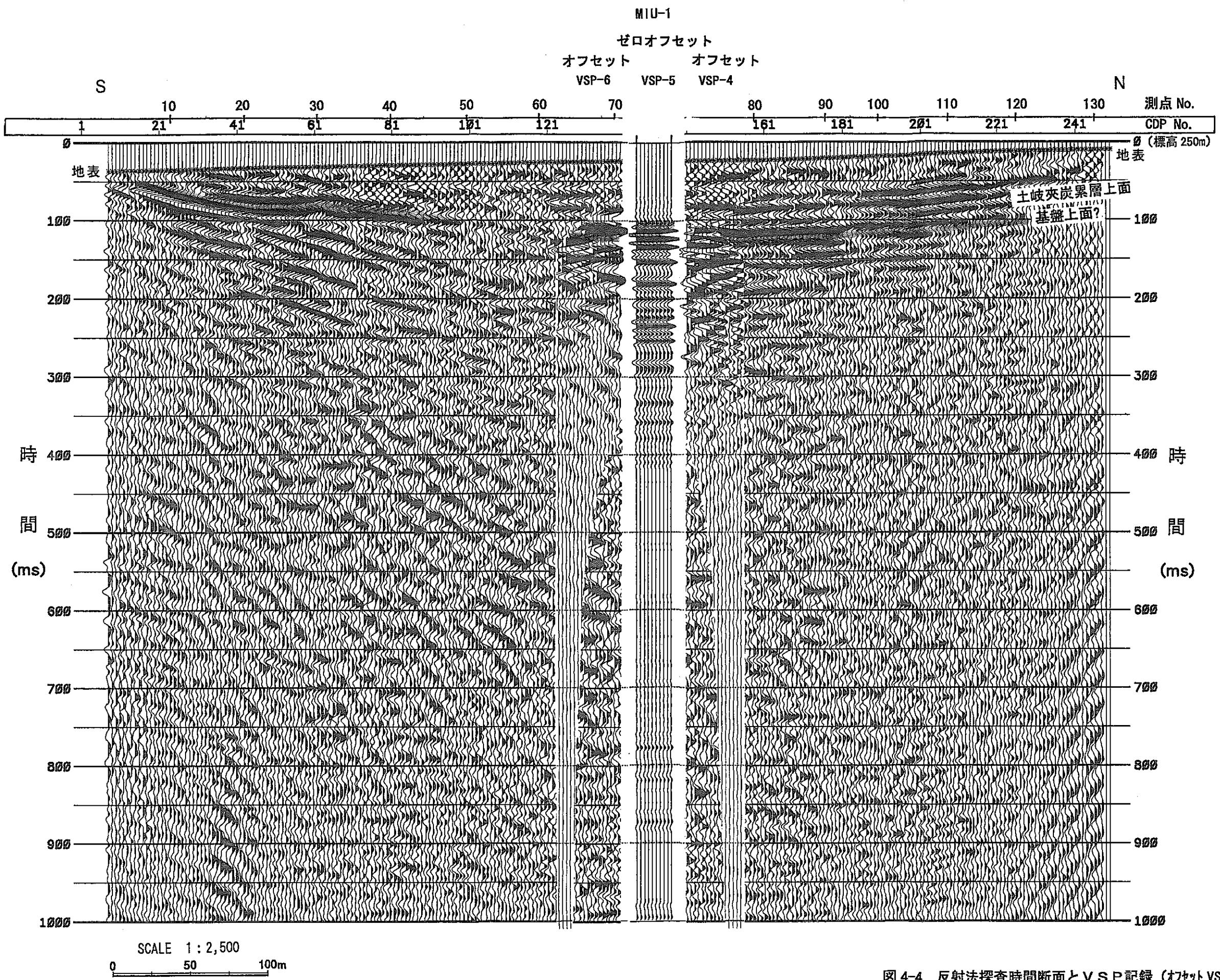


図 4-4 反射法探査時間断面と VSP 記録（オフセット VSP4, 6）の対比

(3) 反射法探査深度断面と孔井データの対比

図 4-5 に反射法探査深度断面図（マイグレーション後）と AN-1, MIU-1, MIU-2 号孔の地質柱状・割れ目密度・R QD との対比図を示す。なお、反射法の時間断面から深度断面の変換に際しては、地表～基盤上面付近間は表層補正時に得られた区間速度を、基盤内では VSP 走時曲線より求められた速度分布を使用したが、孔井データとは基盤付近より深部で深度にずれが認められる。このためここでは、反射法深度断面と孔井データとの十分な対比は行っていない。また、断面図上では、見やすいようトラフ（白ヌキ部分）に色付けしているが、ここでは半波長上のピーク（黒塗り部分の中央）を指している。

MIU-1 号孔地質柱状との対比から、黄色の反射波は土岐夾炭累層上面に対応する。本反射波は、測点 No. 50 以北では概ね地表下 40～50m 間にあり、地表面にほぼ平行する。測点 No. 50 以南では不明瞭である。

紫色の反射波は孔井データと深度が一致しないが、反射波の振幅の強さから基盤上面に對応すると推定される。本反射波は、測線中央の測点 No. 60～70 間で最も深く（深度約 160m）、全体に両側に向かって浅くなる。本反射波は、測点 No. 50 付近で落差が認められ、断層の存在の可能性も指摘される。一方、AN-1 号孔の深度 221～224m に断層が推定されているが、これに連続するかは不明である。なお、反射法断面で基盤上面と推定される反射波と孔井で深度が一致しないのは、測線とこれら孔井が離れていることが大きな原因と推定されるが、前述したように深度変換の問題も考えられる。

紫色の強反射波以深では、測点 No. 50 付近を境に北側では南緩傾斜、南側では北急傾斜の反射波が卓越する。これらの反射波付近では割れ目密度が大きいようにも見受けられるが、孔井と測線が離れていること、深度変換やマイグレーションの問題があり、個々の反射波の対比はむずかしい。

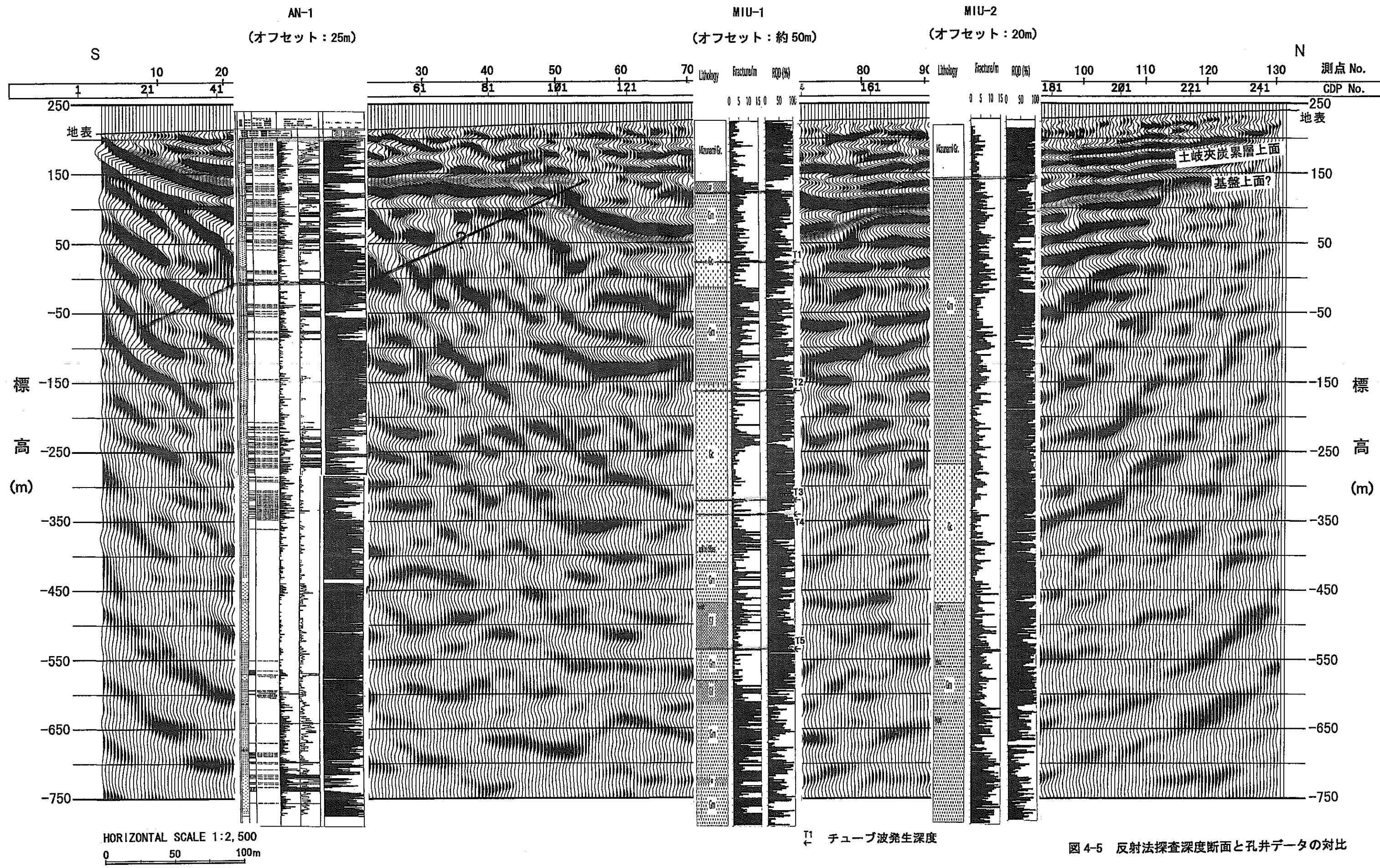


図 4-5 反射法探査深度断面と孔井データの対比

5. おわりに

地下構造探査における弾性波探査の適用性評価の一環として、正馬様洞用地内の堆積岩の堆積構造、基盤花崗岩体上面の起伏および同岩体内部の変質、破碎帶の分布などの地質構造を把握することを目的に、ミニバイブ振源（小型バイブルータ）を用いたP波反射法探査およびMIU-1号孔を対象としたマルチオフセットVSP探査を実施した。

) 本調査の結果、以下のことが明らかにされた。

- ・反射法探査断面で土岐夾炭累層上面に対応する反射波は、測点No.50以北では深度40～50mで地表面にほぼ平行している。
- ・基盤上面に対応すると推定される強反射波は、測線中央の測点No.60～70間で深度約160mと最も深く、全体に両側に向かって浅くなる。本反射波の測点No.50付近には断層の存在の可能性が指摘される。
- ・強反射波以深においては、測点No.50付近より北側では断片的な南緩傾斜する反射波が、南側では北急傾斜の反射波が100～350ms（標高約150～-550m）間に把握された。
- ・MIU-1号孔付近では、VSP記録でも反射法探査断面とほぼ同区間で反射波が把握された。ただし、個々の反射波については反射法探査断面のものと一致するものは少ないが、これはMIU-1号孔と反射法探査測線（重合測線）とが離れているためと推定される。
- ・ゼロオフセットVSP記録の比較的振幅の大きい反射波群は、一部を除いて割れ目密度が大きいゾーンに概ね対応する。
- ・透水性亀裂の存在を示唆するチューブ波は、200, 386, 542, 560, 752mの5深度に発生し、全体に各検層記録の異常部あるいは変化部に対応する。特に542mを除くチューブ波発生深度は、音波速度の変化部および割れ目密度が15本/m以上の個所によく対応している。しかし、チューブ波発生深度には、ゼロオフセット記録の明瞭な反射波が必ずしも対応しない。

) 以上

卷末資料

1. 反射法探査測定記録
2. 反射法探査測量成果
3. V S P探査測定記録
4. 調査写真

1. 反射法探査測定記録

OBSERVER'S REPORTS

No. /

Date : 1999/Feb./ 2	Area : TONO	Line : Site 14A	Line Orientation : N → S				
Record Length : 2.048 sec	Sample Rate : 1 msec	No. of Traces : 118(59×2)					
S.P. Interval : 5 m	Shot Array : spot						
Sweep Freq. : 20 - 150 Hz	Sweep Length : 10 sec	Source : Minivib T-2500					
Group Interval : 5 m	Group Pattern : 1m × 6pcs	Type of Phones : UM-2 (10 Hz)					
Spread Configuration : OFF END/SPLIT		Recording Equipment : Strataview R60×2					
Low-cut: OUT	High-cut: OUT	Notch: OUT	Serial No. 75177&75178				
Directory : TONO	Tape No. :						
Density : Low (EXB-5200)	Format : SEG-Y	Type of Tape : 8mm					
No.	File No.	Shot Location	Eq. 75177	Eq. 75178	Rota-Long Switch	No. of Stack	Remarks
			2ch	60ch	2ch	1ch	for pilot
1	1	132	16	74	76	132	
2	2	1	1	1	1	1	20 - 150Hz
3	3	132	16	74	76	132	K 20 - 200Hz
4	4	132	16	74	76	132	4 production (20 - 150Hz) RP 83 dead
5	5	131					
6	6	130					
7	7	129					
8	8	128				4	
9	9	127				5	
10	10	126				4	
11	11	125					
12	12	124					
13	13	123					
14	14	122					
15	15	121					
16	16	120					
17	17	119					
18	18	118					
19	19	117					
20	20	116					
21	21	115					
22	22	114					
23	23	113					
24	24	112					
25	25	111					
26	26	110					
27	27	109					
28	28	108					
29	29	107	16	74	76	132	4
30	30	106			1	1	
31	31	105			1		
32	32	104					
33	33	103					
34	34	102					
35	35	101					
36	36	100					
37	37	99					
38	38	98					
39	39	97					
40	40	96	16	74	76	132	4

OBSERVER'S REPORTS

No. 2

Date : 1999/Feb./2			Area : TONO			Line : SHOMA Line Orientation : N → S		
Record Length : 2.048 sec			Sample Rate : 1 msec			No. of Traces : 118(59×2)		
S.P. Interval : 5 m			Shot Array : spot			Source : Minivib T-2500		
Sweep Freq. : 20 - 150 Hz			Sweep Length : 10 sec			Type of Phones : UM-2 (10 Hz)		
Group Interval : 5 m			Group Pattern : 1m×6pcs			Recording Equipment : Strataview R60×2		
Spread Configuration : OFF END/SPLIT						Serial No.75177&75178		
Low-cut : OUT			High-cut : OUT			Notch : OUT		
Directory : TONO			Tape No. :					
Density : Low (EXB-5200)			Format : SEG-Y			Type of Tape : 8mm		
No.	File No.	Shot Location	Eq. 75177		Eq. 75178		Rota-Long Switch	No. of Stack 1ch for pilot
			2ch	60ch	2ch	60ch		
1	41	95	16	74	76	132	X	
2	42	94						
3	43	93						
4	44	92						
5	45	91						
6	46	90						
7	47	89						
8	48	88						
9	49	87						
10	50	86						
11	51	85						
12	52	84						
13		83						No shot
14	53	82						
15	54	81						
16	55	80						
17	56	79						
18	57	78						
19	58	77						
20	59	76						
21	60	75						
22	61	74						
23	62	73	16	74	76	132	X	
24	63	72	1	59	61	119	X	
25	64	71			1	1		
26	65	70						
27	66	69						
28	67	68						
29	68	67						
30	69	66						
31	70	65						
32	71	64						
33	72	63						
34	73	62						
35	74	61						
36	75	60						
37	76	59						
38	77	58						
39	78	57						
40	79	56	1	59	61	119	X	

OBSERVER'S REPORTS

No. 3

Date : 1999/Feb./ 3 Area : TONO Line : SHOMA Line Orientation : N→S
 Record Length : 2,048 sec Sample Rate : 1 msec No. of Traces : 118(59×2)
 S.P. Interval : 5 m Shot Array : spot
 Sweep Freq. : 20 ~ 150 Hz Sweep Length : 10 sec Source : Minivib T-2500
 Group Interval : 5 m Group Pattern : 1m×6pcs Type of Phones : UM-2 (10 Hz)
 Spread Configuration : OFF END/SPLIT Recording Equipment : Strataview R60×2
 Low-cut : OUT High-cut : OUT Notch : OUT Serial No. 75177&75178
 Directory : TONO Tape No. :
 Density : Low (EXB-5200) Format : SEG-Y Type of Tape : 8mm

No.	File No.	Shot Location	Eq. 75177		Eq. 75178		Rota-Long Switch	No. of Stack	1ch for pilot	Remarks
			2ch	60ch	2ch	60ch				
1	80	55	/	59	61	119		4		
2	81	54			/	/				
3	82	53			/	/				
4	83	52								
5	84	51								
6	85	50								
7	86	49								
8	87	48								
9	88	47								
10	89	46 48								NG
11	90	45 47								NG
12	91	44 46								
13	92	45								
14	93	44								
15	94	43								
16	95	42								
17	96	41								
18	97	40								
19	98	39								
20	99	38								
21	100	37								
22	101	36								
23	102	35								
24	103	34								
25	104	33								
26	105	32								
27	106	31								
28	107	30								
29	108	29								
30	109	28								
31	110	27								
32	111	26								
33	112	25								
34	113	24								
35	114	23								
36	115	22								
37	116	21								
38	117	20								
39	118	19								NG
40	119	19	1	59	61	119		6		

2. 反射法探查測量成果

東濃反射法探査 測量成果

発振点(=受振点)

測点No.	ΣY	ΣX	標高
1	5433.992	-68968.500	207.466
2	5435.328	-68963.682	207.865
3	5436.664	-68958.864	208.264
4	5438.000	-68954.046	208.663
5	5439.336	-68949.228	209.063
6	5441.046	-68944.530	209.462
7	5442.756	-68939.832	209.861
8	5444.466	-68935.134	210.261
9	5446.176	-68930.436	210.541
10	5447.886	-68925.738	210.826
11	5449.596	-68921.040	211.103
12	5451.306	-68916.342	211.383
13	5453.016	-68911.644	211.667
14	5454.726	-68906.946	211.940
15	5456.720	-68902.361	211.990
16	5458.714	-68897.776	212.041
17	5460.708	-68893.191	212.095
18	5462.702	-68888.606	212.141
19	5464.696	-68884.021	212.204
20	5466.365	-68879.308	212.266
21	5468.034	-68874.595	212.329
22	5469.703	-68869.882	212.391
23	5467.669	-68865.314	212.844
24	5465.635	-68860.746	213.298
25	5463.601	-68856.178	213.751
26	5461.567	-68851.610	214.205
27	5459.533	-68847.042	214.658
28	5458.794	-68842.097	214.867
29	5458.055	-68837.152	215.077
30	5457.316	-68832.207	215.286
31	5456.577	-68827.262	215.498
32	5455.838	-68822.317	215.705
33	5455.969	-68817.319	215.912
34	5456.100	-68812.321	216.126
35	5456.231	-68807.323	216.279
36	5457.142	-68802.407	216.433
37	5458.053	-68797.491	216.586
38	5458.964	-68792.575	216.739
39	5460.756	-68787.907	216.893
40	5462.548	-68783.239	217.047
41	5464.340	-68778.571	217.200
42	5465.676	-68773.753	217.354
43	5467.012	-68768.935	217.507
44	5467.012	-68763.935	217.713
45	5467.012	-68758.935	217.920
46	5465.592	-68754.141	218.126
47	5464.172	-68749.347	218.333
48	5462.752	-68744.553	218.540
49	5461.332	-68739.759	218.746
50	5459.912	-68734.965	218.953
51	5458.492	-68730.171	219.159
52	5457.072	-68725.377	219.367
53	5455.652	-68720.583	219.573

測点No.	ΣY	ΣX	標高
54	5454.232	-68715.789	219.779
55	5452.812	-68710.995	219.986
56	5451.392	-68706.201	220.193
57	5449.600	-68701.533	220.469
58	5447.808	-68696.865	220.745
59	5446.016	-68692.197	221.021
60	5444.224	-68687.529	221.298
61	5442.432	-68682.861	221.574
62	5440.640	-68678.193	221.850
63	5440.335	-68673.202	222.127
64	5440.030	-68668.211	222.403
65	5439.725	-68663.220	222.476
66	5439.420	-68658.229	222.548
67	5439.115	-68653.238	222.621
68	5436.283	-68649.117	222.693
69	5434.863	-68644.323	222.766
70	5433.443	-68639.529	222.839
71	5432.023	-68634.735	222.912
72	5430.603	-68629.941	222.985
73	5429.183	-68625.147	223.057
74	5427.763	-68620.353	223.130
75	5426.343	-68615.559	223.209
76	5426.038	-68610.568	223.288
77	5425.733	-68605.577	223.367
78	5425.428	-68600.586	223.446
79	5425.123	-68595.595	223.526
80	5424.818	-68590.604	223.613
81	5422.548	-68586.149	223.701
82	5420.278	-68581.694	223.789
83	5418.008	-68577.239	223.876
84	5415.738	-68572.784	223.964
85	5413.468	-68568.329	224.051
86	5411.198	-68563.874	224.249
87	5411.329	-68558.876	224.447
88	5411.460	-68553.878	224.644
89	5415.026	-68550.373	224.842
90	5418.592	-68546.868	225.040
91	5422.158	-68543.363	225.426
92	5425.724	-68539.858	225.811
93	5429.290	-68536.353	226.187
94	5432.856	-68532.848	226.583
95	5436.070	-68529.018	226.969
96	5439.284	-68525.188	227.355
97	5440.912	-68520.460	228.479
98	5442.540	-68515.732	229.604
99	5444.168	-68511.004	230.728
100	5444.734	-68506.036	231.021
101	5445.300	-68501.068	231.315
102	5445.866	-68496.100	231.608
103	5445.127	-68491.155	231.902
104	5444.388	-68486.210	232.195
105	5442.515	-68481.574	232.946
106	5440.642	-68476.938	233.696
107	5437.200	-68473.311	234.447
108	5433.758	-68469.684	234.642
109	5429.495	-68467.072	234.839

測点No.	ΣY	ΣX	標高
110	5425.232	-68464.460	235.035
111	5420.969	-68461.848	235.230
112	5416.706	-68459.236	235.426
113	5413.201	-68455.670	235.622
114	5409.696	-68452.104	235.818
115	5406.864	-68447.983	236.089
116	5404.032	-68443.862	236.361
117	5401.200	-68439.741	236.632
118	5398.368	-68435.620	236.903
119	5395.536	-68431.499	237.174
120	5392.704	-68427.378	237.446
121	5389.872	-68423.257	237.717
122	5387.602	-68418.802	237.949
123	5385.332	-68414.347	238.182
124	5383.062	-68409.892	238.414
125	5380.792	-68405.437	238.646
126	5377.996	-68401.292	238.878
127	5375.200	-68397.147	239.111
128	5372.404	-68393.002	239.343
129	5369.829	-68388.716	239.575
130	5367.254	-68384.430	239.691
131	5366.129	-68379.558	239.808
132	5365.004	-68374.686	242.031
VSP-5	5477.143	-68636.487	219.802
MIU-1	5488.826	-68629.358	220.074

3. V S P 探査測定記録

OBSERVER'S REPORTS

No. /

Date : 1999/Feb./5
Record Length : 2,048 sec
S.P. Interval : m
Sweep Freq. : 20 - 150 Hz
Hydrophone Interval : 2 m
Spread Configuration : OFF END/SPLIT
Low-cut : OUT
Directory : TONO VSP
Density : Low (EXB-5200)

Area : TONO Line : No. #5 Line Orientation : down
Sample Rate : 1 msec No. of Traces : 24
Shot Array : spot
Sweep Length : 10 sec Source : Minivib T-2500
Group Pattern : Type of Phones : DH-6
Recording Equipment : Strataview R60
High-cut : OUT Notch : OUT Serial No. 75178
Tape No. :
Format : SEG-Y Type of Tape : 8mm

OBSERVER'S REPORTS

No. 2

Date : 1999/Feb/5	Area : TONO	Line : No. 3-4	Line Orientation : up				
Record Length : 2.048 sec	Sample Rate : 1 msec	No. of Traces : 24					
S.P. Interval : m	Shot Array : spot						
Sweep Freq. : 20 - 150 Hz	Sweep Length : 10 sec	Source : Minivib T-2500					
Hydrophone Interval : 2 m	Group Pattern :	Type of Phones : DH-6					
Spread Configuration : OFF END/SPLIT		Recording Equipment : Strataview R60					
Low-cut : OUT	High-cut : OUT	Notch : OUT	Sirial No. 75178				
Directory : TONO\SP	Tape No. :						
Density : Low (EXB-5200)	Format : SEG-Y	Type of Tape : 8mm					
No.	File No.	Shot Location	Location(Depth)	Rota-Long Switch	No. of Stack	1ch for pilot	Remarks
37			37 ch	ch	ch	60 ch	
1	234	Alo. 3	776				ch 2-5: up hole
2							
3	235	No. 34	776		822		ch 1, 15, 16 dead
4	236	No. 35	752		798		"
5	237		708		754		"
6	238		706		752		"
7	239		662		708		ch 1, 16 dead
8	240		660		706		"
9	241		618		664		
10	242		616		662		
11	243		572		618		
12	244		570		616		
13	245		526		572		
14	246		524		570		
15	247		480		526		
16	248		478		524		
17	249		434		480		
18	250		432		478		
19	251		388		434		
20	252		386		432		
21	253		342		388		
22	254		340		386		
23	255		296		342		
24	256		294		340		
25	257		250		296		
26	258		248		294		
27	259		204		250		
28	260		202		248		
29	261		158		204		
30	262		156		202		
31	263		112		158		
32	264		110		156		
33	265		66		112		
34	266		64		110		
35	267		20		66		
36	268	No. 74	18		64	2	ch 1, 16 dead
37							
38							
39							
40							

OBSERVER'S REPORTS

No. 3

Date : 1999/Feb./ 8 Area : TONO Line : Line Orientation : Down
 Record Length : 2.048 sec Sample Rate : 1 msec No. of Traces : 24
 S.P. Interval : m Shot Array : spot
 Sweep Freq. : 20 - 150 Hz Sweep Length : 10 sec Source : Minivib T-2500
 Hydrophone Interval : 2 m Group Pattern : Type of Phones : DH-6
 Spread Configuration : OFF END/SPLIT Recording Equipment : Strataview R60
 Low-cut : OUT High-cut : OUT Notch : OUT Serial No. 75178
 Directory : TONO\SP Tape No. :
 Density : Low (EXB-5200) Format : SEG-Y Type of Tape : 8mm

OBSERVER'S REPORTS

No. 4

Date : 1999/Feb./8 Area : TONO Line : Line Orientation : Up
 Record Length : 2.048 sec Sample Rate : 1 msec No. of Traces : 24
 S.P. Interval : m Shot Array : spot
 Sweep Freq. : 20 - 150 Hz Sweep Length : 10 sec Source : Minivib T-2500
 Hydrophone Interval : 2 m Group Pattern : Type of Phones : DH-6
 Spread Configuration : OFF END/SPLIT Recording Equipment : Strataview R60
 Low-cut : OUT High-cut : OUT Notch : OUT Serial No. 75178
 Directory : TONO VSP Tape No. :
 Density : Low (EXB-5200) Format : SEG-Y Type of Tape : 8mm

OBSERVER'S REPORTS

No. 5

Date : 1999/Feb/9 Area : TONO Line : A/B Line Orientation : down
 Record Length : 2.048 sec Sample Rate : 1 msec No. of Traces : 24
 S.P. Interval : m Shot Array : spot
 Sweep Freq. : 20 - 150 Hz Sweep Length : 10 sec Source : Minivib T-2500
 Hydrophone Interval : 2 m Group Pattern : Type of Phones : DH-6
 Spread Configuration : OFF END/SPLIT Recording Equipment : Strataview R60
 Low-cut : OUT High-cut : OUT Notch : OUT Serial No. 75178
 Directory : TONO\SPS Tape No. :
 Density : Low (EXB-5200) Format : SEG-Y Type of Tape : 8mm

OBSERVER'S REPORTS

No. 6

Date : 1999/Feb/ 9	Area : TONO	Line :	Line Orientation : up						
Record Length : 2.048 sec	Sample Rate : 1 msec	No. of Traces : 24							
S.P. Interval : m	Shot Array : spot								
Sweep Freq. : 20 - 150 Hz	Sweep Length : 10 sec	Source : Minivib T-2500							
Hydrophone Interval : 2 m	Group Pattern :	Type of Phones : DH-6							
Spread Configuration : OFF END/SPLIT		Recording Equipment : Strataview R60							
Low-cut : OUT	High-cut : OUT	Notch : OUT	Sirial No. 75178						
Directory : TONO USP	Tape No. :								
Density : Low (EXB-5200)	Format : SEG-Y	Type of Tape : 8mm							
No.	File No.	Shot Location	Location(Depth)				Rota-Long Switch	No. of Stack	Remarks
			5ch	ch	ch	60 ch			
1									ch 1, 15 dead ch 2-5: uphole
2									
3	383	No.8	758		804		8		
4	384	(Extr No.26176)	754		800		1 NG		
5	385		754		800		8		
6	386		712		758		8		
7	387		708		754		8		ch 12, 24 noisy
8	388		666		712		6		
9	389		662		708		6		
10	390		620		666		6		
11	391		616		662		6		
12	392		574		620		6		
13	393		570		616		6		ch 12, 24 noisy
14	394		528		574		4		
15	395		524		570		4		
16	396		482		528		4		
17	397		478		524		4		ch 12, 24 noisy
18	398		436		482		1 NG		
19	399		432	436	478	482	4		
20	400		432		478		4		
21	401		390		436		4		
22	402		386		432		4		
23	403		344		390		4		
24	404		340		386		4		
25	405		298		344		4		ch 12, 24 noisy
26	406		294		340		4		
27	407		252		298		2		
28	408		248		294		2		
29	409		206		252		2		
30	410		202		248		1 NG		
31	411		768	202	248		2		
32	412		160		206		2		
33	413		156		202		2		
34	414		114		160		2		
35	415		110		156		1 NG		
36	416		68	110	156		2		
37	417		68		114		2		
38	418		64		110		2		
39	419		22		68		2		ch 8-15 noisy
40	420	No.8	18		64		2		

OBSERVER'S REPORTS

No. 27

Date : 1999/Feb./10
Record Length : 2.048 sec
S.P. Interval : m
Sweep Freq. : 20 - 150 Hz
Hydrophone Interval : 2 m
Spread Configuration : OFF END/SPLIT
Low-cut : OUT
Directory : TONO\VSP
Density : Low (EXB-5200)

Area : TONO Line : No. ? Line Orientation : down
 Sample Rate : 1 msec No. of Traces : 24
 Shot Array : spot
 Sweep Length : 10 sec Source : Minivib T-2500
 Group Pattern : Type of Phones : DH-6
 Recording Equipment : Strataview R60
 High-cut : OUT Notch : OUT Serial No. 75178
 Tape No. :
 Format : SEG-Y Type of Tape : 8mm

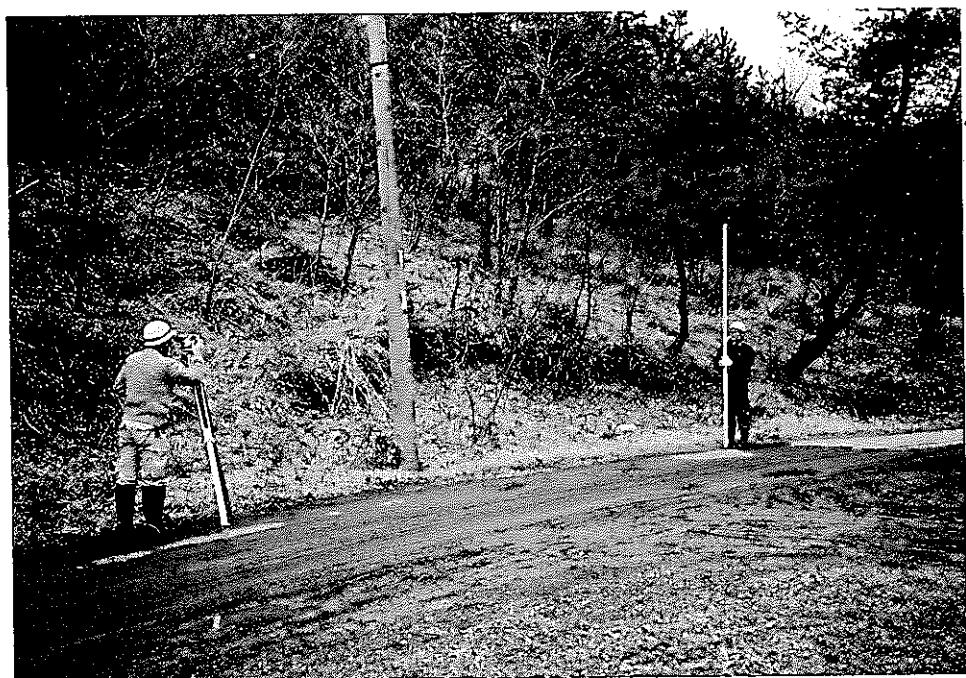
OBSERVER'S REPORTS

No. 28

Date : 1999/Feb./10	Area : TONO	Line : No.6	Line Orientation :
Record Length : 2.048 sec	Sample Rate : 1 msec	No. of Traces : 24	
S.P. Interval : m	Shot Array : spot	Source : Minivib T-2500	
Sweep Freq. : 20 - 1,50 Hz	Sweep Length : 10 sec	Type of Phones : DH-6	
Hydrophone Interval : 2 m	Group Pattern :	Recording Equipment : Strataview R60	
Spread Configuration : OFF END/SPLIT			
Low-cut : OUT	High-cut : OUT	Notch : OUT	Serial No. 75178
Directory : TONO VSP	Tape No. :		
Density : Low (EXB-5200)	Format : SEG-Y	Type of Tape : 8mm	

No.	File No.	Shot Location	Location(Depth)			Rota-Switch	Long-Stack	No. of 1ch	Remarks
			37 ch	ch	ch				
1									Ex 1, 16 dead ch 2-5 uphole
2									
3	456	N.6	758			804	8	12	Ch 24 noisy
4	457	(10.58m)	754			800	8	"	
5	458		712			758	8	"	
6	459		708			754	8	12	Ch 19 noisy
7	460		666			712	1	NG	
8	461		666			712	6		
9	462		662			708	6		
10	463		620			666	6	12, 24 noisy	
11	464		616			662	6		
12	465		574			620	6		
13	466		570			616	6	12	Ch 24 noisy
14	467		528			574	4	12	Ch 15 noisy
15	468		524			570	4	"	
16	469		482			528	4		
17	470		478			524	4		
18	471		436			482	4		
19	472		432			478	4		
20	473		390			436	4		
21	474		386			432	4	12, 24 noisy	
22	475		344			390	4	12	Ch 24 noisy
23	476		340			386	4	"	
24	477		298			344	4		
25	478		294			340	4		
26	479		252			298	2		
27	480		248			294	2		
28	481		206			252	2		
29	482		202			248	2		
30	483		160			206	2		
31	484		156			202	2		
32	485		114			160	2		
33	486		110			156	2		
34	487		68			114	2		
35	488		64			110	2		
36	489		22			68	2		
37	490		18			64	1		
38	491	N.6	18			64	2		
39									

4. 調 査 写 真



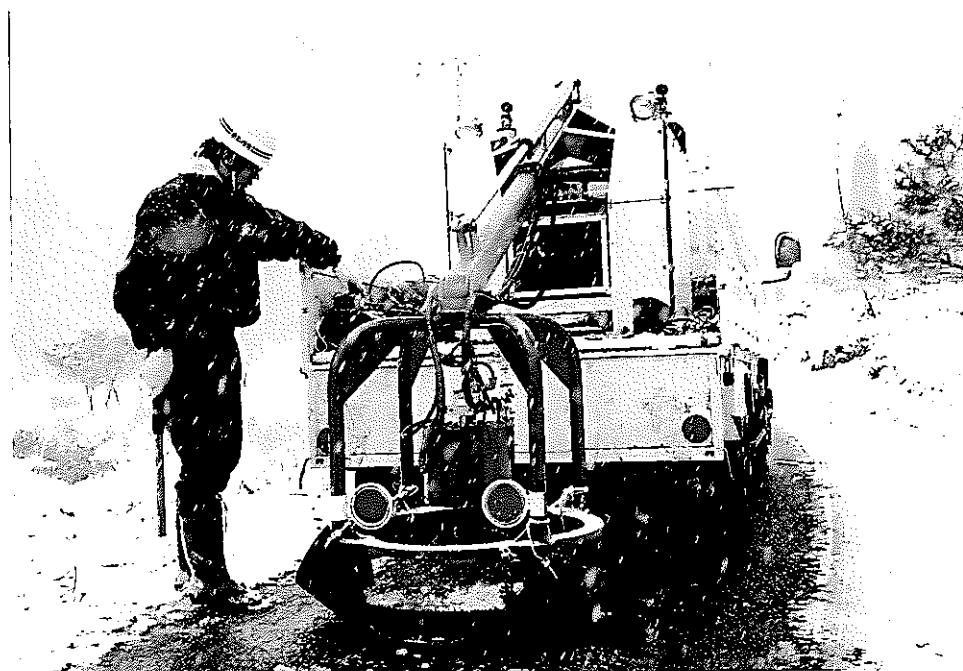
水準測量風景



トラバース測量風景



受振器設置作業



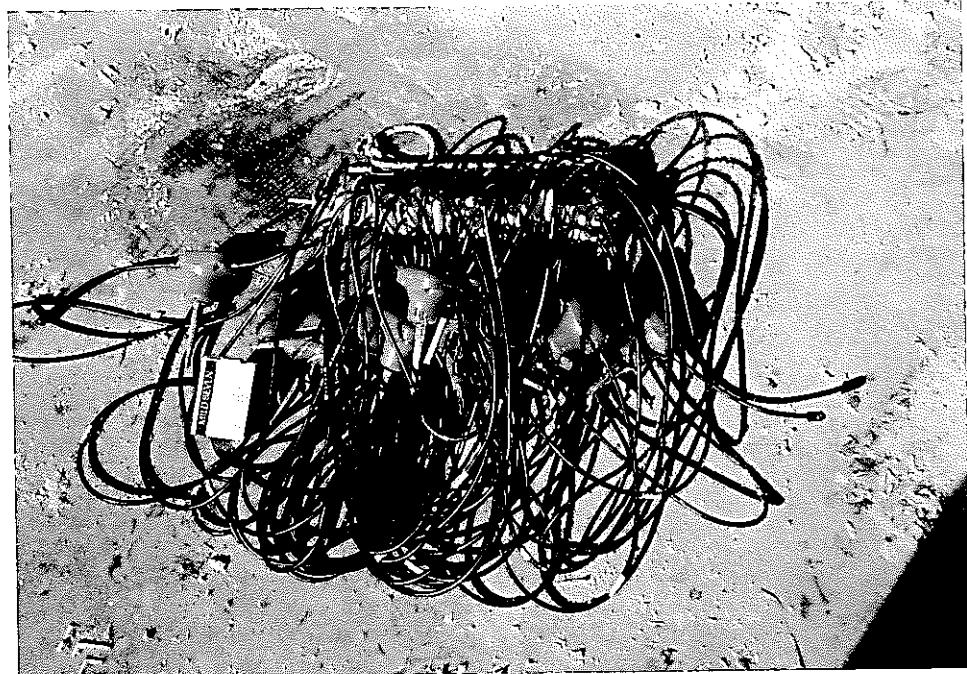
反射法発振作業風景 (minivib T-2500)



観測作業風景



探鉱機 (StrataView R60×2台)



受振器 (UM-2)



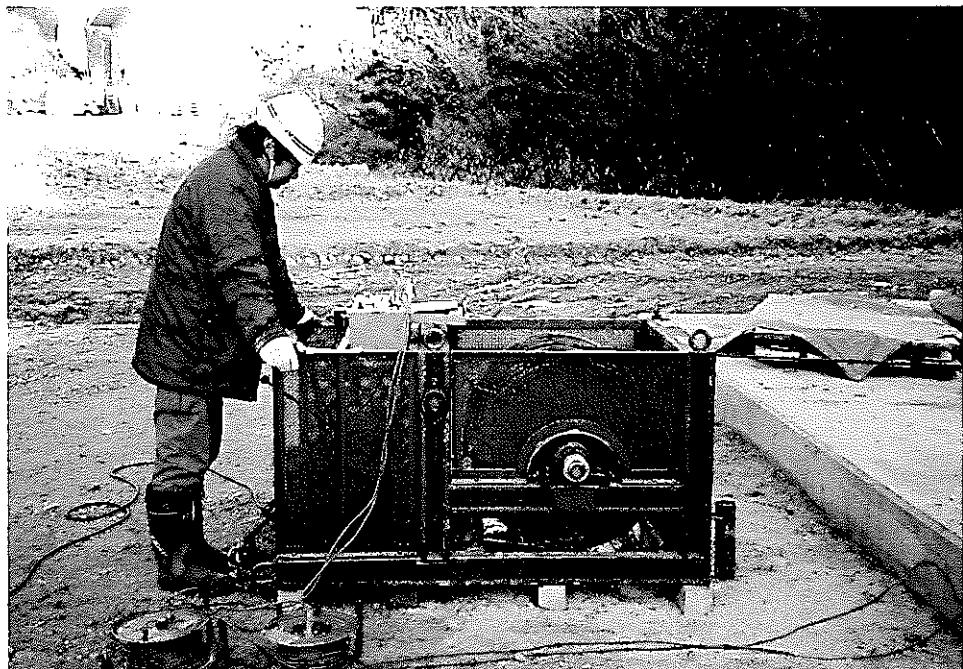
CDPケーブル (60ch)



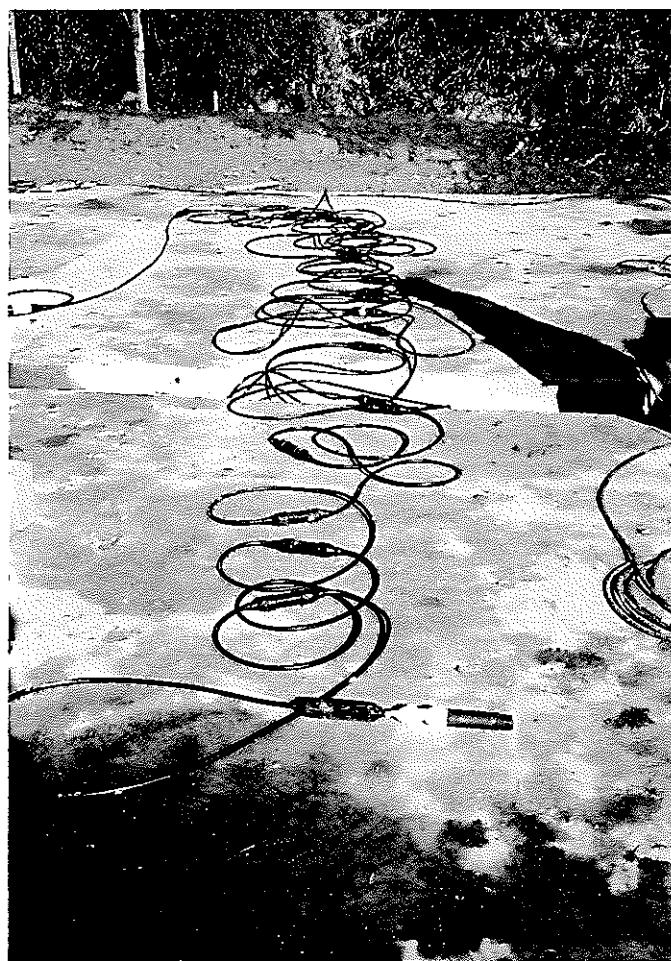
VSP発振作業風景



孔口装置



ワインチ（ケーブル長：1200m）



ハイドロフォン（DH-6、2m 間隔×24連）